

República Dominicana

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CIBAO ORIENTAL

Sembrando el Oro Para Forjar el Futuro



Facultad de Ingeniería y Recursos Naturales

Escuela de Ingeniería

Trabajo de Grado para Optar por el Título de Ingeniero (a) Civil

Título:

Tratamientos de Aguas Residuales en el Sector La Altagracia del Municipio
de Fantino

Sustentantes:

German Junior García Abreu

Luis José Pérez Beato

Leoncio Disla Romero

Asesor:

Ing. Yenny Altagracia Rodríguez de Estepan

Fantino, Provincia Sánchez Ramírez

Año Académico 2023.

Las informaciones mostradas en este documento son responsabilidad de los sustentantes.

Índice

Contenido

AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA.....	ix
RESUMEN	xi
LISTADO DE TABLAS	xii
LISTADO DE FIGURAS	xiii
LISTADO DE ANEXOS	xiv
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.1.1 Antecedentes internacionales	1
1.1.2 Antecedentes nacionales.....	6
1.1.3 Antecedentes locales.....	7
1.2 Planteamiento del problema.....	8
1.2.1 Preguntas de investigación	9
1.3 Justificación.....	10
1.4 Objetivos	11
1.4.1 Objetivo general	11
1.4.2 Objetivos específicos.....	11
1.5 Variables e indicadores.....	12
1.6 Definición de términos	13
1.7 Alcance y límites de la investigación.....	16
1.8 Marco contextual.....	17

1.8.1	Municipio de Fantino.....	17
1.8.2	La Altagracia.....	20
CAPÍTULO II		21
REVISIÓN LITERARIA.....		21
2.1	Introducción	21
2.2	Sistemas para tratar las aguas Residuales	21
2.2.1	Plantas de tratamientos de aguas residuales convencionales.....	21
2.2.2	Tratamientos Preprimario, Primario, Secundario y Terciario	21
2.2.3	Humedales artificiales	22
2.2.4	Tipos de planta para humedal	24
2.2.5	Caudal de agua residual	27
2.2.6	Plantas de tratamiento de aguas residuales prefabricadas de la marca ROTOPLAS	28
2.3	Beneficios para la gente, el medio ambiente y las economías	30
2.4	Diseño de recolección y transporte de las Aguas Residuales.....	31
2.4.1	Red de atarjeas.....	31
2.4.2	Trazado en Peine.....	31
2.4.3	Trazado en Bayoneta	33
2.4.4	Trazado Combinado.....	34
2.4.5	Caudales de diseño	34
2.4.6	Dotación.....	36
2.5	Características demográficas, topográficas, geológicas e hidrogeológicas	36
2.5.1	Ubicación geográfica	36
2.5.2	Población	37
2.5.3	Curvas de nivel	37

2.5.4	Geología.....	37
2.5.5	Hidrogeología	37
CAPÍTULO III.....		38
METODOLOGÍA		38
3.1	Introducción	38
3.2	Diseño de investigación	38
3.3	Enfoque de investigación	38
3.4	Descripción de la población y muestra	38
3.5	Instrumentación de la investigación.....	39
3.6	Validez y confiabilidad.....	40
3.7	Procedimientos	40
3.7.1	Revisión Bibliográfica.....	40
3.7.2	Levantamiento de informaciones en campo	40
3.7.3	Procesamiento de la información	40
3.7.4	Presentación de resultados.....	41
3.7.5	Elaboración de propuesta:	41
3.8	Recolección de los datos	41
3.9	Presentación y análisis de los datos.....	41
CAPITULO IV.....		42
PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.....		42
4.1	Introducción	42
4.2	Beneficios para la gente, el medio ambiente y las economías	42
4.2.1	Beneficios para la gente.....	42
4.2.2	Beneficios para el medioambiente.....	42
4.2.3	Beneficios para las economías.....	43

4.3	Diseño de recolección y transporte de las Aguas Residuales.....	44
4.3.1	Elección de la tecnología.....	50
4.3.2	Uso.....	50
4.3.3	Aplicaciones	50
4.3.4	Características.....	50
4.3.5	Especificaciones	51
4.3.6	Funcionamiento de una PTAR Rotoplas.....	52
4.3.7	Proceso.....	52
CAPÍTULO V.....		60
DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS		60
5.1	Introducción	60
5.2	Diseño de recolección y transporte de las Aguas Residuales.....	61
5.3	Conclusión.....	62
5.4	Recomendaciones.....	63
Referencias.....		64
ANEXOS		69

Tema:

**Tratamientos de Aguas Residuales en el Sector
La Altagracia del Municipio de Fantino**

AGRADECIMIENTO

A Dios: Por darme la fortaleza cada día para avanzar en mi camino y por iluminarme en esta carrera para alcanzar mi meta de ser ingeniero civil.

A mis Padres y a mi padrastro: Gracias a ustedes por ayudarme en este proceso de altas y bajas, por siempre estar ahí cuando los necesité.

A nuestra Asesora ing. Yenny Altagracia Rodríguez: Por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y aporte no hubiese podido llegar a este momento tan anhelado. Gracias por su guía y todos sus consejos, los llevaré grabados para siempre.

A la Universidad Tecnológica del Cibao Orienta (UTECO): En especial a la Facultad de Ingeniería por darnos la oportunidad de que podamos desarrollar nuestra tesis.

German Junior Garcia Abreu

A Dios: por poner el deseo en mí de ser ingeniero y ayudarme a cumplir mis sueños y darme conocimientos.

A mis padres y abuela: Leoncio Disla Pérez que me ayudó tanto económicamente como emocionalmente, a mi madre Ana Iris Romero, a mi abuela Catalina Pérez por darme ese apoyo que tanto necesité para no desmallar en este camino que fue tan largo.

A mi familia: por apoyarme hasta el final, gracias a todo el que colaboró de una u otra forma en el proceso.

A la Universidad Tecnológica del Cibao Orienta (UTECO): por brindarme el apoyo y los medios para formarme en la carrera que tanto quise.

Leoncio Disla Romero

A Dios: por guiarme y darme la fortaleza de llegar a esta etapa tan importante en mi vida.

A mi familia: por apoyarme y motivarme en este proceso, mis padres José Ramón Pérez y Luisa Beato, a mis hermanos Yudelka, Luisa Josefina y Luis Ramón.

A mi esposa: Ana Mercedes Peguero por su apoyo y comprensión cuando la situación se complicaba.

A los maestros: cada maestro que hizo parte de este proceso integral de formación.

A la Universidad Tecnológica del Cibao Orienta (UTECO): por brindarme los medios para convertirme en profesional en lo que tanto me apasiona.

Luis José Pérez Beato

DEDICATORIA

A Dios: Por darme la fortaleza cada día para avanzar en mi camino y por iluminarme en esta carrera para alcanzar mi meta de ser ingeniero civil.

A mi madre y Abuela: Audeli Abreu y Adelina Disla por criarme y ayudarme en todo el proceso de mi vida, por estar ahí en mis momentos más difíciles.

A mis familiares: por servirles de ejemplo y motivación a aquellos que piensan ser profesionales en un futuro.

German Junior Garcia Abreu

A mi padre: Leoncio Disla Pérez que fue el motor que me impulsó a lograr este sueño que desde tantos años quise.

A mi familia: gracias por su apoyo y su ayuda para cumplir con mi objetivo como persona y estudiante.

A mis colegas de la universidad: por ayudarme cuando los necesitaba y aportar en mi proceso de estudios.

Leoncio Disla Romero

A mi padre: el Lc. José Ramón Pérez por ser mi ejemplo a seguir, a mi madre Luisa Beato que tanto ha esperado este momento.

A mi hija: Diosmary por ser mi motivación.

En especial me la dedico a mí mismo, por mantenerme firme en mi propósito.

Luis José Pérez Beato

RESUMEN

Según el informe publicado por la ONU 21 de marzo 2017 con motivo del Día Mundial del Agua, cerca de un 80 % de las aguas residuales también llamadas aguas negras del planeta se vierten al medio ambiente sin haber recibido ningún tratamiento de saneamiento. La comunidad del sector La Altagracia del municipio de Fantino es deficiente en la gestión de las aguas residuales, ya que no cuenta con un sistema adecuado de recolección de las aguas residuales. La mayoría de la población cuenta con pozos sépticos y vertederos improvisados, los cuales causan daños al medio ambiente, así como enfermedades de origen hídrico.

La implementación de tratamientos de aguas residuales en el sector La Altagracia tiene un valor teórico significativo. El estudio y desarrollo de tecnologías y métodos de tratamiento de aguas residuales contribuirá al avance científico y tecnológico en el campo de la gestión del agua y la protección ambiental. La utilidad de implementar tratamientos de aguas residuales en el sector La Altagracia es multifacética. Además de proteger el medio ambiente y salvaguardar la salud pública, estos tratamientos también tienen un impacto económico positivo. Además, se generarán datos y conocimientos útiles para futuras investigaciones y aplicaciones en otras áreas geográficas similares.

Se eligió un diseño no experimental que se aplicará de manera transversal donde se hará una investigación tipo exploratoria con un enfoque mixto se tomo en cuenta una muestra de 315 pobladores. Además, se aplicó una encuesta, ficheros y la observación como instrumento de recolección de datos.

Se recomendó un sistema para tratar las aguas residuales del sector La Altagracia del municipio de Fantino. Se seleccionó un diseño de sistema de recolección y tratamiento más funcional para el sector La Altagracia, de acuerdo a sus características demográficas, topográficas, geológicas e hidrogeológicas.

Después de haber analizado la situación del sector la Altagracia llegamos a la conclusión de proponer un sistema para tratar las aguas residuales con un tanque prefabricadas de la marca ROTOPLAS.

LISTADO DE TABLAS

Tabla No.1 elaboración de las variables e indicadores	12
Tabla No.2 Procesos de fitorremediación	25
Tabla No.3 Desglose de demanda acorde a la población a intervenir.	30
Tabla No. 4. Cálculo de caudal de aguas residuales	49

LISTADO DE FIGURAS

Figura No. 1. Mapa del sector La Altagracia	20
Figura No. 2. Plantaciones en Humedales Artificial.....	24
Figura No. 3 Funcionamiento de un Humedal Artificial	26
Figura No. 4 Sistema modular para el tratamiento de aguas residuales.	28
Figura No. 5 Sistema modular para el tratamiento de aguas residuales.	29
Figura No.6 Trazado en Peine.....	32
Figura No.7 Trazado en Bayoneta	33
Figura No.8 Trazado Combinado.....	34
Figura No. 9. Sobre la existencia de un diseño de recolección y transporte de las aguas residuales.....	44
Figura No. 10 Sobre la disposición de un plan de gestión para el aprovechamiento de las aguas residuales en el sector la Altagracia.....	45
Figura No.11 Sobre la existencia un sistema de tratamiento de aguas residuales en el sector.....	46
Figura No.12 Sobre la importancia del tratamiento de aguas residuales para preservar el medio ambiente y la salud pública.....	47
Figura No.13 Sobre promover una mayor educación y conciencia ambiental en la comunidad sobre el tratamiento de aguas residuales	48
Figura 14. Especificaciones técnicas de una planta de tratamiento de aguas residuales ..	51
Figura 15. Especificaciones técnicas de una planta de tratamiento de aguas residuales ..	52
Figura 16. Plano de longitudes o dimensiones del sector La Altagracia	54
Figura 17. Plano de la distribución de tuberías del sector La Altagracia.....	56
Figura 18. Plano de elevación del sector La Altagracia.....	58

LISTADO DE ANEXOS

Anexo No.1 Normal Ambiental de Calidad de aguas Superficiales y Costeras	70
Anexo No.2 Cuestionario aplicado a los moradores del sector la Altagracia	71
Anexo No. 3 Cálculos hidráulicos de sistema de recolección y transporte	73
Anexo No. 4 Coeficiente de rugosidad	80

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se abordan los aspectos introductorios o lineamientos básicos que describen el contenido que se trabajó en esta investigación, los antecedentes, el planteamiento del problema, la justificación, los objetivos, las variables e indicadores el alcance y límite, la definición de términos y el marco contextual.

1.1 Antecedentes

1.1.1 Antecedentes internacionales

Manotupa & Muriel (2018), en su trabajo de tesis tuvieron como objetivo principal la identificación y análisis de los problemas frecuentes que afectan a las PTAR y se planteó el desarrollo de una guía para controlar los riesgos y/o variabilidad en la fase de diseño de estos proyectos. Por lo tanto, se realizó una guía para la correcta selección de tecnología de tratamiento de los proyectos de Plantas de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) sostenibles en lugares de expansión o crecimiento urbano y/o con una población menor a 5000 habitantes. Además, estandarizar los procedimientos iniciales de la fase de diseño para seleccionar la tecnología de tratamiento, para que los ingenieros, planificadores y otros profesionales especialistas adopten este enfoque sistemático. Esta guía permitirá el análisis, razonamiento y entendimiento de los procesos para facilitar la elección de una tecnología adecuada que permita cumplir la normatividad vigente O.S.090 de plantas de tratamiento de aguas residuales en el Perú. En resumen, este estudio identificó los problemas más importantes que enfrentan las plantas de tratamiento de aguas residuales durante las etapas de diseño y operación. Como resultado, terminamos eligiendo el tipo incorrecto de tecnología de procesamiento para usar. Esto se debió a una identificación errónea de una variable que se consideró esencial para el inicio del proyecto. Para solucionar este problema se han propuesto guías metodológicas enfocadas al control de calidad. Esto reduce la variabilidad al tomar las decisiones correctas sobre el tipo de tecnología de procesamiento utilizada en un proyecto y muestra cómo la estandarización de estos procesos reduce el riesgo inicial. Fase de diseño del proyecto PTAR.

De acuerdo con Toledo (2018), En esta tesis se presenta todo lo relacionado con la investigación del diseño hidráulico. Es decir, la realización de la propuesta de diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales en la comuna de Independencia. El estudio se desarrolló en 2018 teniendo en cuenta el muestreo realizado a principios de este año, el estudio cumple con todos los requisitos de la norma OS 090, los criterios de diseño de la Agencia Nacional del Agua y una población objetivo única Se realizó teniendo en cuenta los requisitos de varios ministerios para la investigación descriptiva propositiva, no hipotética utilizando variables de investigación. La muestra es un diseño hidráulico de una planta de procesamiento. Ya se ha especificado el equipo utilizado en el estudio en lo que se refiere a las muestras analizadas en el laboratorio. Debido a las grandes dimensiones de esta planta de procesamiento, la búsqueda de una ubicación adecuada lleva a la conclusión de que debe ubicarse en el área donde actualmente se encuentra el BIM.

Díaz (2018), en su trabajo de tesis para la ciudad de México plantea una guía sobre humedales artificiales, enfocada en el diseño de éstos, pero también incluyendo la construcción, operación y mantenimiento del proyecto. Debido a que es el sistema es un sistema combinado de humedales y que existen dos fuentes para abastecer al sistema, se tomaron muestras de ambas entradas y de la salida del humedal subsuperficial, así como a la salida del humedal superficial para analizar las concentraciones finales de los contaminantes más importantes en cada etapa con respecto a las concentraciones iniciales. Dichos muestreos se llevaron a cabo con guantes y cubrebocas lo que impediría la contaminación cruzada. Las muestras se tomaron utilizando envases de PET totalmente limpios, mientras que para las pruebas bacteriológicas se utilizaron frascos Winkler declorados. Los parámetros medidos en campo se han llevado a cabo a través de un multímetro portátil siempre limpiándolo con agua destilada después de medir en los cuatro flujos. Las muestras fueron transportadas del humedal al laboratorio con una hielera y congelantes que permitieron su refrigeración para realizar las pruebas de laboratorio el mismo día de la toma de muestras.

Esta guía, creada a partir de los humedales artificiales como sistema de tratamiento de agua, describe y explica qué son y cómo funcionan, abarcando todas las etapas de la planificación del proyecto, con énfasis en el diseño y modelado matemático de dichos

sistemas; junto con sus ventajas, desventajas y posibles aplicaciones. También se presenta un panorama general de las aguas de México para ayudar a comprender la situación en la que nos encontramos y por qué es tan importante el desarrollo de tecnología a su alrededor. Finalmente, se analizó un sistema de humedales construido con dos tipos de flujo, lo cual fue muy revelador al comparar la efectividad de los dos. Como cualquier sistema de tratamiento tiene como beneficio contribuir al uso eficiente del agua, disminuir el impacto ambiental de las descargas, contribuir a la reutilización de las aguas residuales tratadas, aumentar la calidad de las fuentes de abasto de agua para uso primario, y recargar, recuperar y proteger los acuíferos. No obstante, existen otros beneficios más propios de los humedales artificiales como lo es la reducción de energía empleada para el tratamiento de desechos líquidos, bajar la producción de residuos secundarios del tratamiento, y la recuperación de hábitats afectados por la contaminación.

Además, no solo se queda en beneficios en comparación a otros métodos o en general por el tratamiento de agua residual, sino también ofrece otros beneficios ambientales como mejorar el paisaje, convertirse en un hábitat propicio para aves y más animales (en el caso de los humedales de flujo superficial), producir oxígeno y fijar el carbono gracias a la vegetación, retener el agua favoreciendo el ciclo hidrológico, así como mitigar el efecto de isla calórica al generarse un microclima, y por último, generar un espacio recreativo que puede servir para la educación ambiental.

Por otro parte, como todo método existen desventajas. Afortunadamente algunas de ellas pueden llegar a mitigarse o desaparecer. Es el caso del hecho de que algunos parámetros del agua como el nitrógeno y fósforo absorbidos por la vegetación puede ser devueltos al agua al finalizar el ciclo de vida de las plantas, que puede disminuirse de forma considerable a través del mantenimiento y retiro de vegetación muerta que afectaría los parámetros. Otro ejemplo de desventajas que pueden llegar a mitigarse es la saturación en el caso de los humedales de flujo superficial y el taponamiento en los humedales de flujo subsuperficial, que puede prevenirse al utilizar los humedales como sistemas de tratamiento terciario y pulimiento del agua; es decir, la implementación de tratamientos anteriores al sistema de humedales. Otro ejemplo más es la extensión del espacio que debe

ocupar un humedal, especialmente los humedales de flujo superficial, extensión que puede disminuirse teniendo un sistema combinado como lo es el del Bosque de Aragón.

Aquino & Palomino (2022), en su investigación de tesis proponen la solución para el mal funcionamiento de la planta de tratamiento de agua residual denominada “El Pedregal”, localizada en el departamento de Ica, provincia de Chincha. Según análisis hechos por el ANA (Autoridad Nacional del Agua), la PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) “El Pedregal” Incumplimiento de los parámetros de agua de salida según norma OS 090. Por tal motivo, es necesario identificar las principales causas de falla y proponer soluciones efectivas alcanzables por la fábrica de la empresa responsable. “SEMAPACH S.A” (SERVICIO MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE CHINCHA S.A.). Uno de los principales problemas en la planta de tratamiento de agua residual en la actualidad es su incapacidad actual de captación de agua, siendo insuficiente para la cantidad que recibe. 'El Pedregal' atiende a cuatro distritos de Chincha y proporciona agua tratada para riego en parte del distrito de Chincha Alta. Por tal motivo, se puso en marcha una propuesta de solución a esta contingencia y se destinó parte de las aguas residuales a una nueva planta de tratamiento de aguas residuales. Otro problema que se presenta es la filtración inadecuada de los materiales voluminosos que ingresan a la planta. Esto afecta negativamente el rendimiento y provoca bloqueos en algunas áreas de la planta. Se hicieron sugerencias para el diseño de algunas obras de arte que ayudarían a reducir los ingresos por estos materiales. También se presentaron los diseños para la construcción de cercos perimetrales para evitar el ingreso de humanos y patógenos externos que puedan hacer del recinto un caldo de cultivo de infecciones. Debido a que no había personal de operación y mantenimiento en la planta de tratamiento de aguas residual, se encontró que factores externos como materiales de gran tamaño habían deteriorado la estructura de la planta de tratamiento, afectando su desempeño y funciones.

Además, se detectó que el canal que transporta el agua desde la salida de la PTAR no soporta esta cantidad de agua. Es por ello que se diseñaran alternativas que cumplan la correcta condición de caudal, que sean económicas y sustentables. Todas las propuestas serán evaluadas y se elegirán las que obtengan mejores resultados para combinarlos en un aporte conjunto que cumpla con los objetivos planteados y que de la mejor solución integral

del problema. Por lo antes mencionado, se propuso contemplar planes de gestión operacional, de limpieza y mantenimiento, añadiendo la implementación diseños, técnicas metodologías que mejoren la productividad y eficiencia del agua tratada.

En conclusión, solucionando los puntos ya explicados se espera que el agua tratada saliente de la PTAR cumpla con los parámetros establecidos por la norma para su correcto uso de riesgo y así poder disminuir la contaminación ambiental que emite la planta.

Según Dominguez (2022), en su trabajo de Tesis: Evaluación del Desempeño Operacional de Humedales Construidos Para El Tratamiento De Aguas Residuales Domésticas, Santiago de Chile, Su investigación busca analizar el desempeño de estos humedales en términos de remoción de contaminantes de interés presentes en las aguas residuales de origen doméstico, incorporando la incertidumbre asociada a la variación de parámetros meteorológicos, tales como temperatura, radiación solar, velocidad del viento y humedad relativa. Este trabajo utiliza mediciones obtenidas de dos humedales subsuperficiales de flujo horizontal y vertical. Con el fin de modelar las concentraciones de salida de los contaminantes se formularon e implementaron tres modelos de simulación, dos en régimen permanente tanques en serie y flujo pistón, y un modelo en régimen transigente que incorpora advección-dispersión.

Todos estos consideran una cinética de decaimiento de primer orden y se validaron utilizando los datos disponibles, que correspondían a concentraciones de entrada y salida cada 3 semanas. El modelo que mejor se ajusta a las mediciones va a depender del contaminante estudiado, sin embargo, en general los modelos en régimen permanente entregaron mejores resultados. Usando estos modelos, se propaga incertidumbre de distintas variables de entrada mediante el método de Monte Carlo para las concentraciones de salida de coliformes totales, amonio y fosfato. Los resultados arrojaron que la temperatura tiene menor influencia en el fosfato y coliformes totales, y mayor influencia para el amonio, en donde altas temperaturas promueven un incremento en el porcentaje de remoción. Como es de esperar, la variación en la concentración de entrada tiene una influencia significativa sobre las concentraciones de salida, sin embargo, el porcentaje removido variando este parámetro se mantiene relativamente constante. Este estudio muestra que los parámetros relacionados con la evapotranspiración no tuvieron un gran

impacto en la incertidumbre del humedal, mientras que la constante de descomposición indujo una gran variabilidad en las concentraciones iniciales en el modelo.

1.1.2 Antecedentes nacionales

Según la investigación de Reinoso & Fernández (2018), esta propuesta trata de enfocar el procedimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales prefabricadas de la marca ROTOPLAS la cual se trata de un sistema 100% movable que permite su reubicación en nuevos lugares o espacios, pueden adaptarse a crecimiento modular por etapas, son ideales para tratar aguas negras con alta carga de contaminación orgánica, cuenta con materiales ligeros y económicos, que lo hace ideal para ser utilizado en la cañada Benavides del sector Domingo Savio. Dicho proyecto contribuirá con futuros barrios y comunidades cuyas cañadas sean foco de contaminación para que de manera eficiente y remota se pueda tratar las aguas, trabajando bajo el marco de la Ley No. 01-2012 de Estrategia Nacional de Desarrollo (END) para el año 2030, que en su 4to eje estratégico se refiere a la conformación de una sociedad para “gestionar el recurso de agua de manera eficiente y sostenible, para garantizar la seguridad hídrica”. Se utilizaron las técnicas de investigación empleando la entrevista y encuestas para elaborar la propuesta al tratamiento de las aguas residuales. La metodología está basada en la Guía Metodológica General para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión Pública del Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo (MEPyD). Este es un proyecto de carácter social que aspira a producir un cambio significativo en la realidad que afecta la comunidad de Domingo Savio y zonas aledañas. De la población encuestada a un total de 365 personas, el 70% dice que la cañada Benavides necesita una planta de tratamiento de aguas residuales y a su vez, el 75% han escuchado sobre los efectos contaminantes de la cañada.

De acuerdo con Guevara & Rojas (2021), en su trabajo de tesis presentan un diseño de una planta de tratamiento que recolecte las aguas residuales del sector Ensanche Ozama en el municipio Santo Domingo Este, Provincia Santo Domingo, República Dominicana. Esta es una investigación de tipo bibliográfica o documental, dado que gran parte de los datos recolectados fueron obtenidos desde distintas fuentes de información ya existentes, tales como libros, informes, artículos, documentales y reglamentos relacionados con el tema. Al mismo tiempo, esta investigación es de campo, ya que fue necesario visitar el área

de estudio con el fin de conocer la realidad del lugar y obtener algunos de los datos que fueron primordiales para el desarrollo de la misma. Además, es una investigación longitudinal, por haber incluido datos correspondientes a diversos periodos de tiempo. Por otro lado, esta investigación puede considerarse de tipo descriptiva y aplicada, puesto que describe las características reales del área de estudio, en cuanto a la disposición de sus aguas residuales, basado en los métodos de indagación, observación y definición. Como los resultados del estudio dan una concentración de agua residual de tipo débil, en este diseño se ha optado por un pretratamiento, un tratamiento secundario con lecho de secado de lodos y una cámara de cloración.

Después de un largo período de trabajo en las cercanías del Río Ozama e incluso haberlo navegado en bote, y ver que todos los contaminación de los sectores de alrededor caen directamente al río sin un previo tratamiento, entendimos que con una propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales, en este caso para el sector Ensanche Ozama, se podría disminuir la contaminación ambiental y las enfermedades producidas a raíz de ella, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de los habitantes y la del río. De acuerdo a los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a las aguas del registro colector del alcantarillado sanitario del Ensanche Ozama, se seleccionaron los procesos adecuados para un tratamiento eficiente. Concluimos que el tipo de tratamiento que se debe aplicar a estas aguas es de tipo físico y biológico. El RAFA representa una solución viable para el tratamiento de aguas y lodos residuales debido a su bajo consumo de energía y su capacidad de tratar desechos con alta carga orgánica. En este reactor se trata el agua, los lodos y los gases, a través de un proceso de 89 separación trifásica o sedimentador. En este diseño se prevé una eficiencia de remoción de DQO y DBO de 67% y 75%, respectivamente. Luego de terminar el tratamiento secundario los lodos digeridos se desplazan por gravedad a un lecho de secado, donde son deshidratados en un lapso de tiempo de 10 a 15 días y son removidos y transportados a su disposición final.

1.1.3 Antecedentes locales

De acuerdo con Díaz & Díaz (2019), La falta de plantas o sistema de tratamiento para las aguas residuales en las ciudades y en las industrias, hoteles y explotaciones mineras, agrícolas y ganaderas, ocasiona grandes deterioros a la calidad del agua contaminando en

general al medio ambiente. La mayoría de esas aguas es descargada en los ríos, lagos, mares, en los suelos a cielo abierto o en el subsuelo, a través de los llamados pozos sépticos y rellenos sanitarios, causando muchas enfermedades en el sector Amor y Paz de Villa La Mata.

La presente investigación desde el punto de vista social ha sido considerada de suma importancia, ya que a través de este estudio se revelaron datos específicos de la calidad del agua que es manipulada por la gran cantidad de residentes en el sector Amor y Paz, de Villa La Mata. Se eligió el diseño no experimental de tipo exploratorio con un enfoque de investigación mixto. Se tomó en cuenta una muestra de 576 pobladores. Además, se aplicó una encuesta, ficheros y la observación como instrumento de recolección de datos.

Finalmente, Se realizó una propuesta de una unidad de tratamiento de aguas residuales, ha sido propuesto un diseño de recolección y transporte de las aguas residuales de orígenes domésticos, se elaboró un diagnóstico de gestión actual de las aguas residuales y percepción de la población con respecto a las mismas y se elaboró un plan de gestión para el aprovechamiento de las Aguas Residuales de Origen Domésticos en el sector Amor y Paz, Villa La Mata.

La situación encontrada nos llevó a plantearnos la necesidad de contar con un humedal artificial como alternativa para el tratamiento de las aguas de origen doméstico, ya que este permitiría el aprovechamiento en las aguas para la agricultura, incorporándola una vez tratada al sistema de riego en las proximidades del sector. Este sistema permitirá una operación eficiente ya que puede operar sin consumo energético, así como también que las operaciones son muy sencillas y posee bajo costo.

1.2 Planteamiento del problema

Según el informe publicado por la ONU 21 de marzo 2017 con motivo del Día Mundial del Agua, cerca de un 80 % de las aguas residuales también llamadas aguas negras del planeta se vierten al medio ambiente sin haber recibido ningún tratamiento de saneamiento.

La comunidad del sector La Altagracia del municipio de Fantino es deficiente en la gestión de las aguas residuales, ya que no cuenta con un sistema adecuado de recolección

de las aguas residuales. La mayoría de la población cuenta con pozos sépticos y vertederos improvisados, los cuales causan daños al medio ambiente, así como enfermedades de origen hídrico.

Esta comunidad padece este problema desde hace aproximadamente 53 años, y de no resolverse, las aguas residuales no tratadas seguirán contaminando las fuentes de agua potable y recreativa, provocando enfermedades como cólera, intestino rojo, hepatitis y gastroenteritis, Los patógenos presentes en las aguas residuales pueden afectar la salud de las personas que entran en contacto con el agua contaminada.

1.2.1 Preguntas de investigación

1. ¿Cuáles sistemas se pueden utilizar para tratar las aguas residuales del sector La Altagracia del municipio de Fantino?
2. ¿Cuáles beneficios aportaría un sistema de recolección y transporte de las aguas residuales en el sector La Altagracia?
3. ¿Cuál sería el diseño de sistema de recolección y tratamiento más funcional para el sector La Altagracia, de acuerdo a sus características demográficas, topográficas, geológicas e hidrogeológicas?

1.3 Justificación

La implementación del tratamiento de las aguas residuales en el sector La Altagracia es de importancia suma en este momento, ya que la creciente población de la zona ha dado lugar a un aumento significativo en la generación de aguas residuales. Este incremento representa un desafío apremiante que requiere una solución eficaz para evitar la contaminación del entorno y proteger la salud pública de los residentes. La creciente población y su impacto en la calidad del agua hacen que esta iniciativa sea más necesaria que nunca. La relevancia social de abordar este problema es innegable. La calidad de vida de la comunidad depende en gran medida de la gestión adecuada de las aguas residuales. Al garantizar que estas aguas se traten de manera adecuada, se reducirán de forma significativa los riesgos para la salud, como la propagación de enfermedades infecciosas. Esto, a su vez, mejorará el bienestar y la seguridad de los habitantes del sector La Altagracia, lo que es fundamental para el desarrollo sostenible de la comunidad.

El impacto práctico de la implementación del tratamiento de aguas residuales es significativo. Además de salvaguardar la salud pública y preservar el medio ambiente, la reutilización del agua tratada para actividades como el riego agrícola conlleva la conservación de valiosos recursos hídricos. Esta práctica fomenta una gestión sostenible del agua, promoviendo la utilización responsable de un recurso esencial.

El estudio y desarrollo de tecnologías y métodos de tratamiento de aguas residuales contribuirán al avance científico y tecnológico en el campo de la gestión del agua y la protección ambiental. Estos avances no solo beneficiarán a La Altagracia, sino que también pueden servir como modelos para otras regiones que enfrenten desafíos similares en el manejo de aguas residuales.

La utilidad de implementar el tratamiento de aguas residuales en este sector se refleja en sus múltiples facetas. Además de los beneficios ambientales y de salud, esta iniciativa también tiene un impacto económico positivo al crear oportunidades de empleo y fomentar el crecimiento de la industria del tratamiento de aguas residuales en la región. Además, generará datos y conocimientos valiosos para futuras investigaciones y aplicaciones en otras áreas geográficas con desafíos similares.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Proponer un sistema de Tratamiento de Aguas Residuales en el Sector la Altagracia del Municipio de Fantino.

1.4.2 Objetivos específicos

- Recomendar un sistema para tratar las aguas residuales del sector la Altagracia del municipio de Fantino.
- Definir los beneficios que aportaría un sistema de recolección y transporte de las Aguas Residuales en el sector la Altagracia del municipio de Fantino.
- Seleccionar el diseño de sistema de recolección y tratamiento más funcional para el sector La Altagracia, de acuerdo a sus características demográficas, topográficas, geológicas e hidrogeológicas.

1.5 Variables e indicadores

Tabla No.1 Elaboración de las variables e indicadores

Esta tabla consiste en la operacionalización de las variables e indicadores

Preguntas	Objetivos	Variables	Indicadores
¿Cuáles sistemas se pueden utilizar para tratar las aguas residuales del sector La Altagracia del municipio de Fantino?	Recomendar un sistema para tratar las aguas residuales del sector La Altagracia del municipio de Fantino.	Sistemas para tratar las aguas Residuales.	- Plantas de tratamientos de aguas residuales convencionales: Tratamientos preprimario, primario, secundario y terciario. - Humedales artificiales: Tipos de planta para humedal. Construcción de lagunas. Tratamiento físico-químico y biológico -Disponibilidad de espacio para humedal. Caudal de agua residual de humedal - Plantas de tratamiento de aguas residuales prefabricadas de la marca ROTOPLAS.
¿Cuáles beneficios aportaría un sistema de recolección y transporte de las aguas residuales en el sector La Altagracia?	Definir los beneficios que aportaría un sistema de recolección y transporte de las Aguas Residuales en el sector la Altagracia del municipio de Fantino.	Beneficios para la gente, el medioambiente y las economías.	- Agua limpia, energía y nutrientes. - Beneficios de salud pública (prevenir enfermedades). - Mejorar el medio ambiente y la calidad de vida.
¿Cuál sería el diseño de sistema de recolección y tratamiento más funcional para el sector La Altagracia, de acuerdo a sus	Seleccionar el diseño de sistema de recolección y tratamiento más funcional para el sector La Altagracia, de acuerdo a sus	Diseño de recolección y transporte de las Aguas Residuales.	- Trazados en Peine, Bayoneta y Combinado. - Caudales de diseño: - Dotación - Caudal Medio (Lt/seg) - Caudal Mínimo (Lt/seg) - Caudal Máximo Instantáneo (Lt/seg)

características demográficas, topográficas, geológicas e hidrogeológicas?	características demográficas, topográficas, geológicas e hidrogeológicas.		- Caudal Máximo Extraordinario (Lt/seg) - Ubicación geográfica del proyecto - Población - Levantamientos topográfico - Geología - Hidrogeología
---	---	--	--

Fuente: elaboración propia por el investigador, 2023.

1.6 Definición de términos

Aguas: el agua es una sustancia cuyas moléculas están compuestas por un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno. Se trata de un líquido inodoro (sin olor), insípido (sin sabor) e incoloro (sin color), aunque también puede hallarse en estado sólido (cuando se conoce como hielo) o en estado gaseoso (vapor) (definicion.de, 2021).

Aguas residuales: Aguas cuya composición y calidad original han sido afectadas como resultado de su utilización. Estas aguas provienen de uso municipal, industrial, agropecuario y otros. El uso al que han sido sometidas ha degradado su calidad original al cambiar su contenido en materiales disueltos y/o suspendidos. Sinónimos de aguas residuales son aguas negras, aguas cloacales y aguas servidas (Secretaría De Estado De Medio Ambiente Y Recursos Naturales, 2001).

Agua potable Es el agua cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano (Cordero & Ullauri, 2011).

Aguas industriales: Son las aguas que proceden de cualquier actividad industrial en cuyo proceso se utilice el agua ya sea de producción, transformación o manipulación, incluyéndose los líquidos residuales, aguas de proceso y aguas de drenaje. (Tom, 2016).

Agua para consumo humano: Agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluido la higiene personal. (Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud, 2011).

Alcantarillado: Un sistema de alcantarillado es una estructura que permite transportar aguas residuales y agua proveniente de la lluvia desde su origen hasta un centro de vertimiento. Esto con el fin de que no genere inundaciones o problemas de salubridad (metcalf, 2013).

Bacterias coliformes: Los coliformes son un grupo de bacterias gramnegativas que incluyen varios géneros y especies. Estas bacterias son comunes en el medio ambiente y en los sistemas biológicos, y se utilizan como indicadores de la calidad microbiológica del agua y la higiene en muchas aplicaciones, incluyendo la evaluación de la seguridad del suministro de agua potable (American Public Health Association, 2005).

Ciclo hidrológico: El ciclo hidrológico, también conocido como ciclo del agua, se refiere al proceso continuo de movimiento del agua en la Tierra. Incluye la evaporación del agua desde la superficie terrestre y los cuerpos de agua, la formación de nubes, la precipitación (lluvia, nieve, etc.), la escorrentía superficial y subterránea, la infiltración en el suelo, la recarga de acuíferos y finalmente, el retorno del agua a los océanos y cuerpos de agua. Es un proceso fundamental para el equilibrio del agua en el planeta y tiene un impacto significativo en el clima y los ecosistemas (Miralles & Gash, 2011).

Cámara de cloración: es un dispositivo utilizado en el tratamiento de agua potable para agregar de manera controlada y medida cloro al agua. El cloro es un desinfectante efectivo que ayuda a eliminar microorganismos patógenos y garantiza la seguridad microbiológica del agua potable. La cámara de cloración permite la mezcla controlada de cloro con el agua antes de que se distribuya a través del sistema de abastecimiento de agua (Ministerio de Sanidad y Consumo, 2003).

Contaminación ambiental: se refiere a la introducción de sustancias o agentes perjudiciales en el entorno natural, que causan alteraciones negativas en el medio ambiente y pueden tener impactos adversos en la salud humana, los ecosistemas y la biodiversidad. Estas sustancias contaminantes pueden ser de origen humano o natural y pueden afectar el aire, el agua y el suelo, así como plantas, animales y seres humanos (Organización Mundial de la Salud, 2016).

Coliformes Totales: conjunto de todos los coliformes; comprende todos los bacilos gran negativos, aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales , 2012).

Coliformes fecales: parte del grupo de los coliformes asociados a la flora intestinal de los animales de sangre caliente, usados como indicador de la presencia potencial de organismos patógenos (Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2004).

Contaminación del Agua: acción y/o efecto de introducir en el agua, elementos, compuestos, materiales o formas de energía, que alteran la calidad de ésta para usos posteriores, que incluyen el uso humano y la función ecológica. La contaminación del agua altera sus propiedades físico-químicas y biológicas de forma que puede producir daño directo e indirecto a los seres humanos y al medio ambiente (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales , 2012).

Control de calidad: esta tiene por objeto velar porque los servicios de abastecimiento de agua se ajustan a las normas nacionales y a los objetivos institucionales convenidos (Montilla, 2015).

Descarga o vertido: acción de descargar o verter líquidos a los cuerpos hídricos receptores o a sistemas de alcantarillado. (Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2004).

Enfermedades de origen hídrico: son aquellas en la que el causante de la patología sean organismos microbiológicos o sustancias químicas ingresan al cuerpo como un componente del agua ingerida. La mayoría de los organismos que provocan estas patologías llegan al agua mediante contaminación con excretas humanas y finalmente ingresan al cuerpo a través de la boca (Programa de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario en Pequeñas y Medianas Ciudades , 2008).

Enfermedad Diarreica Aguda (EDA): se define como diarrea la deposición de tres o más veces al día (o con una frecuencia mayor que la normal para la persona) de heces sueltas o líquidas (Montilla, 2015).

Humedales: extensión de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean estas de régimen natural o artificial, permanente o temporal, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros, incluidos los humedales artificiales, como los arrozales y los embalses (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012).

Normas sanitarias: son aquellas que tienen por objeto proteger la vida, la salud de las personas y los animales, de los riesgos resultantes de la presencia de los adictivos, contaminantes, toxinas u organismos patógenos en los productos alimenticios y las bebidas (Montilla, 2015).

Pruebas bacteriológicas: son procedimientos utilizados para analizar la presencia y la cantidad de bacterias en muestras de agua, alimentos, superficies u otros materiales. Estas pruebas se realizan para evaluar la calidad microbiológica y la seguridad sanitaria. Pueden incluir la detección de bacterias indicadoras como coliformes y otras bacterias patógenas que podrían causar enfermedades (World Health Organization, 2011).

1.7 Alcance y límites de la investigación

Alcance

Campo: Ingeniería Civil

Área: Aguas Residuales

Aspectos: Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales en el Sector la Altagracia del Municipio de Fantino.

Delimitación espacial:

La investigación se llevará a cabo en el sector la Altagracia del Municipio de Fantino. En este sector existen alrededor de 1745 personas.

Delimitación temporal:

Ese trabajo de investigación se desarrollará en el presente año 2023, entre los meses de abril a julio.

Aspecto investigativo:

El principal propósito de esta investigación es proponer un sistema de Tratamiento de Aguas Residuales en el Sector la Altagracia del Municipio de Fantino. Aplicando las normas nacionales para control y calidad de las aguas residuales.

1.8 Marco contextual

1.8.1 Municipio de Fantino

Historia

El municipio de Fantino es el tercero en el rango territorial de la provincia, y el segundo en población. Los agricultores fueron atraídos a estas tierras debido a la existencia de terrenos comuneros, donde los grupos se asentaron para el corte de madera y el cultivo de cacao, café, frutos de consumo alimenticio y arroz.

El desarrollo de la zona urbana en Fantino viene dado por el surgimiento de las casas comerciales, como respuesta a las actividades agrícolas desarrolladas en la zona, sirviendo de intermediarias frente al incesante comercio de La Vega y San Francisco de Macorís. La comunidad de La Piña, ubicada entre La Vega y Cotuí, estuvo favorecida por su ubicación geográfica, permitiendo la construcción de una ruta comercial hacia La Vega. Se registró un rápido crecimiento de las actividades comerciales y agrícolas, pero la circulación monetaria se debió principalmente a la producción agrícola del cacao.

En los años 1950-1959: En 1956, el Congreso Nacional aprueba y el Poder Ejecutivo promulga la Ley N°. 4400, Ley General sobre División Territorial, en la cual se clasifican las poblaciones de la República en las categorías de ciudades, villas y aldeas. El 3 de marzo del año 1952, el presidente Rafael Leónidas Trujillo invistió de ciudad a Fantino, dándole la categoría de Distrito Municipal. La categoría de Distrito Municipal fue dada por la ley No. 3208, Gaceta Oficial No. 7396, en la cual se trató de una petición que le hiciera el señor Antonio Saldaña Galán. Días después por orden de Trujillo, se crearon las Oficinas Públicas de mayor importancia que se enumeran así:

1. El Ayuntamiento Municipal, en el cual se designó como Síndico el señor Manuel Bergé.
2. El Juzgado de Paz, siendo su primer juez Federico Mateo.

A partir del 16 de agosto de 1962, bajo la ley No. Ley 5707 del 15-12-1961, el Distrito Municipal es elevado a categoría de Municipio (Ayuntamiento de Fantino, 2023).

Población

De acuerdo a los datos estadísticos arrojados por el censo nacional de población y vivienda, el municipio de Fantino cuenta con una población de 22,117 habitantes (ONE, 2010).

Geografía

El municipio de Fantino tiene una extensión de 95.97 km², limita al norte con La Vega, San Francisco de Macorís y Las Guáranas; al este con La Mata; al oeste con Jima Arriba y al sur con Bonao y Cotuí.

Economía

Los recursos económicos más importantes del municipio provienen de las actividades agrícolas y, en menor medida, de las industriales.

La agricultura se dedica al cultivo de tabaco, arroz, plátanos, café, piña y frutos menores. En tanto que las industrias más sobresalientes son la arrocera, que cuenta con cinco factorías, y las de fabricación de maquinaria agrícola y otros útiles diversos, tales como carretones, cortadoras de arroz, niveladores, mureadores, fangueras para tractores, arados para tractores, rastras para arar, desgranadoras de maíz, tanques o depósitos de agua, molino para hierbas y granos (Dorado, 2023).

Hidrología

El río Camú, es el principal curso fluvial en la Hoja, y también el de mayor envergadura a escala regional, discurre por el borde norte de la misma, y son tributarios por el sur los ríos Jatubey, Jayaco, Jima, Grande y Cuayá. En el borde sur de la Hoja, el río Yujo, vierte sus aguas hacia el sur, hacia el río Yuna, si bien su cuenca de recepción es escasa dentro de la Hoja (SGN, 2010).

Geología

En la Hoja de Fantino están representados cuatro dominios geológicos, la Cordillera Central, el Cinturón Intermedio, la Cordillera Oriental y la Planicie o Llanura de la cuenca del Cibao. La Cordillera Central, aflora de forma muy parcial, ya que la Hoja se sitúa sobre sus estribaciones orientales, donde las formaciones o unidades que la integran afloran de forma limitada. El Cinturón Intermedio y la Cordillera Oriental, están muy bien representadas en la Hoja de Fantino, y lo mismo se puede decir respecto a la Planicie o Llanura de la cuenca del Cibao.

En general y dado que se han realizado otras Hojas previas en la que afloran los mismos materiales, en la presente memoria serán continuas las referencias a ellas, sobre todo a las limítrofes, donde estos dominios están mejor expuestos, o han sido ya estudiadas y definidas las formaciones o unidades que las integran (SGN, 2010).

1.8.2 La Altagracia

Figura No. 1. Mapa del sector La Altagracia



Fuente: Google Earth

Historia

Según los moradores del sector la Altagracia los primeros Propietarios de los terrenos de este sector fueron la Familia Saldaña, específicamente los hermanos, chichi, chucho y Víctor Saldaña. Los propietarios de las primeras viviendas doña Delfín Mejía, Octavio Galán, Colmado José Soto, estas se construyeron a finales de los años 1960 y 1970, se destaca además la construcción de hospital municipal de Fantino en este sector María Trinidad Sánchez, o conocido como DR. Sigfredo Alba inaugurado en 1974.

Población

Según el ONE (2010), el sector la Altagracia del municipio de Fantino cuenta con 1745 habitantes.

CAPÍTULO II

REVISIÓN LITERARIA

2.1 Introducción

En este capítulo se plantea todo el marco teórico relevante a las variables y los indicadores extraídos de los objetivos. Estas informaciones fueron obtenidas a través del internet, libros, revistas entre otros documentos que pudieron servir para enriquecer cada uno de los apartados.

2.2 Sistemas para tratar las aguas Residuales

2.2.1 Plantas de tratamientos de aguas residuales convencionales

Las técnicas convencionales son aquellas usadas por la gran mayoría de los centros urbanos, para atender las necesidades productivas y de la vida cotidiana de la población. Por lo general, se trata de infraestructura de gran tamaño que recibe el agua de la red de drenaje público y sirven para tratar grandes volúmenes de agua.

las técnicas convencionales son plantas de tratamiento que utilizan “lodos activados” y “lagunas de estabilización” para el tratamiento del agua. La utilización de estas plantas es recomendada para centros urbanos donde los costos de operación y mantenimiento pueden ser reducidos por el número de usuarios a los cuales se les brinda el servicio. Entre otros, los costos por la generación y manejo de residuos (lodos), consumo de energía eléctrica y el uso de sustancias químicas adicionales cuando así se requiera (SAPAM, s.f.).

2.2.2 Tratamientos Preprimario, Primario, Secundario y Terciario

Pretratamiento

Es esencialmente físico; la primera etapa es la descontaminación, en esta fase se remueven sólidos presentes en las aguas residuales, a través de rejillas (basura, etc.), y desarenadores (partículas pesadas como grava, arena y semillas).

Tratamiento primario

Puede ser físico o físico-químico y se realiza en tanques de sedimentación para remover parte de los contaminantes y retirarlos como lodo en el fondo de los tanques. Este lodo después de ser procesado, es un usado como abono.

Tratamiento secundario

Es esencialmente biológico, en esta etapa las bacterias benéficas se emplean intencionalmente para consumir otra parte de contaminantes que no fueron removidos en el tratamiento primario. La aireación, es decir, la incorporación de oxígeno o aire al agua contribuye al crecimiento bacteriano.

Tratamiento avanzado

Después de los tratamientos anteriores, se ha logrado eliminar un 85% de los contaminantes de las aguas residuales y queda por eliminar los nutrientes que favorecen el crecimiento de la flora acuática (algas y lirios), como son el fósforo y el amoníaco que proviene del escurrimiento agrícola, de desechos humanos y del uso de detergentes. Estos son eliminados por medio de:

Filtración: A través de materiales granulares de diversos tipos y tamaños, tales como arena fina y carbón.

Desinfección: Es la etapa final en la que se utilizan productos químicos como el cloro. La luz solar desinfecta el agua de forma natural, por lo que se pueden usar luces especiales que emiten rayos ultravioletas.

2.2.3 Humedales artificiales

Humedal artificial de flujo superficial

Se definen como humedales artificiales de flujo libre superficial aquellos sistemas en los cuales el agua está expuesta a la atmósfera. Los humedales artificiales de flujo libre consisten normalmente de una o más cuencas o canales de poca profundidad que pueden o no tener un recubrimiento de fondo para prevenir la percolación al agua freática susceptible a contaminación y una capa sumergida de suelo para soportar las raíces de la vegetación

macrófitas emergentes. Cada sistema tiene estructuras adecuadas de entrada y descarga para asegurar una distribución uniforme del agua residual (ESPINOSA, 2014).

Humedales sub-superficiales de flujo horizontal

Son los sistemas más utilizados en Europa y tienen su origen en la investigación de Seidel en 1967 y Kickuth en 1977. El diseño de estos sistemas por lo general consiste en una cama, ya sea de tierra o arena y grava, plantada con macrófitas acuáticas, en la mayoría de los casos con la caña común o carrizo (*Phragmites australis*). Toda la cama es recubierta por una membrana impermeable para evitar filtraciones en el suelo (ESPINOSA, 2014).

El agua circula horizontalmente a través del medio granular, los rizomas y raíces de las plantas, ingresando en forma permanente. Es aplicada en la parte superior de un extremo y recogida por un tubo de drenaje en la parte opuesta inferior. El agua residual se trata a medida que fluye lateralmente a través de un medio poroso (flujo pistón). La profundidad del lecho varía entre 0,45 m a 1 m y tiene una pendiente de entre 0,5 % a 1 % (ESPINOSA, 2014).

Humedales sub-superficiales de flujo vertical

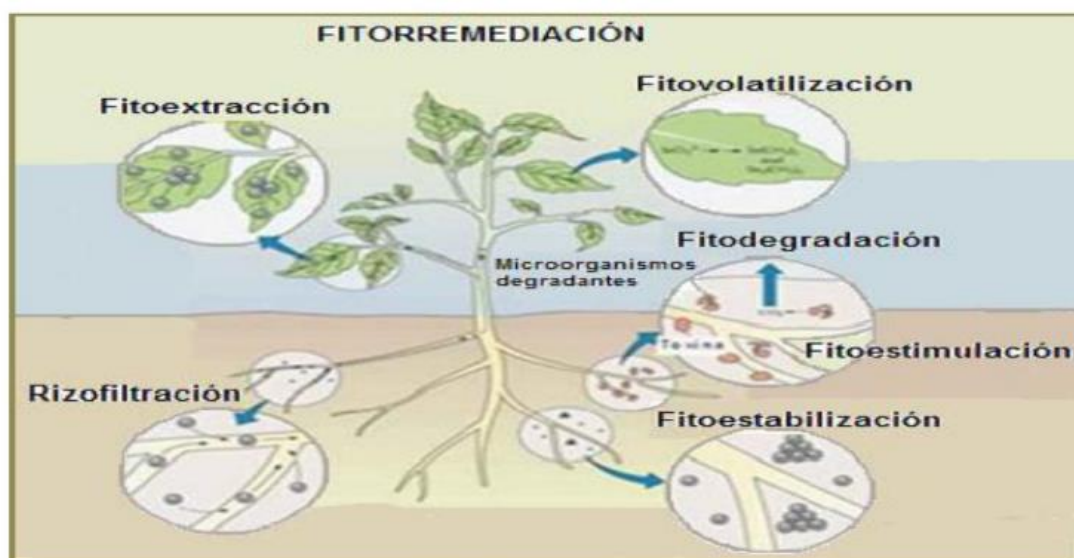
Esta tipología de humedales fue desarrollada en Europa como alternativa a los humedales horizontales para producir efluentes nitrificados. En general los sistemas verticales se combinan con horizontales para que se sucedan de forma progresiva los 26 procesos de nitrificación y desnitrificación y se consiga así eliminar nitrógeno (ESPINOSA, 2014).

Los sistemas verticales con flujo sub-superficial son cargados intermitentemente. De esta forma, las condiciones de saturación con agua en la cama matriz son seguidas por períodos de insaturación, estimulando el suministro de oxígeno. Hay muchas posibilidades de variar la distribución de intervalos, la composición de la cama matriz, etcétera, y los resultados que se han obtenido son promisorios (ESPINOSA, 2014).

2.2.4 Tipos de planta para humedal

Las plantas pueden incorporar las sustancias contaminantes mediante distintos procesos que se representan en la siguiente ilustración y se explican en la tabla que continúa (Frers, 2018):

Figura No. 2. Plantaciones en Humedales Artificial



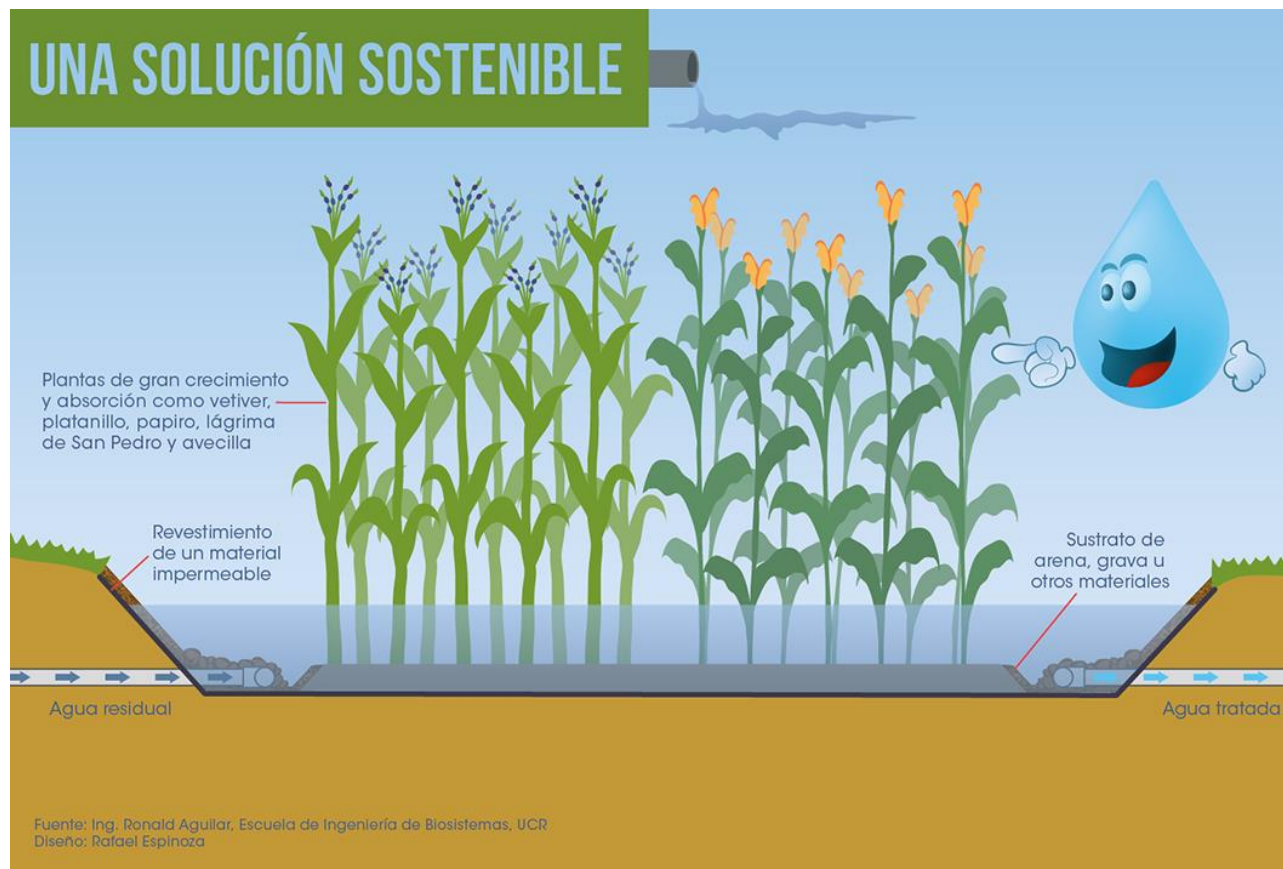
Fuente: <https://www.goconqr.com>

Tabla No.2 Procesos de fitorremediación

Tipo	Proceso Involucrado	Contaminación Tratada
Fitoextracción	Las plantas se usan para concentrar metales en las partes cosechables (hojas y raíces)	Cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, plomo selenio, zinc
Rizofiltración	Las raíces de las plantas se usan para absorber, precipitar y concentrar metales pesados a partir de efluentes líquidos contaminados y degradar compuestos orgánicos	Cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, plomo selenio, zinc isótopos radioactivos, compuestos fenólicos
Fitoestabilización	Las plantas tolerantes a metales se usan para reducir la movilidad de los mismos y evitar el pasaje a napas subterráneas o al aire.	Lagunas de deshecho de yacimientos mineros. Propuesto para fenólicos y compuestos clorados.
Fitoestimulación	Se usan los exudados radiculares para promover el desarrollo de microorganismos degradativos (bacterias y hongos)	Hidrocarburos derivados del petróleo y poliaromáticos, benceno, tolueno, atrazina, etc.
Fitovolatilización	Las plantas captan y modifican metales pesados o compuestos orgánicos y los liberan a la atmósfera con la transpiración.	Mercurio, selenio y solventes clorados (tetraclorometano y triclorometano)
Fitodegradación	Las plantas acuáticas y terrestres captan, almacenan y degradan compuestos orgánicos para dar subproductos menos tóxicos o no tóxicos.	Municiones (TNT, DNT, RDX, nitrobenzeno, nitrotolueno), atrazina, solventes clorados, DDT, pesticidas fosfatados, fenoles y nitrilos, etc.

Fuente: (Ciema,2018)

Figura No. 3 Funcionamiento de un Humedal Artificial



Fuente: Escuela de Ingeniería de Biosistemas

Los humedales artificiales son sistemas de depuración de aguas residuales idóneos para los pequeños municipios, simples de operar, con baja producción de lodos residuales y sin consumo energético. No necesitan la adición de químicos ni de energía para airear el agua o conseguir su circulación. Totalmente integrados con el paisaje donde su construcción es muy sencilla y económica, son fáciles de mantener, y el efluente puede ser vertido directamente sobre el cauce de un río o sobre el suelo sin ningún problema de contaminación.

De acuerdo con Pérez (2009), Los humedales se clasifican según los tipos de plantas presentes y la hidráulica del sistema. El esquema de clasificación de las plantas acuáticas se basa en sus características morfológicas y fisiológicas, dividiéndolas en formas enraizadas y flotantes. Las plantas con raíces son las plantas acuáticas más utilizadas para

la construcción de humedales artificiales. Se dividen básicamente en tres grupos: emergentes, flotantes y sumergidas.

A). Plantas emergentes: las plantas emergentes, con sus hojas largas erguidas, tienen una gran capacidad de fotosíntesis y crecimiento. Las especies emergentes más comunes son: tule (*Typhla* sp), juncos (*Scirup* sp) y carrizos (*Phragmites* sp), (Smith, 1977).

B). Plantas flotantes: la productividad de las plantas flotantes enraizadas y las plantas flotantes libres es tan alta o mayor que la de las emergentes, y tiene la ventaja de que mientras éstas tienen menos tejidos respiratorios, poseen la habilidad de utilizar dióxido de carbono CO₂ foto-respirado, almacenado en los espacios llenos de aire; las más usadas en la construcción de humedales son: lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), ombligo de Venus (*Hydrocotyle ranunculoides*), y plantas de los géneros: *Spirodela*, *Lemna*, *Wolffia*.

C). Plantas sumergidas: las plantas sumergidas muestran menor velocidad de productividad que los otros dos tipos, esto es debido a que, bajo el agua, la intensidad de la luz y la difusión del CO₂ son menores. Por otra parte, las plantas sumergidas pueden usar CO₂ de otras fuentes tales como los carbonatos, del CO₂ liberado por la actividad anaerobia de los sedimentos o a través del proceso de re-fijación del CO₂ del ciclo del carbono; algunas de las especies usadas en humedales construidos son: *Myriophyllum aquaticum*, *Elodea canadiensis*, y *Potamogeton crispus* (PÉREZ, 2019).

2.2.5 Caudal de agua residual

Se define como la contribución durante un período de 24 horas, obtenida como el promedio durante un año. Cuando no se dispone de datos de aportes de aguas residuales, lo cual es usual en la mayor parte de los casos, se debe cuantificar este aporte con base en el consumo de agua potable obtenida del diseño del acueducto o en función del número de habitantes que cuenten con el servicio de alcantarillado. (Ramírez, 2014).

2.2.6 Plantas de tratamiento de aguas residuales prefabricadas de la marca ROTOPLAS

ROTOPLAS es una empresa pionera en el desarrollo de sistemas de tratamiento de agua, y sistemas de almacenamiento del líquido. Con subsidiarias en 14 países de América Latina, ROTOPLAS ha unido sus dos razones sociales en la concepción de plantas de tratamiento de aguas residuales prefabricadas, modulares y móviles.

Sus principales propiedades:

Uso

Descarga del agua tratada en cuerpos de agua (ríos, mares, lagos Tipo A, B, C) con el fin de conservar su caudal (reintegración para mejoramiento de cuerpo receptores), reúso del agua tratada en riego de jardines, lavado de pisos, reúso de agua en sustitución de aguas de primer uso (procesos) y reúso de lodos como mejoradores de suelos.

Figura No. 4 Sistema modular para el tratamiento de aguas residuales.



Fuente: (Rotoplas, 2016).

Figura No. 5 Sistema modular para el tratamiento de aguas residuales.



Fuente: (Rotoplas, 2016).

Aplicaciones

Hoteles, hospitales, centros comerciales, comunidades barriales o rurales.

Características

Fabricadas con Tanques HDPE de polietileno reforzado de alta densidad bajo especificaciones ASTM, especiales para contener aguas residuales, proceso biológico anaeróbico, aeróbico, equipamiento robusto bajo estándares internacionales.

Ventajas

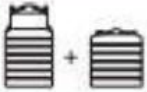
- Su proceso de tratamiento aeróbico y anaeróbico permite que el costo del m³ de agua tratada sea muy bajo gracias a que la producción de lodos es mínima.
- Son ideales para tratar aguas negras con alta carga de contaminación orgánica.
- Son un sistema 100% movable, que permite su reubicación en nuevos sitios
- Pueden adaptarse a crecimiento modular por etapas.
- Son muy convenientes gracias a su rápida ejecución y puesta en marcha.

- Tienen un bajo costo de operación por m³ de agua tratada, bajo consumo eléctrico y mínima producción de lodos.

Especificaciones

- Diseñadas como proyectos a la medida de acuerdo a características de las descargas, calidad del agua y zona geográfica.
- Voltaje 220 - 440v / 3F / 60Hz

Tabla No.3 Desglose de demanda acorde a la población a intervenir.

Flujo Producción (L/Segundo)	Personas	Proceso	Área	Usos de agua tratada	Referencia*
1.0	1 720	Anaerobio + Aerobio	60 m ²	Reúso, WC y riego	
2.0	3 400	Anaerobio + Aerobio	120 m ²	Reúso, WC y riego	
3.0	5 200	Anaerobio + Aerobio	170 m ²	Reúso, WC y riego	
4.0	6 800	Anaerobio + Aerobio	220 m ²	Reúso, WC y riego	
5.0	8 600	Anaerobio + Aerobio	300 m ²	Reúso, WC y riego	

Fuente: (Rotoplas, 2016).

2.3 Beneficios para la gente, el medio ambiente y las economías

Según el informe Aguas residuales: De residuo a recurso el tratamiento de las aguas residuales tiene un doble valor. Además de los beneficios medioambientales y para la salud, puede ofrecer beneficios económicos al reutilizarse en distintos sectores. Sus productos derivados, como los nutrientes y el biogás, pueden aplicarse a la agricultura y utilizarse para la generación de energía. Asimismo, los ingresos adicionales que se obtengan de este

proceso pueden ayudar a cubrir costos operativos y de mantenimiento de los servicios públicos de aguas (BANCO MUNDIAL , 2020).

“En este sentido, ya no debe considerarse a las aguas residuales un ‘residuo’, sino más bien un recurso. Esto es un principio fundamental de la economía circular, un sistema económico que tiene como objetivo minimizar los residuos y aprovechar al máximo los recursos. A medida que las ciudades sigan creciendo, en el futuro deberán aplicarse estrategias para el desarrollo urbano que minimicen el consumo de recursos y que se centren en su recuperación, de acuerdo con los principios de la denominada ‘economía circular’”, manifestó **Diego Juan Rodríguez, autor del informe y especialista sénior en gestión de recursos hídricos del Banco Mundial**. “Una de las principales ventajas de adoptar los principios de la economía circular para la gestión de las aguas residuales es que la recuperación y reutilización de recursos podría transformar los servicios de saneamiento, que pasarían de ser costosos a autosustentables y que le agregarían valor a la economía. Esto ayudaría a los países a superar los problemas de financiamiento que existen en el ámbito del saneamiento y a poder alcanzar así los Objetivos de Desarrollo Sostenible”.

2.4 Diseño de recolección y transporte de las Aguas Residuales

2.4.1 Red de atarjeas

La red de atarjeas tiene por objeto recolectar y transportar las aportaciones de las descargas de aguas residuales domésticas, comerciales e industriales hacia los colectores, interceptores o emisores. La red está constituida por un conjunto de tuberías por las que son conducidas las aguas residuales captadas. El ingreso del agua a las tuberías es paulatino a lo largo de la red. Los caudales se van acumulando, lo que da lugar a ampliaciones sucesivas de la sección de los conductos en la medida en que se incrementan los caudales. Así, las mayores secciones se ubican, en el diseño, en los tramos finales de la red. Para esto no es admisible diseñar reducciones en los diámetros en el sentido del flujo (Comisión Nacional del Agua, s.f.).

2.4.2 Trazado en Peine

Es el trazo que se forma cuando existen varias atarjeas con tendencia al paralelismo. Empieza la captación con una cabeza de atarjea, la cual descarga su contenido en una

atarjea perpendicular común de mayor diámetro a ellas, misma que a su vez descarga a otra atarjea o colector de mayor diámetro ver figura No. 6.

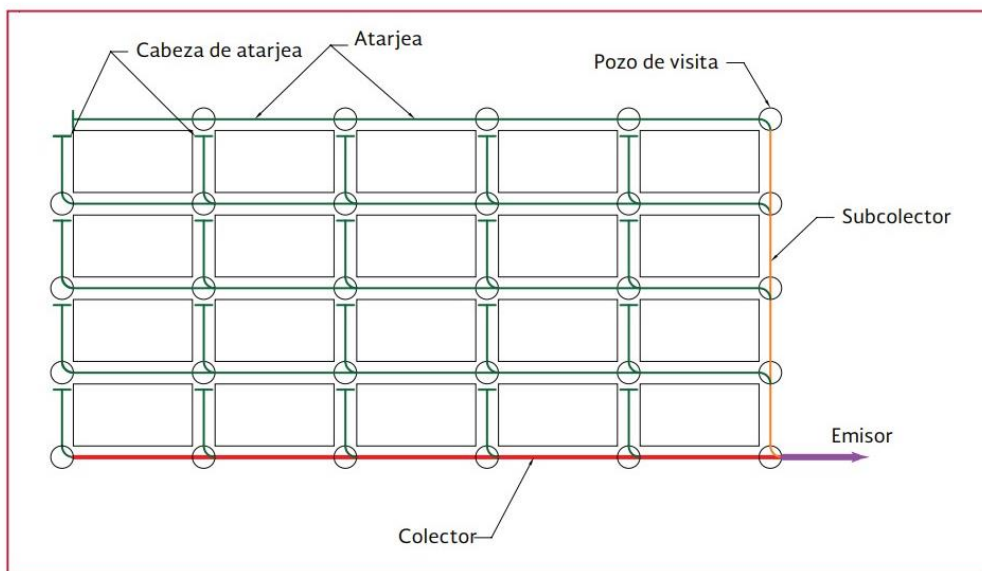
Ventajas

Se garantizan aportaciones rápidas y directas de las cabezas de atarjeas a la tubería común de cada peine, y de estas a los colectores, con lo que se presenta rápidamente un régimen hidráulico establecido. Se tiene una amplia gama de valores para las pendientes de las cabezas de atarjeas, lo cual resulta útil en el diseño cuando la topografía es irregular.

Desventajas

Debido al corto desarrollo que generalmente tienen las atarjeas iniciales antes de descargar a un conducto mayor, es común que trabajen por abajo de su capacidad, por lo que se desaprovecha parte de dicha capacidad.

Figura No.6 Trazado en Peine



Fuente:

Comisión Nacional del Agua

2.4.3 Trazado en Bayoneta

Trazo en bayoneta Se denomina así al trazo que inicia en una cabeza de atarjea y se desenvuelve en zigzag o en escalera ver figura No.7.

Ventajas

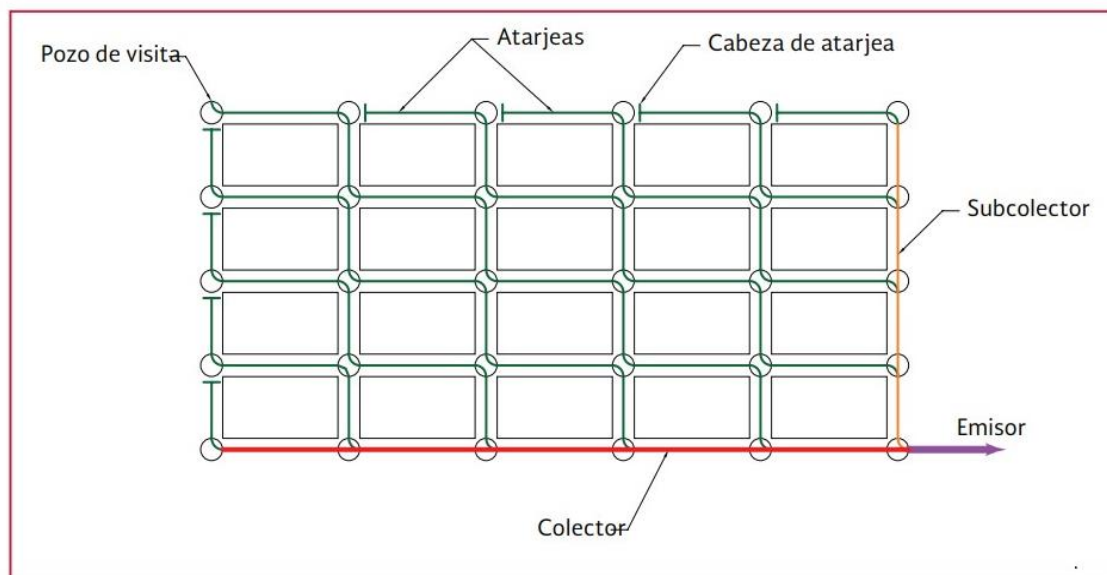
Este tipo de trazo permite reducir el número de cabezas de atarjeas y permite un mayor desarrollo de las atarjeas, con lo que los conductos adquieren un régimen hidráulico establecido, con lo cual se logra aprovechar adecuadamente la capacidad de cada uno de los conductos.

Desventajas

Dificultad en su utilización, debido a que el trazo requiere terrenos con pendientes suaves más o menos estables y definidas.

Para este tipo de trazo, en las plantillas de los pozos de visita, las medias cañas usadas para el cambio de dirección de las tuberías que confluyen son independientes y con curvatura opuesta. No debe haber una diferencia de elevación mayor de 0.50 metros entre las dos medias cañas.

Figura No.7 Trazado en Bayoneta

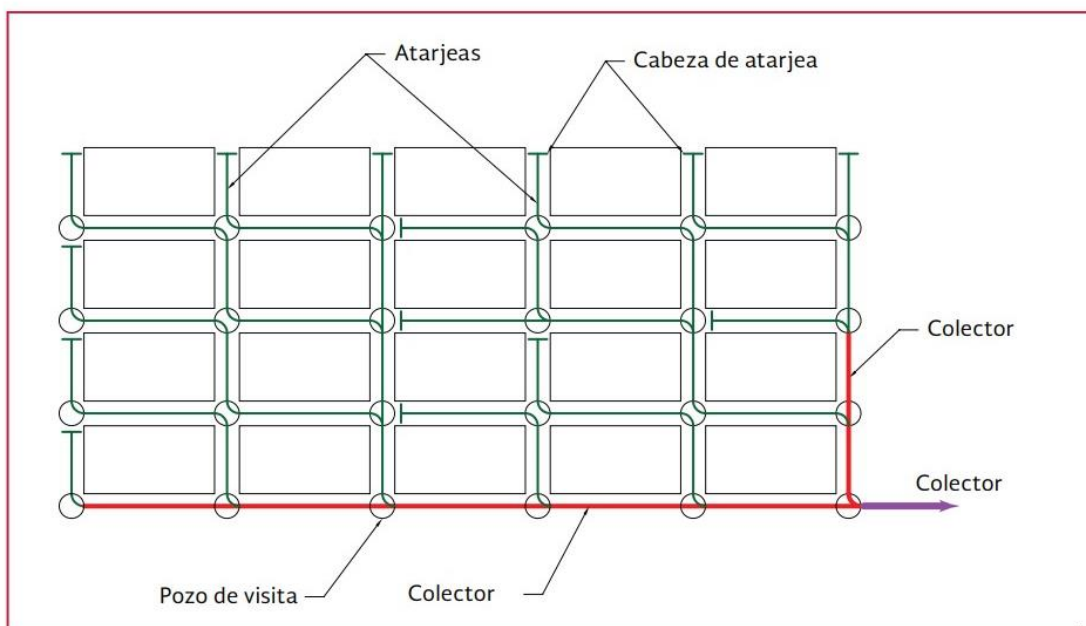


Fuente: Comisión Nacional del Agua

2.4.4 Trazado Combinado

Corresponde a una combinación de los dos trazos anteriores y a trazos particulares obligados por los accidentes topográficos de la zona. Aunque cada tipo de trazo tiene ventajas y desventajas particulares respecto a su uso, el modelo de bayoneta tiene cierta ventaja sobre los otros modelos, en lo que se refiere al aprovechamiento de la capacidad de las tuberías. Sin embargo, este no es el único punto que se considera en la elección del trazo, pues depende fundamentalmente de las condiciones topográficas del sitio de estudio.

Figura No.8 Trazado Combinado



Fuente: Comisión Nacional del Agua

2.4.5 Caudales de diseño

El caudal de diseño es el volumen de agua que llegara a las obras de drenaje. El objetivo del cálculo de la crecida de diseño es asociar una probabilidad de ocurrencia a las distintas magnitudes de la crecida. Su determinación debe ser precisa para poder fijar económicamente el tamaño de la estructura requerida y evitar daños a la carretera (Benítez, 2023).

La determinación del caudal de diseño se obtiene a través de diferentes métodos como:

- ❖ A través de registro de la información de corrientes y observación de estructuras existentes.
- ❖ Usando métodos indirectos, a través de fórmulas empíricas o semi-empíricas para determinar la máxima descarga.
- ❖ Usando métodos indirectos, a través de fórmulas empíricas y semi-empíricas para determinar directamente el área de desagüe requerida.

La fórmula racional expresa el caudal que es igual a un porcentaje de la precipitación multiplicada por el área de la cuenca y multiplicada por el coeficiente de escorrentía, cuyo valor depende del tipo superficie por el que escurre el agua (Benítez, 2023).

Caudal promedio:

Es el consumo que se espera realice la población de diseño durante un periodo de un día.

$$Q_p = \frac{P \times D}{86400}$$

P = población de diseño

D = dotación del agua

Qp = caudal promedio

Caudal máximo diario:

Es el máximo consumo que se espera realice la población en un día y se calcula como un factor de ampliación (K_1) del Q_{md} , dicho factor está establecido por la norma.

$$Q_{MD} = Q_p \times K_1$$

QMD = Caudal máximo diario

Qp = Caudal promedio

K1=coeficiente de variación (para sector urbano y rural **K1**= 1.3)

Caudal mínimo:

Es la menor cantidad de agua que será requerida en una hora por día, es calculado con un factor de reducción del Qmd, dicho factor (**K3**) establecido por la norma.

$$Q_{\min.} = Q_p \times K_3$$

K3 = 0.5

Qmin. = caudal mínimo

Qp= caudal promedio

Caudal máximo horario:

Es el máximo gasto que será requerido en una determinada hora del día, y se calcula como un valor ampliado del Qmd.

2.4.6 Dotación

Se entiende por dotación la cantidad de agua que se asigna para cada habitante y que incluye el consumo de todos los servicios que realiza en un día medio anual, tomando en cuenta las pérdidas. Se expresa en litros. / habitante-día. Esta dotación es una consecuencia del estudio de las necesidades de agua de una población, quien la demanda por los usos siguientes: para saciar la sed, para el lavado de ropa, para el aseo personal, la cocina, para el aseo de la habitación, para el riego de calles, para los baños, para usos industriales y comerciales, así como para el uso público. (Regalado, 2015).

2.5 Características demográficas, topográficas, geológicas e hidrogeológicas

2.5.1 Ubicación geográfica

Una ubicación es un lugar, un sitio o una localización donde está ubicado algo o alguien. Una ubicación es una situación, un establecimiento, un asiento, es la existencia de un ser o de algo en algún sitio o lugar. La ubicación es la acción o el efecto de ubicar o ubicarse (Significados, 2023).

2.5.2 Población

En su uso más habitual, la palabra hace referencia al grupo formado por las personas que viven en un determinado lugar o incluso en el planeta en general. También permite referirse a los espacios y edificaciones de una localidad u otra división política, y a la acción y las consecuencias de poblar (Pérez & Merino, Población, 2008).

2.5.3 Curvas de nivel

La idea de curva de nivel se emplea en el ámbito de la topografía con referencia a la línea que se forma por aquellos puntos del terreno que se sitúan a la misma altura. Cabe recordar que la topografía es la disciplina centrada en la descripción y el delineamiento de la superficie de un terreno. Una curva de nivel, por lo tanto, es la línea que une los puntos de un mapa que tienen idéntica altitud. Por lo general estas líneas aparecen dibujadas en color azul para reflejar las profundidades del océano y los glaciares, y en tonalidad siena con sombreados para marcar la altura del terreno (Pérez & Merino, Curva de nivel , 2017).

2.5.4 Geología

La palabra geología deriva del griego "geo" que significa tierra, y "logos" tratado o conocimiento, por lo tanto, se define como la ciencia de la tierra y tiene por objeto entender la evolución del planeta y sus habitantes, desde los tiempos más antiguos hasta la actualidad mediante el análisis de las rocas. Es considerada como una ciencia histórica ya que parte de la premisa de que el relieve actual de la Tierra es el resultado de una larga y variada evolución, por ello analiza este desarrollo espacial y temporal para señalar los factores y fuerzas que actuaron en el proceso y que le han dado la forma que actualmente conocemos, tanto en el exterior como en el interior de nuestro planeta (Servicio Geológico Mexicano, 2023).

2.5.5 Hidrogeología

La hidrogeología es la rama de la geología centrada en el análisis de las aguas subterráneas, estudiando sobre todo cómo aprovecharlas. Sus aportes son claves para determinar cómo proveer de agua a las poblaciones. Es importante recordar que la geología es la ciencia que se especializa en el origen, la naturaleza, el desarrollo y la configuración actual del globo terrestre. El prefijo hidro-, en tanto, alude al agua ((Pérez Porto & Gardey, 2020).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Introducción

En este capítulo se describe la metodología que se aplicó en el estudio dirigido a proponer un sistema de tratamiento de aguas residuales en el sector La Altagracia del municipio de Fantino. Se describe también el tipo de investigación, enfoque de investigación, población de estudio, muestra, métodos, procedimientos y análisis de datos.

3.2 Diseño de investigación

Dado que el objetivo de estudio es proponer un sistema de Tratamiento de Aguas residuales en el sector La Altagracia del municipio de Fantino, se eligió un diseño no experimental que se aplicará de manera transversal donde se hará una investigación tipo exploratoria.

Hernández (2014) señala que la investigación no experimental “son estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos” (p.184). En este mismo orden también define que los diseños de investigación transeccional o transversal “recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único, su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado” (p.186).

3.3 Enfoque de investigación

Para la presente investigación, se implementó un enfoque mixto. Visto que tomaron datos numéricos y también se realizaron descripciones cualitativas.

3.4 Descripción de la población y muestra

Una muestra, por otro lado, se puede definir como un subconjunto seleccionado de la población y se utiliza para realizar inferencias o generalizaciones sobre la misma. Según Lohr (2019), un autor ampliamente reconocido en el campo de la estadística, una muestra se define como "una selección de elementos de una población realizada con el objetivo de hacer inferencias sobre la población" (p. 16).

El sector La Altagracia según el censo realizado en el 2010 cuanta con una población de 1745 personas.

Para el cálculo de la muestra se empleó la siguiente formula:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde:

n: Es el tamaño de la muestra a seleccionar

Z: representa el nivel de confianza 95% 1.96

P: es la variabilidad positiva 0.5

q: es la variabilidad negativa 0.5

N: es el tamaño de población en estudio en este caso es 1745

e: es la precisión del error máximo permitido 5 %

Sustituyendo la ecuación n= **315** personas

3.5 Instrumentación de la investigación

La encuesta es una técnica de investigación que consiste en la recopilación sistemática de información y opiniones mediante la formulación de preguntas estandarizadas a una muestra representativa de individuos o grupos. Su objetivo principal es obtener datos cuantitativos sobre actitudes, opiniones, características demográficas, comportamientos y otros aspectos relevantes para el estudio (Babbie, 2016).

Para la realización de la toma de datos o información, se utilizó la encuesta, fichaje y la observación. Por otro lado, para el mejor funcionamiento de los instrumentos se utilizaron los recursos, tales como: fichas de observación, mapas topográficos, geológicos del municipio de Fantino, memoria geológica, fichas técnicas, lápiz, libretas, entrevistas, software Google Earth, AutoCAD y ArcGIS.

3.6 Validez y confiabilidad

La propuesta de proyecto actual se sustenta en su validez y confiabilidad, ya que los criterios utilizados para investigar la comunidad y desarrollar las soluciones más viables se han tomado en consideración siguiendo las directrices establecidas en los manuales de diseño tanto a nivel internacional como nacional. Esto asegura que los resultados obtenidos sean mensurables y comparables con otros proyectos similares en el campo.

3.7 Procedimientos

Para realizar la presente investigación se consideró el siguiente procedimiento:

3.7.1 Revisión Bibliográfica

Este primer paso constituye la base para el desarrollo de la investigación, aquí se recopila toda la información técnica y científica relacionada con el tema de investigación, que es la gestión de las aguas residuales. Se han utilizado informes de entidades mundiales, revistas científicas, libros, tesis, foros e informes técnicos y científicos.

3.7.2 Levantamiento de informaciones en campo

Este paso consta de dos fases, la primera que ha consistido en realizar visitas a la comunidad con el objetivo de identificar sus características generales descritas en el capítulo II. Y una segunda fase que consistió en el levantamiento de todas las informaciones técnicas para el diseño de la propuesta.

3.7.3 Procesamiento de la información

Tras la recopilación de datos en la etapa previa, se procedió a realizar el procesamiento de la información, siguiendo meticulosamente los procedimientos de diseño conforme a las normas establecidas para tal propósito. Este paso fue crucial para garantizar la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos. Al aplicar las metodologías y estándares adecuados, se aseguró la coherencia y validez de los datos, permitiendo así llevar a cabo un análisis completo y detallado. De esta manera, se sentaron las bases sólidas para el desarrollo de la investigación, respaldando cada fase con la debida rigurosidad científica y técnica.

3.7.4 Presentación de resultados

Los resultados fueron presentados en tablas, gráficos y texto.

3.7.5 Elaboración de propuesta:

Se realizó una propuesta para el tratamiento de las aguas residuales del sector La Altagracia, de acuerdo a las características presentes en la población según las informaciones obtenidas en campo.

3.8 Recolección de los datos

Se recopilaron datos a través de documentos de organismos ambientales, leyes y regulaciones relacionadas con el tratamiento de aguas residuales se revisaron investigaciones previas sobre el tema de tratamientos de aguas residuales y se realizaron entrevistas a los moradores del sector donde se hizo la investigación.

3.9 Presentación y análisis de los datos

Los datos recopilados fueron representados en forma de gráficos y tablas, mostrando la distribución de frecuencias y porcentajes en relación a cada variable. Además, en este estudio se presenta una propuesta de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales específico para el Sector La Altagracia del Municipio de Fantino. A través de un análisis crítico de índole científica, se evaluaron los aspectos más relevantes de la investigación basados en los datos obtenidos.

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Introducción

En este capítulo se presentan los datos y resultados obtenidos mediante los cuestionarios aplicados al sector la Altagracia y también mediante el cálculo de un sistema de tratamiento de agua residual los cuales se representaron en gráficos teniendo como objetivo principal Proponer un sistema de Tratamiento de Aguas Residuales en el Sector la Altagracia del Municipio de Fantino.

4.2 Beneficios para la gente, el medio ambiente y las economías

4.2.1 Beneficios para la gente

Salud pública mejorada: Al eliminar contaminantes y patógenos presentes en las aguas residuales antes de su descarga, se reduce significativamente el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua. Esto contribuye a una mejor salud pública y disminuye el número de enfermedades relacionadas con el agua.

Apoyo a la agricultura: Si se reutiliza el agua tratada para riego agrícola, se aumenta la disponibilidad de agua para la agricultura, lo que beneficia a los agricultores y a la seguridad alimentaria del sector.

Fomento del turismo sostenible: Un ambiente limpio y saludable es atractivo para los turistas, lo que puede impulsar el turismo sostenible en la zona. El turismo es una fuente importante de empleo e ingresos para muchas comunidades, por lo que un entorno limpio puede tener un impacto positivo en la economía local.

4.2.2 Beneficios para el medioambiente

Conservación de los ecosistemas acuáticos: El tratamiento adecuado de las aguas residuales minimiza la descarga de contaminantes peligrosos en cuerpos de agua naturales, lo que protege la flora y fauna acuática y contribuye a la conservación del ecosistema.

Prevención de la contaminación del agua: Al eliminar los contaminantes antes de su descarga, se evita la contaminación de ríos, lagos y acuíferos, lo que ayuda a mantener la calidad del agua y la biodiversidad del área.

Mitigación del cambio climático: Al utilizar tecnologías avanzadas en el tratamiento, es posible recuperar y utilizar biogás generado durante el proceso, lo que ayuda a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

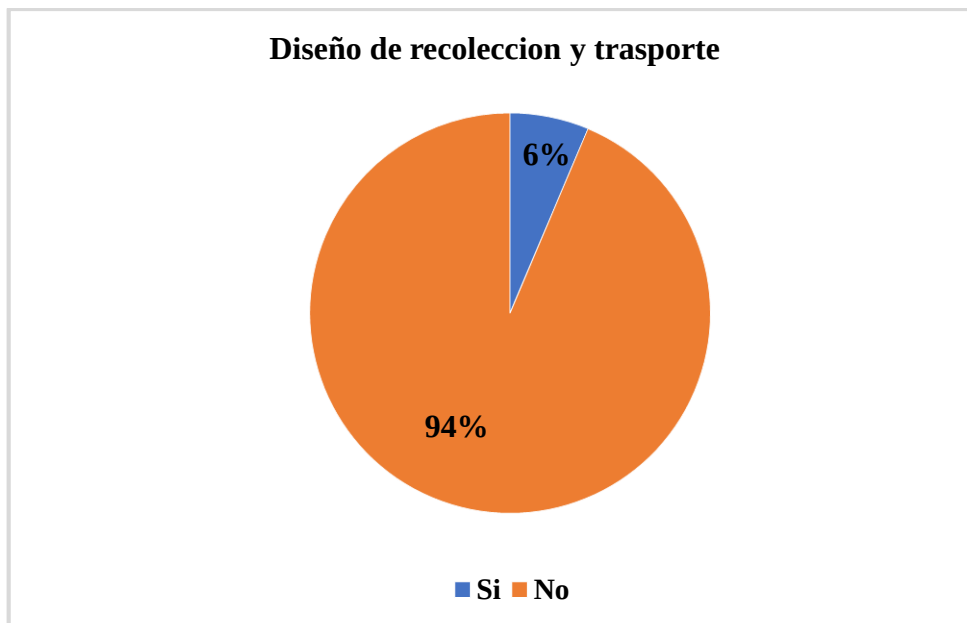
4.2.3 Beneficios para las economías

Cumplimiento de regulaciones y estándares ambientales: Un sistema de tratamiento de agua residual permite a las empresas y sectores cumplir con las regulaciones ambientales y sanitarias establecidas por los gobiernos, evitando multas y sanciones.

Promoción de la industria y el desarrollo sostenible: Un ambiente limpio y saludable atrae inversiones y puede fomentar el desarrollo sostenible en la región, creando oportunidades de empleo y crecimiento económico.

4.3 Diseño de recolección y transporte de las Aguas Residuales.

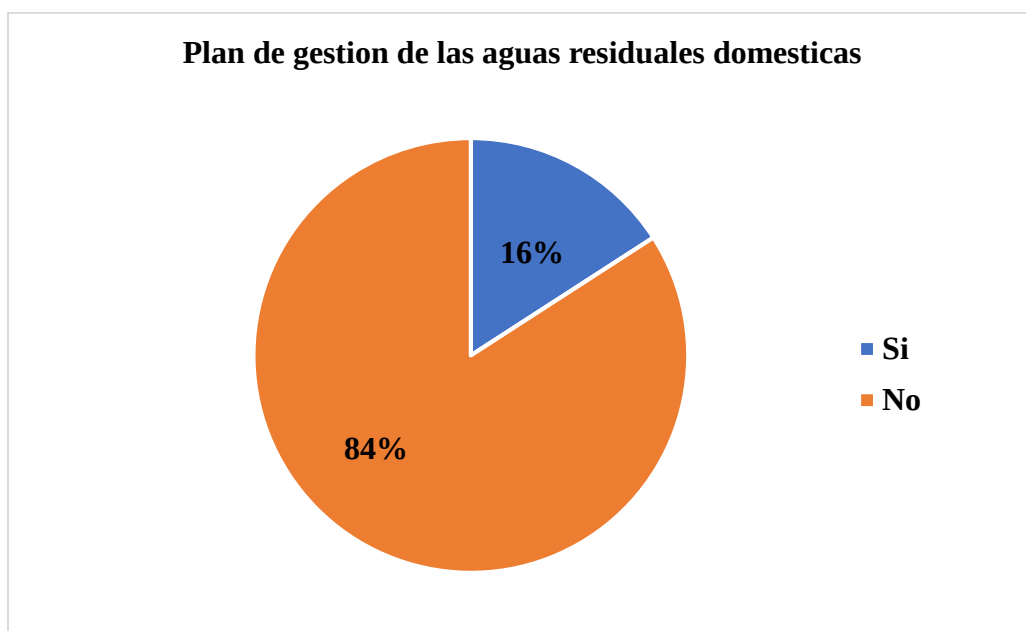
Figura No. 9. Sobre la existencia de un diseño de recolección y transporte de las aguas residuales.



Fuente: elaborada por el investigador a través de entrevistas a los moradores del sector la Altagracia, 2023.

Según la figura No. 9, el 94% de los moradores del sector La Altagracia, Fantino, desconocen sobre la existencia de un diseño de recolección y transporte para el tratamiento de las aguas residuales y un 6 % creen en la existencia del diseño.

Figura No. 10 Sobre la disposición de un plan de gestión para el aprovechamiento de las aguas residuales en el sector la Altagracia



Fuente: elaborada por el investigador a través de entrevistas a los moradores del sector la Altagracia, 2023.

Según la figura No.10 un 84 % de los moradores del sector afirman no tener un plan de gestión de las aguas residuales y un 16 % afirma tenerlo.

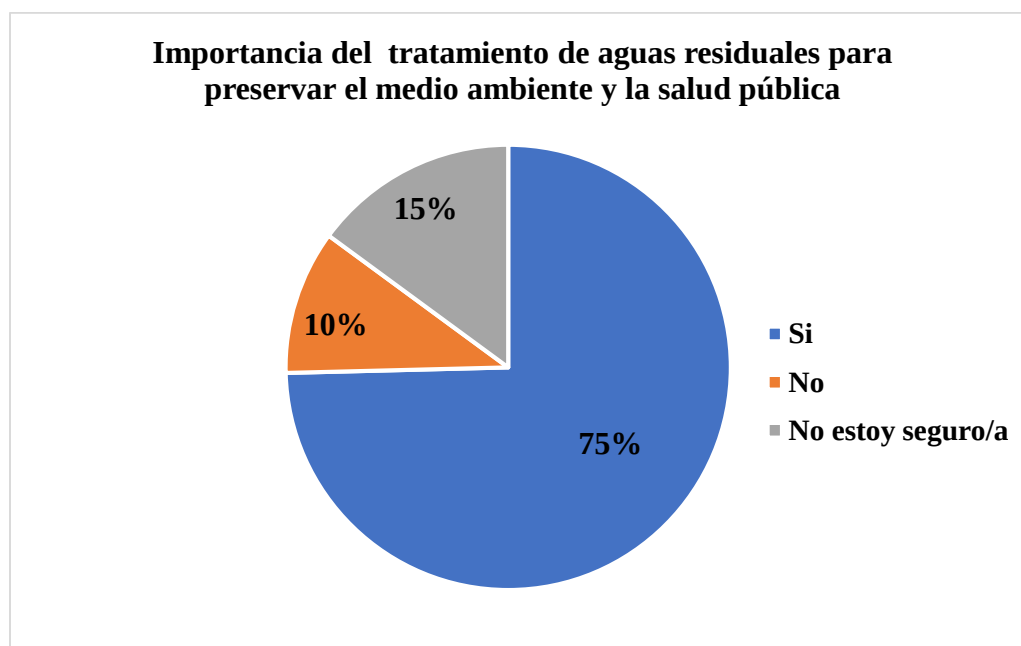
Figura No.11 Sobre la existencia un sistema de tratamiento de aguas residuales en el sector



Fuente: elaborada por el investigador a través de entrevistas a los moradores del sector la Altagracia, 2023.

De acuerdo con la figura No.10 un 100 % de los moradores del sector afirman no tener un sistema de tratamiento de aguas residuales.

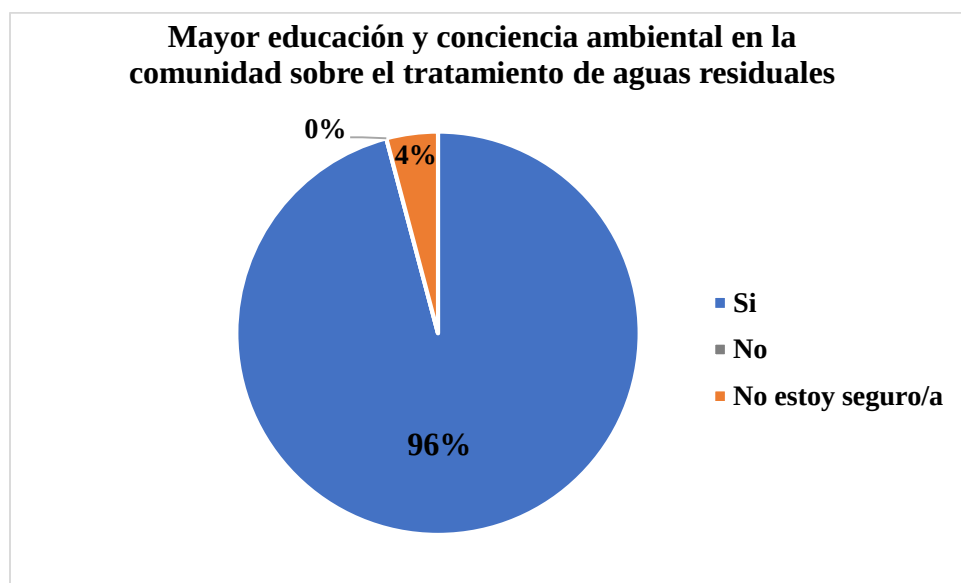
Figura No.12 Sobre la importancia del tratamiento de aguas residuales para preservar el medio ambiente y la salud pública



Fuente: elaborada por el investigador a través de entrevistas a los moradores del sector la Altagracia, 2023.

Con relación a la figura No.12 un 75 % de los moradores afirman la importancia del tratamiento de aguas residuales para preservar el medio ambiente y la salud pública un 15 % no están seguro y un 10% desconoce la importancia.

Figura No.13 Sobre promover una mayor educación y conciencia ambiental en la comunidad sobre el tratamiento de aguas residuales



Fuente: elaborada por el investigador a través de entrevistas a los moradores del sector la Altagracia, 2023.

De acuerdo a la figura No. 13 un 96 % de los moradores afirman que se debe promover una mayor educación y conciencia ambiental en la comunidad sobre el tratamiento de aguas residuales y 4 % dijo no estar seguro.

Tabla No. 4. Cálculo de caudal de aguas residuales

Esta tabla consiste en los cálculos de los caudales del diseño del alcantarillado del sector La Altagracia del municipio de Fantino

Denominación del tramo	Longitudes en metros			Población Servida (Acumulada)	Caudales de aguas residuales (L.P.S.)				Pendiente	Diámetro Pulg.	Funcionamiento hidráulico	
	Propia del tramo	Tributaria para el tramo	Acumulada para el tramo		Medio	Mínimo	Máximo	Máximo extraordinario			Tubo lleno	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
A-B	62.68	0	62.68	438	1.01	0.51	1.58	2.37	0.011	8	0.61	0.0013
B-C	56.18	62.68	118.86	330	0.76	0.38	1.24	1.87	0.007	8	0.57	0.0012
C-FINAL	99.38	118.86	218.24	996	2.31	1.15	1.39	4.82	0.008	10	0.75	0.042

Fuente: elaborada por el investigador, 2023 (ver anexo No.3)

4.3.1 Elección de la tecnología

Basados en los resultados de la encuesta realizada la tecnología idónea es la PTAR prefabricadas de la marca ROTOPLAS. De fabricación mexicana. ROTOPLAS es una empresa, pionera en el desarrollo de sistemas de tratamiento de agua, y sistemas de almacenamiento del líquido. Con subsidiarias en 14 países de América Latina, ROTOPLAS ha unido sus dos razones sociales en la concepción de plantas de tratamiento de aguas residuales prefabricadas, modulares y móviles.

Sus principales propiedades:

4.3.2 Uso

Descarga del agua tratada en cuerpos de agua (ríos, mares, lagos Tipo A, B, C) con el fin de conservar su caudal (reintegración para mejoramiento de cuerpo receptores), reúso del agua tratada en riego de jardines, lavado de pisos, reúso de agua en sustitución de aguas de primer uso (procesos) y reúso de lodos como mejoradores de suelos.

4.3.3 Aplicaciones

Hoteles, hospitales, centros comerciales, comunidades barriales o rurales.

4.3.4 Características

Fabricadas con Tanques HDPE de polietileno reforzado de alta densidad bajo especificaciones ASTM, especiales para contener aguas residuales, proceso biológico anaeróbico, aeróbico, equipamiento robusto bajo estándares internacionales.

4.3.5 Especificaciones

Diseñadas como proyectos a la medida de acuerdo a características de las descargas, calidad del agua y zona geográfica.

Voltaje 220 - 440v / 3F / 60Hz

Ya que nuestro proyecto cuenta con una comunidad de 1745 personas según las especificaciones de Rotoplas 170 m² es lo requerido para el espacio de la planta de tratamiento.

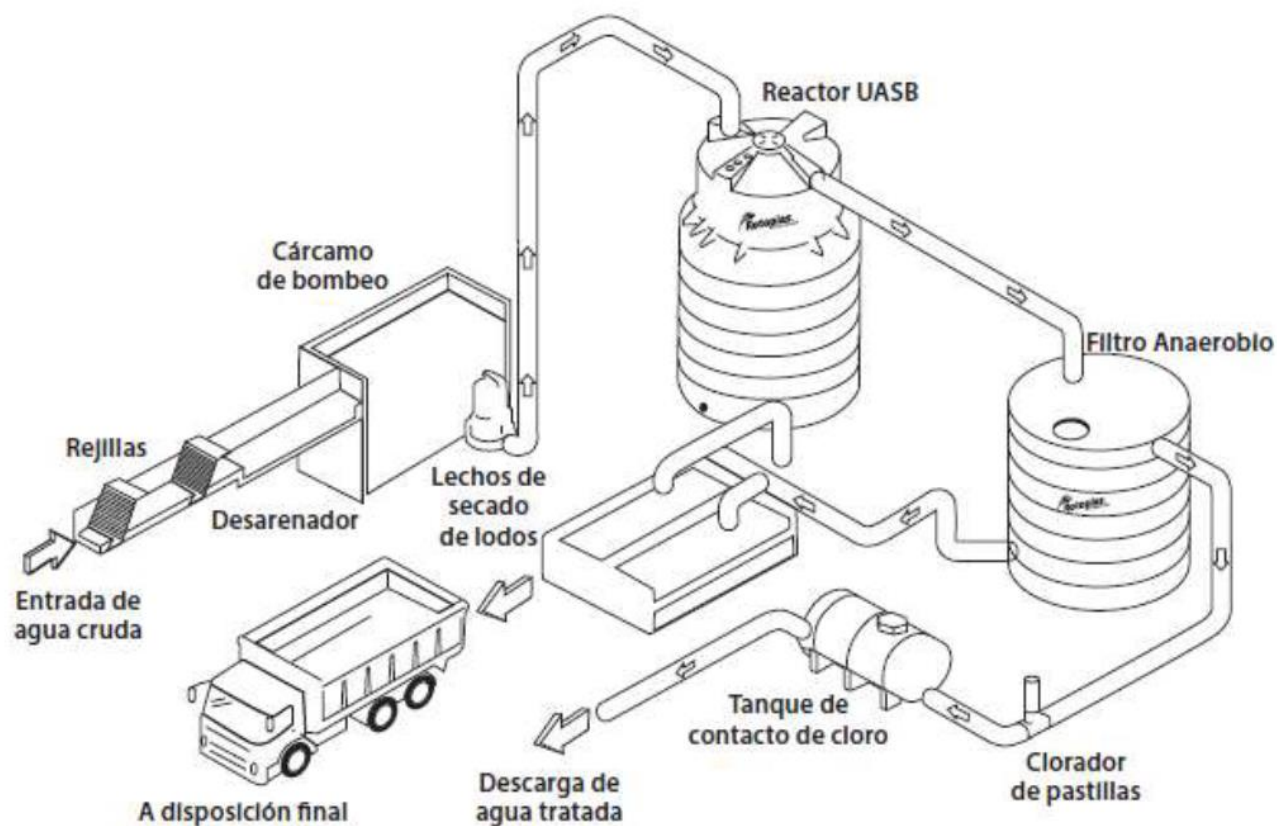
Figura 14. Especificaciones técnicas de una planta de tratamiento de aguas residuales



Fuente: Rotoplas 2016.

4.3.6 Funcionamiento de una PTAR Rotoplas

Figura 15. Especificaciones técnicas de una planta de tratamiento de aguas residuales



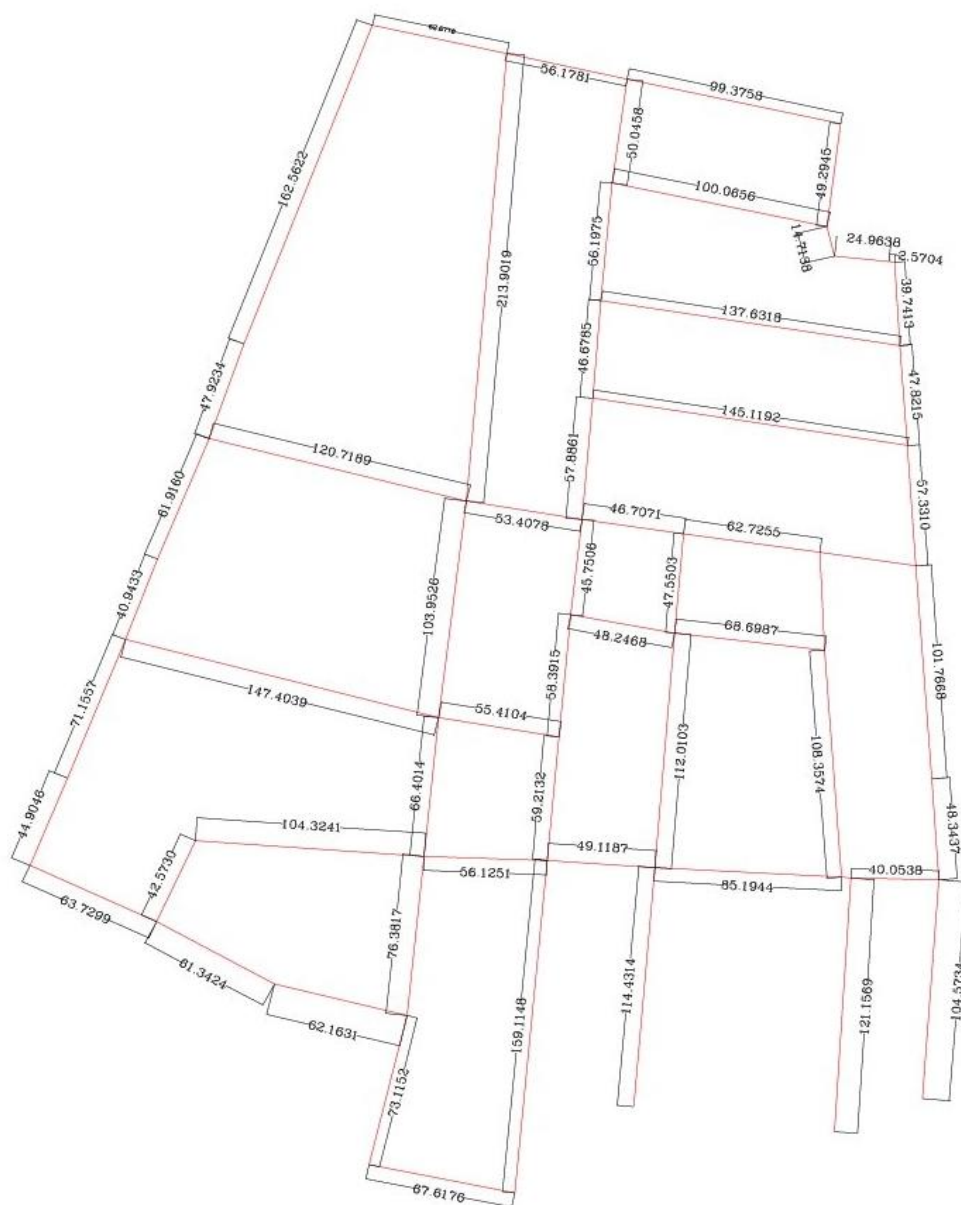
Fuente: (Rotoplas, 2016).

4.3.7 Proceso

- 1) Separación de sólidos.
- 2) Alimentación del reactor anaeróbico.
- 3) Biodegradación de la materia orgánica.
- 4) Alimentación del reactor aeróbico.
- 5) Proceso de clarificación.
- 6) Sistema de desinfección.
- 7) Filtrado de arena.
- 8) Filtrado de lecho profundo
- 9) Descarga de agua tratada a su destino final.

El agua proveniente del drenaje llega a la planta de tratamiento y da inicio al proceso. Los sólidos gruesos como plásticos o basura son retenidos en la rejilla de sólidos gruesos, el agua pasa por una segunda rejilla, para remover sólidos más finos y evitar obstrucciones en la tubería, para luego alimentar el proceso de tratamiento anaerobio. El agua residual, libre de basura llega al reactor anaerobio, esta es la parte central del proceso, sin oxígeno libre y utilizando microorganismos se remueven aproximadamente un 50% de los contaminantes del agua, el proceso continúa en el reactor aerobio, con la ayuda de sopladores, difusores de aire y microorganismos, se remueven el resto de los contaminantes orgánicos. El agua entra en el clarificador en donde el lodo y el agua son separados por diferencia de densidad, el agua limpia se va por gravedad al cárcamo de rebombeo y alimenta el filtro multimedia.

Figura 16. Plano de longitudes del sector La Altagracia



PROYECTO:

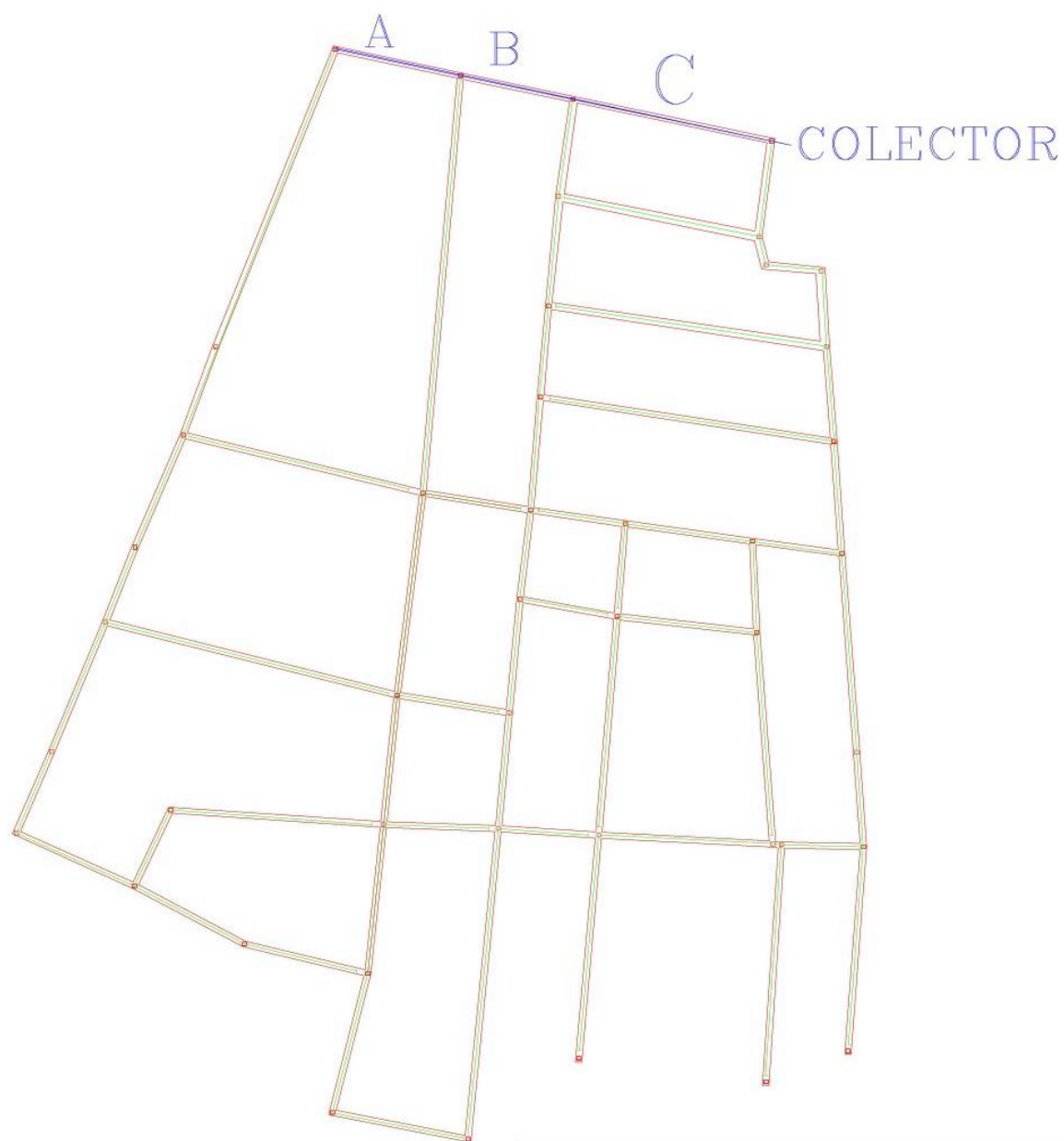
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL SECTOR LA ALTAGRACIA
DEL MUNICIPIO DE FANTINO.

LEVANTAMIENTO DE AREA, VISTA EN PLANTA

No. PLANO

02

Figura 17. Plano de la distribución de tuberías del sector La Altagracia



LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCION
	COLECTOR PRIMARIO
	COLECTORES SECUNDARIOS
	REGISTROS
	CABEZALES DE ATARJEAS

PROYECTO:

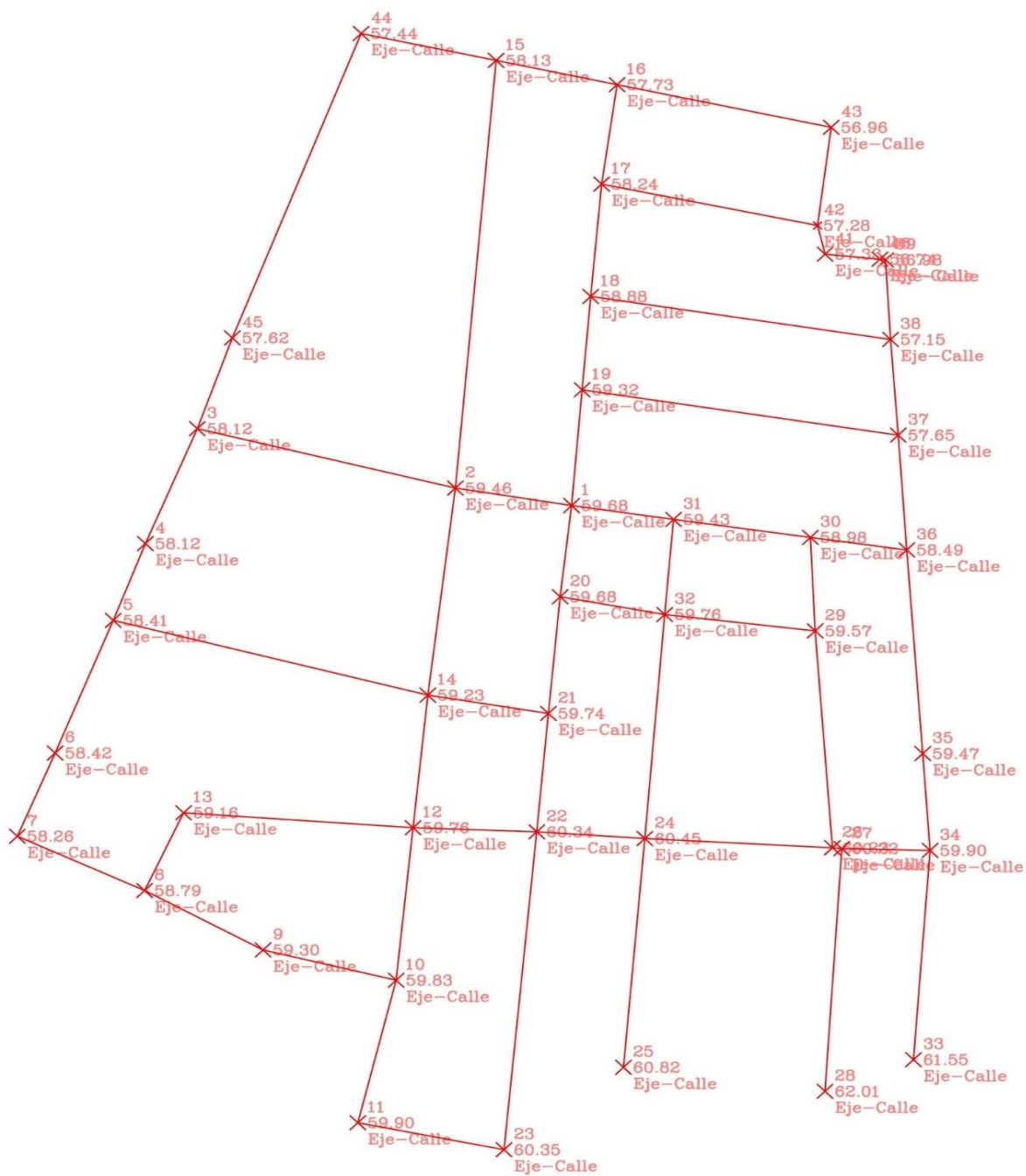
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL SECTOR LA ALTA GRACIA
DEL MUNICIPIO DE FANTINO.

DISEÑO PROPUESTO, VISTA EN PLANTA

No. PLANO

01

Figura 18. Plano de elevación del sector La Altagracia



CAPÍTULO V

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

5.1 Introducción

En este capítulo, se exponen los resultados de la investigación, los cuales han sido analizados y respaldados por el marco teórico previamente establecido. Los hallazgos se han organizado siguiendo las variables definidas, y se han extraído conclusiones y recomendaciones fundamentales.

5.2 Beneficios para la gente, el medio ambiente y las economías

Después de analizar nuestro segundo objetivo específico los beneficios para el sector de La Altagracia en el ámbito de sus moradores, medio ambiente y para el desarrollo de su economía, esta discusión se centra en resaltar los beneficios que derivan de la implementación de tratamientos de aguas residuales en este sector, destacando cómo estas acciones pueden mejorar la calidad de vida de la población, proteger el medio ambiente y estimular el desarrollo económico local.

5.2.1 Beneficios para la gente

La implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales en La Altagracia reduce significativamente el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua. Esto incluye afecciones como diarrea, cólera y enfermedades gastrointestinales, que son comunes en áreas donde el agua contaminada está en contacto directo con la población.

Mejora de la calidad de vida

La disponibilidad de agua limpia y segura para uso doméstico y personal eleva la calidad de vida de la población. Las personas pueden disfrutar de un suministro de agua confiable que no solo es esencial para la higiene y el consumo, sino también para actividades cotidianas como el lavado de ropa y utensilios de cocina.

5.2.2 Beneficios para el medio ambiente

Conservación de los ecosistemas acuáticos:

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales reducen la descarga de contaminantes peligrosos en ríos, arroyos y cuerpos de agua locales. Esto protege la flora y fauna acuática, preserva los hábitats y contribuye a la conservación de la biodiversidad en la región. Además, ayuda a prevenir la eutrofización, un fenómeno que puede causar la proliferación de algas nocivas y la disminución de la calidad del agua.

5.2.3 Beneficios económicos

El tratamiento y la reutilización de aguas residuales tratadas en la agricultura pueden aumentar la disponibilidad de agua para los agricultores locales. Esto beneficia directamente a los agricultores y fortalece la seguridad alimentaria en la región, ya que se puede mantener una producción agrícola más estable y confiable.

5.3 Diseño de recolección y transporte de las Aguas Residuales.

Utilizamos un trazado bayoneta ya que el diseño de bayoneta proporciona una mayor resistencia y durabilidad en comparación con otro sistema también este permite una mayor flexibilidad en el diseño de la red de alcantarillado, lo que facilita la adaptación a diferentes topografías y necesidades específicas de cada área tomando en cuenta nuestra topografía del terreno este sistema resulto ser el más adecuado.

La unidad de tratamiento que servirá para tratar las aguas residuales del sector La Altagracia será una PTAR Rotoplas lo cual contará con un espacio 170 m² como lo indica en sus especificaciones, las plantas de tratamiento de aguas residuales Rotoplas resultan muy convenientes gracias a que se pueden poner en marcha rápidamente y se pueden instalar fácilmente, el caudal medio que llevará esta planta será de 4.04 lt/seg (ver Anexo No.2).

5.4 Conclusión

De acuerdo a los análisis de los resultados obtenidos, se destacan las siguientes conclusiones:

Se ha propuesto un sistema de tratamiento de aguas residuales en el sector La Altagracia del municipio de Fantino.

Se recomendó un sistema para tratar las aguas residuales del sector La Altagracia del municipio de Fantino.

Se definieron los beneficios que aportaría un sistema de recolección y transporte de las Aguas residuales en el sector La Altagracia del municipio de Fantino.

Se seleccionó un diseño de sistema de recolección y tratamiento más funcional para el sector La Altagracia, de acuerdo a sus características demográficas, topográficas, geológicas e hidrogeológicas.

Después de haber analizado la situación del sector la Altagracia llegamos a la conclusión de proponer un sistema para tratar las aguas residuales con tanques prefabricados de la marca ROTOPLAS.

Resultan muy convenientes gracias a que se pueden poner en marcha rápidamente y se pueden instalar fácilmente. Son modulares, lo que ayuda a que se pueda tener un crecimiento o expansión por etapas, ya que se puede armar tan grande como se requiera al sumar diferentes piezas. Son muy sencillas de manejar por lo que no se requiere tener un equipo de personal especializado para su operación. El sistema cuenta con una ficha técnica en donde se explica cada parte y viene con un manual para su fácil instalación.

5.5 Recomendaciones

A los moradores del sector La Altagracia

Es importante concienciar a los moradores sobre la importancia de no arrojar residuos sólidos, aceites o productos químicos al sistema de alcantarillado. Estos desechos pueden causar obstrucciones y daños al sistema de tratamiento, afectando su rendimiento y durabilidad.

Participar en programas de educación ambiental ayudará a los moradores a comprender la importancia del sistema de tratamiento de aguas residuales y su impacto positivo en el medioambiente y la salud pública. Esto fomentará una mayor conciencia y compromiso con la preservación del agua y el medioambiente.

A la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO):

Invitar a expertos sobre el tema de las aguas residuales a dar charla a los estudiantes de ingeniería.

Implementar programas educativos y de concientización para la comunidad La Altagracia sobre la importancia del tratamiento de aguas residuales y la reducción de la contaminación.

Crear un laboratorio donde los estudiantes puedan analizar las aguas residuales y puedan observar todas sus características.

Al Instituto Nacional de Aguas Potables y Alcantarillados (INAPA):

Identificar los problemas específicos relacionados con el tratamiento de aguas residuales en el Sector La Altagracia, como la falta de sistemas de alcantarillado y una planta de tratamiento de aguas residuales.

Diseñar soluciones de tratamiento de aguas residuales adaptadas a las necesidades específicas del área, teniendo en cuenta la capacidad financiera y técnica del INAPA.

Referencias

- AMBIENTAL, F. (14 de 04 de 2017). *Aguas residuales, un problema mundial que aumenta la brecha entre ricos y pobres*. Obtenido de FORO AMBIENTAL: <https://www.foroambiental.net/archivo/noticias-ambientales/recursosnaturales/2099-aguas-residuales-un-problema-mundial-que-tambien-aumenta-labrecha-entre-ricos-y-pobres#:~:text=Seg%C3%BAn%20el%20informe%20publicado%20por,recibido%20ning%C3%BAn%20tratamien>
- Aquino, K. D., & Palomino, B. J. (2022). *Propuesta de Mejoramiento Integral Para el Tratamiento y Uso de Aguas Residuales para Reducir la Contaminación Proveniente de Ptar “el pedregal”, Chinchá [tesis de Ingeniero Civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]*. Repositorio Institucional . Obtenido de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/659152/Aquino_LK.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Ayuntamiento de Fantino . (2023). *Historia de Fantino*. Obtenido de Ayuntamiento de Fantino : <https://ayuntamientofantino.gob.do/historia/>
- BANCO MUNDIAL . (19 de marzo de 2020). *El agua residual puede generar beneficios para la gente, el medioambiente y las economías, según el Banco Mundial*. Obtenido de BANCO MUNDIAL : <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2020/03/19/wastewater-a-resource-that-can-pay-dividends-for-people-the-environment-and-economies-says-world-bank#:~:text=%E2%80%9CUna%20vez%20tratadas%2C%20las%20aguas,puede n%20generar%20energ%C3%ADa%20y%20>
- Benítez, L. (2023). *Caudales de diseño*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/document/396936156/366420437-Caudales-de-Diseno#>

Comisión Nacional del Agua. (s.f.). Obtenido de Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.: <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro20.pdf>

CORDERO, M. D., & ULLAURI, P. N. (2011). “*FILTROS CASEROS, UTILIZANDO FERROCEMENTO, DISEÑO PARA 10 FAMILIAS*. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/747/1/ti874.pdf>

definicion.de. (21 de junio de 2021). *Agua*. Obtenido de definicion.de: <https://definicion.de/agua/>

Díaz, E. J. (2018). *Humedales Artificiales como Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]*. Repositorio de Facultad de Ingeniería. Obtenido de <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/15627>

Díaz, S. A., & Díaz, W. Y. (2019). *Alternativa para Tratamiento de Aguas Residuales de Origen Domésticos con fines de Aprovechamiento en el sector Amor y Paz de Villa La Mata, [Tesis de Licenciatura, Universidad Tecnológica del Cibao Oriental]*. Biblioteca Rogelio Delgado Bogaert.

DOMÍNGUEZ, V. D. (2022). *Evaluación Del Desempeño Operacional De Humedales Construidos Para El Tratamiento De Aguas Residuales Domésticas. [Tesis de Ingeniero Civil, Universidad de Chile]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/191823/Evaluacion-del-desempeno-operacional-de-humedales-construidos-para-el-tratamiento-de-aguas-residuales-domesticas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Dorado, S. A. (23 de mayo de 2023). *Historia de Fantino* . Obtenido de Enciclonet3.0: <https://www.enciclonet.com/articulo/fantino/#2>

ESPINOSA, O. C. (2014). *FACTIBILIDAD DEL DISEÑO DE UN HUMEDAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL [MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL , ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA - JULIO GARAVITO]*. Repositorio institucional. Obtenido de

<https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/114/Espinosa%20Ortiz,%20Camilo%20Eduardo%20-%202014.pdf;jsessionid=71A6F02744DBC5A52A0D85D64847E9A9?sequence=1>

Guevara, A. A., & Rojas, S. M. (2021). *Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en el Sector Ensanche Ozama, Municipio Santo Domingo Este, Provincia Santo Domingo, [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Dominicana Pedro Henríquez Ureña]*. Repositorio Institucional RI-UNPHU. Obtenido de <https://repositorio.unphu.edu.do/handle/123456789/4068>

Hernández, R. S. (2014). *Libro Metodología de la investigación*. (6, Ed.) McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Manotupa, L. F., & Muriel, J. G. (2018). *Propuesta elaboración de una guía para el proceso de diseño en proyectos de plantas de tratamientos de aguas residuales en el Perú [tesis de Ingeniero Civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]*. Repositorio Institucional. Obtenido de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/623193/Manotupa_dl.pdf?sequence=5&isAllowed=y

metcalf, E. y. (2013). *Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización*.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales . (2012). *Norma Ambiental de Calidad de Aguas Superficiales y Costeras*. Obtenido de <https://ambiente.gob.do/files/Norma-Ambiental-de-Calidad-de-Aguas-Superficiales-y-Zonas-Costeras.pdf>

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales . (2012). *Norma Ambiental de Calidad de Aguas Superficiales y Costeras* .

ONE. (2010). *Tu municipio en cifras*. Obtenido de Oficina Nacional de Estadística (ONE): <https://www.one.gob.do/publicaciones/2021/tu-municipio-en-cifras-sanchez-ramirez-fantino-2021/?altTemplate=publicacionOnline>

- Pérez Porto, J., & Gardey, A. (3 de febrero de 2020). *hidrogeologia*. Obtenido de definicion.de: <https://definicion.de/hidrogeologia/>
- PÉREZ, E. L. (2019). *Selección de plantas acuáticas para establecer humedales en el estado de Durango*[Tesis de Doctorado ,CENTRO DE INVESTIGACION DE MATERIALES AVANZADOS, S.C.]. Obtenido de <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/598/1/Tesis%20Ma.%20Elena%20P%C3%A9rez%20L%C3%B3pez.pdf>
- Pérez, J. (10 de septiembre de 2008). *POBLACIÓN*. Obtenido de definicion.de: <https://definicion.de/>
- Pérez, J., & Merino, M. (1 de julio de 2008). *Población*. Obtenido de definicion.de: <https://definicion.de/poblacion/>
- Pérez, J., & Merino, M. (24 de febrero de 2017). *Curva de nivel* . Obtenido de definicion.de: <https://definicion.de/curva-de-nivel/>
- Pérez, J., & Merino, M. (24 de Febrero de 2017b). *Curva de nivel*. Obtenido de Definicion.de: <https://definicion.de/curva-de-nivel/>
- Programa de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario en Pequeñas y Medianas Ciudades . (2008). *compendio informativo sobre enfermedades hidricas*.
- Reinoso, P. P., & Fernández, F. T. (2018). *Propuesta para un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales en la Ciudad de Santo Domingo: Caso Cañada Benavides*, [Tesis de Postgrado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña]. Repositorio Institucional RI-UNPHU. Obtenido de <https://repositorio.unphu.edu.do/bitstream/handle/123456789/616/Propuesta%20para%20un%20sistema%20de%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales%20en%20la%20ciudad%20de%20Santo%20Domingo%2c%20caso%20Can%cc%83ada%20Benavides.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez, H. P. (13 de marzo de 2017). *Las aguas residuales y sus efectos contaminantes*. Obtenido de iagua: <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>

SAPAM. (s.f.). *Plantas de tratamiento de agua ¿convencionales o alternativas?* Obtenido de SAPAM: <http://sapam.gob.mx/site/plantas-de-tratamiento-de-agua-convencionales-o-alternativas/>

SAPAM. (s.f.). *Plantas de tratamiento de agua convencionales o alternativas*. Obtenido de SAPAM. recuperado 13 de mayo 2023: <http://sapam.gob.mx/site/plantas-de-tratamiento-de-agua-convencionales-o-alternativas/>

Secretaría De Estado De Medio Ambiente Y Recursos Naturales. (2001). *Normas sobre las Aguas Residuales*.

Servicio Geológico Mexicano. (05 de mayo de 2023). *Geología*. Obtenido de Servicio Geológico Mexicano: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/157537/Que-es-la-Geologia.pdf>

SGN. (2010). *MAPA GEOLOGICO DE FANTINO*. Obtenido de https://sgn.gob.do/images/docs/repo/memogeo50/MemoG_6173_III_Fantino.pdf

Significados. (2023). *Ubicación*. Obtenido de Significados: <https://www.significados.com/ubicacion/#:~:text=Qu%C3%A9%20es%20Ubicaci%C3%B3n%3A,efecto%20de%20ubicar%20o%20ubicarse.>

TOLEDO, S. S. (2018). *Propuesta De Diseño De Una Planta De Tratamiento De Aguas Residuales En El Distrito De Independencia, Huaraz 2018[Tesis de Ingeniero Civil, Universidad Cesar vallejo]*. Repositorio Institucional. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/26319/Toledo_SSB-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXOS

Anexo No.1 Normal Ambiental de Calidad de aguas Superficiales y Costeras



**NORMA AMBIENTAL SOBRE CONTROL DE DESCARGAS
A AGUAS SUPERFICIALES, ALCANTARILLADO
SANITARIO Y AGUAS COSTERAS.**

Septiembre, 2012
Santo Domingo, República Dominicana

B.A.R.G

Anexo No.2 Cuestionario aplicado a los moradores del sector la Altagracia

República Dominicana

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CIBAO ORIENTAL

Facultad de Ciencias y Humanidades



Cuestionario para ser aplicado a los comunitarios del sector La Altagracia en el municipio de Fantino

Responda según considere

1. ¿Cuenta el sector la Altagracia con un diseño de recolección y transporte de las aguas residuales?

- a) Si
- b) No

2. ¿Dispone el sector la Altagracia con un Plan de gestión para el aprovechamiento de las aguas residuales domesticas?

- a) Si
- b) No

3. ¿Existe un sistema de tratamiento de aguas residuales en el sector La Altagracia de Fantino?

- a) Si
- b) No
- c) No estoy seguro/a

4. ¿Considera que el tratamiento de aguas residuales es importante para preservar el medio ambiente y la salud pública en el sector La Altagracia de Fantino?

- a) Sí
- b) No

c) No estoy seguro/a

5. ¿Cree que se debería promover una mayor educación y conciencia ambiental en la comunidad sobre el tratamiento de aguas residuales en el sector La Altagracia de Fantino?

a) Sí, es necesario promover la educación y conciencia ambiental

b) No, no es necesario

c) No estoy seguro/a

Anexo No. 3 Cálculos hidráulicos de sistema de recolección y transporte

Cálculos hidráulicos de sistema de recolección y transporte

Datos:

Dotación = 250 lt/hab/día

Población = 1745 hab

Tuberías:

Atarjeas = 4,188.23 m

Colector = 228.23 m

$$\Sigma \text{ Atarjeas} + \text{colector} = 4,188.23 \text{ m} + 228.23 \text{ m} = 4,416.46 \text{ m}$$

$$\text{Densidad lineal} = \frac{P}{\text{TOTAL DE LINEAS}} = \frac{1745}{4,416.46} \quad 0.40 \text{ hab/m}$$

Población servida acumulada para cada tramo

$$\text{PSA} = \text{DI} * \text{At}$$

$$\text{A-B} \rightarrow \text{PSA} = 0.40 \times 1,094.33 = 437.73 \text{ hab}$$

$$\text{B-C} \rightarrow \text{PSA} = 0.40 \times 822.65 = 329.06 \text{ hab}$$

$$\text{C-FINAL} \rightarrow \text{PSA} = 0.40 \times 2,489.49 = 995.79 \text{ hab}$$

Cálculos generales		
Población	1745	Hab
Dotación	250	lt/hab/día
	Formula	Resultado
Aportación	$A_p = 0.80 \cdot \text{Dot}$	$0.80 \cdot 250 = 200 \text{ lt/hab/día}$
Caudal medio	$Q_{\text{Med}} = \frac{A_p \cdot P}{86,400}$	$\frac{200 \cdot 1745}{86,400} = 4.04 \text{ lt/seg}$
Caudal mínimo	$Q_{\text{Min}} = 0.5 \cdot Q_{\text{Med}}$	$0.5 \cdot 4.04 = 2.02 \text{ lt/seg}$
Caudal máximo instantáneo	$Q_{\text{M.inst}} = M \cdot Q_{\text{Med}}$	$1.31 \cdot 4.04 = 5.27 \text{ lt/seg}$ $M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{1745}} = 1.31$
Caudal máximo extraordinario	$Q_{\text{M.ext}} = C_S \cdot Q_{\text{M.inst}}$	$= 1.5 \cdot 5.27 = 7.91 \text{ lt/seg}$
Pendiente	$S = \frac{C_i - C_f}{L}$	$\frac{57.44 - 56.96}{218.24} = 0.0022$
Diámetro	$\left(\frac{3.59 \cdot Q_{\text{M.inst}}}{C_h \cdot S^{0.54}} \right)^{0.381}$ $D =$ $h = 150$	$\frac{(3.59 \cdot 0.00527)^{0.381}}{150 \cdot (0.0022)^{0.54}}$ $= 0.115 \cdot 100 = 11.51 \text{ cm} = 4.5 \text{ pulg}$

Velocidad (M/S)	$V = 0.85 * Ch * Rh^{0.63} * S^{0.54}$ $Rh = \frac{D}{4}$	$0.85 * 150 * 0.03^{0.63} * 0.0022^{0.54}$ $= 0.5 \text{ m/s}$ $RH = 0.115/4 = 0.03$
Caudal (M³/S)	$Q = A * V \text{ (M³/S)}$ $0.85 * A * Ch * Rh^{0.63} * S^{0.54}$ $A = \pi * r^2 =$ $R = \frac{D}{2} =$	$0.85 * 0.0104 * 150 * 0.03^{0.63} * 0.0022^{0.54}$ $= 0.0052 \text{ m}^3/\text{s}$ $A = \pi * 0.058^2 = 0.0104$ $R = 0.115/2 = 0.058$
	$A = \pi * r^2 =$ $\frac{D}{2} =$ $R = \frac{D}{2}$	$A = \pi * 0.058^2 = 0.0104$ $R = 0.115/2 = 0.058$
	Calculo tramo A-B	
Población	437.73	Hab
Dotación	250	lt/hab/dia
	Formula	Resultado
Aportación	$Ap = 0.80 * Dot$	$0.80 * 250 = 200 \text{ lt/hab/dia}$
Caudal medio	$Q_{Med} = \frac{Ap * P}{86,400}$	$\frac{200 * 437.73}{86,400} = 1.01 \text{ lt/seg}$
Caudal mínimo	$Q_{Min} = 0.5 * Q_{Med}$	$= 0.5 * 1.01 = 0.51 \text{ lt/seg}$

Caudal máximo instantáneo	$QM_{inst} = M * Q_{Med}$	$1.56 * 1.01 = 1.58 \text{ lt/seg}$ $M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{437.73}} = 1.56$
Caudal máximo extraordinario	$QM_{ext} = CS * QM_{inst}$	$= 1.5 * 1.58 = 2.37 \text{ lt/seg}$
Pendiente	$S = \frac{C_i - C_f}{L}$	$\frac{57.44 - 58.13}{62.68} = 0.011$
Diámetro	$\left(\frac{3.59 * QM_{inst}}{C_h * S^{0.54}} \right)^{0.381}$ $D =$	$\frac{(3.59 * 0.00158)^{0.381}}{150 * (0.011)^{0.54}} = 0.052 \text{ m}$ $0.052 \text{ m} * 100 = 5.2 \text{ cm} = 2.05 \text{ pulg}$
Velocidad (M/S)	$V = 0.85 * C_h$ $* R_h^{0.63} * S^{0.54}$ $R_h = \frac{D}{4}$	$0.85 * 150 * 0.01^{0.63} * 0.011^{0.54}$ $= 0.61 \text{ m/s}$ $R_h = 0.052 / 4 = 0.01 \text{ m}$
Caudal (M3/S)	$Q = A * V \text{ (M3/S)}$ $A = \pi * r^2 =$ $\frac{D}{2} =$	$Q = 0.0021 * 0.61 = 0.0013 \text{ M3/S}$ $A = \pi * 0.03^2 = 0.0021$ $R = 0.052 / 2 = 0.03$

Calculo tramo B-C		
Población	329.06	Hab
Dotación	250	lt/hab/dia
	Formula	Resultado
Aportación	$A_p = 0.80 \cdot \text{Dot}$	$0.80 \cdot 250 = 200 \text{ lt/hab/dia}$
Caudal medio	$Q_{\text{Med}} = \frac{A_p \cdot P}{86\,400}$	$\frac{200 \cdot 329.06}{86,400} = 0.76 \text{ lt/seg}$
Caudal mínimo	$Q_{\text{Min}} = 0.5 \cdot Q_{\text{Med}}$	$= 0.5 \cdot 0.76 = 0.38 \text{ lt/seg}$
Caudal máximo instantáneo	$Q_{\text{M.inst}} = M \cdot Q_{\text{Med}}$	$1.63 \cdot 0.76 = 1.24 \text{ lt/seg}$ $M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{329.06}} = 1.63$
Caudal máximo extraordinario	$Q_{\text{M.ext}} = C_S \cdot Q_{\text{M.inst}}$	$= 1.5 \cdot 1.24 = 1.87 \text{ lt/seg}$
Pendiente	$S = \frac{C_i - C_f}{L}$	$\frac{58.13 - 57.73}{56.18} = 0.007$
Diámetro	$D = \left(\frac{3.59 \cdot Q_{\text{M.inst}}}{C_h \cdot S^{0.54}} \right)^{0.381}$	$\frac{(3.59 \cdot 0.00124)^{0.381}}{150 \cdot (0.007)^{0.54}} = 0.052 \text{ m}$ $0.052 \text{ m} \cdot 100 = 5.2 \text{ cm} = 2.05 \text{ pulg}$
	$V = 0.85 \cdot C_h \cdot R_h^{0.63} \cdot S^{0.54}$	$0.85 \cdot 150 \cdot 0.013^{0.63} \cdot 0.007^{0.54} = 0.57 \text{ m/s}$

--	--	--

Velocidad (M/S)	$Rh = \frac{D}{4}$	$Rh = \frac{0.052}{4} = 0.013$
Caudal (M3/S)	$Q = A * V \text{ (M3/S)}$ $A = \pi * r^2 =$ $\frac{D}{R} =$	$Q = 0.0021 * 0.57 = 0.0012 \text{ M3/S}$ $A = \pi * 0.03^2 = 0.0021$ $R = 0.052 / 2 = 0.03$
Calculo tramo C-FINAL		
Población	995.79	Hab
Dotación	250	lt/hab/dia
	Formula	Resultado
Aportación	$Ap = 0.80 * Dot$	$0.80 * 250 = 200 \text{ lt/hab/dia}$
Caudal medio	$Q_{Med} = \frac{Ap * P}{86\,400}$	$\frac{200 * 995.79}{86,400} = 2.31 \text{ lt/seg}$
Caudal mínimo	$Q_{Min} = 0.5 * Q_{Med}$	$= 0.5 * 2.31 = 1.15 \text{ lt/seg}$
Caudal máximo instantáneo	$Q_{M.inst} = M * Q_{Med}$	$2.31 * 1.39 = 3.21 \text{ lt/seg}$ $M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{329.06}} = 1.39$

Caudal máximo extraordinario	$QM_{ext} = CS * QM_{inst}$	$= 1.5 * 3.21 = 4.82 \text{ lt/seg}$
Pendiente	$S = \frac{Ci - Cf}{L}$	$\frac{57.73 - 56.96}{99.38} = 0.008$
Diámetro	$\left(\frac{3.59 * QM_{inst}}{Ch * S^{0.54}} \right)^{0.381}$ $D =$	$\frac{(3.59 * 0.00321)^{0.381}}{150 * (0.008)^{0.54}} = 0.073 \text{ m}$ $7.3 \text{ cm} = 2.87 \text{ pulg}$

Velocidad (M/S)	$V = 0.85 * Ch * Rh^{0.63} * S^{0.54}$ D $Rh = \frac{D}{4}$	$0.85 * 150 * 0.018^{0.63} * 0.008^{0.54}$ $= 0.75 \text{ m/s}$ $Rh = 0.073 / 4 = 0.018 \text{ m}$
Caudal (M³/S)	$Q = A * V \text{ (M}^3\text{/S)}$ $0.85 * A * Ch * Rh^{0.63} * S^{0.54}$ $A = \pi * r^2 =$ $\frac{D}{R} =$	$Q = 0.056 * 0.75 = 0.042 \text{ M}^3\text{/S}$ $A = \pi * 0.036 = 0.056$ $R = 0.072 / 2 = 0.036$

Anexo No. 4 Coeficiente de rugosidad

Coeficiente de rugosidad (C_h) H-W

Tipo de tubo	C_h	
	Promedio para tuberías nuevas y limpias	Valor de diseño
Acero, hierro dúctil o fundido con aplicación centrifuga de cemento o revestimiento bituminoso	150	140
Plástico, cobre, latón, vidrio	140	130
Acero, hierro fundido, sin recubrimiento	130	100
Concreto	120	100
Acero corrugado	60	60

Fuente: Mecánica de Fluidos. Mott. 6ta Edición (2006). Pag. 244

Fórmulas de Hazen Williams

Unidades tradicionales de Estados Unidos	Unidades del SI
$v = 1.32 C_h R^{0.63} s^{0.54}$	$v = 0.85 C_h R^{0.63} s^{0.54}$
$Q = 1.32 A C_h R^{0.63} s^{0.54}$	$Q = 0.85 A C_h R^{0.63} s^{0.54}$
$h_L = L \left[\frac{Q}{1.32 A C_h R^{0.63}} \right]^{1.852}$	$h_L = L \left[\frac{Q}{0.85 A C_h R^{0.63}} \right]^{1.852}$
$D = \left[\frac{2.31 Q}{C_h s^{0.54}} \right]^{0.380}$	$D = \left[\frac{3.59 Q}{C_h s^{0.54}} \right]^{0.380}$
Nota: las unidades deben ser consistentes:	
v en pies/s	v en m/s
Q en pies ³ /s	Q en m ³ /s
A en pies ²	A en m ²
h_L , L , R y D en pies	h_L , L , R y D en m
s en pies/pies (adimensional)	s en m/m (adimensional)

Fuente: Mecánica de Fluidos. Mott. 6ta Edición (2006). Pag. 245