

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
VICERRECTORIA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE AUDITORÍA Y GESTIÓN
DE PROCESOS**

**ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES PARA MEJORAR LA GESTIÓN Y
PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE EN ZONAS URBANAS DE
PANAMÁ OESTE, DISTRITO DE LA CHORRERA, 2022**

ARNULFO ALONSO CABALLERO

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRÍA
EN INGENIERÍA DE AUDITORÍA Y GESTIÓN DE PROCESOS**

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ, 2023

DEDICATORIA

A DIOS todopoderoso, por darme la sabiduría e inteligencia, así como la fortaleza para poder continuar aun cuando sentía desfallecer porque sin mi Dios no lo hubiera podido alcanzar, toda la Gloria y Honra es de JEHOVÁ por siempre.

A mis padres, quienes han sido faros en mi travesía académica, guiándome con su amor incondicional y sus sabios consejos. A cada sacrificio que realizaron para allanar mi camino hacia el conocimiento, les dedico los frutos de este logro.

A mis profesores, cuyas enseñanzas han sido la savia nutricia de mi desarrollo intelectual. Gracias por impartir no solo conocimientos, sino también por encender la chispa de la curiosidad y la pasión por aprender.

A mis amigos y seres queridos, pilares fundamentales en los altibajos de esta travesía. Agradezco la paciencia, el aliento y la comprensión que siempre me brindaron.

A cada desafío y obstáculo superado, porque fueron lecciones que esculpieron mi perseverancia y me recordaron que cada desafío es una oportunidad de crecimiento.

A esta tesis, producto del esfuerzo, dedicación y aprendizaje. Es el reflejo de un viaje que no solo fue académico, sino también una travesía personal de descubrimientos y superación.

Esta obra es un tributo a quienes han contribuido a mi crecimiento, formando parte de esta narrativa que celebra el valor del conocimiento y la importancia de los lazos humanos.

Que estas palabras sirvan como testimonio de gratitud y como eco de un viaje que, aunque individual, ha sido enriquecido por la presencia y la influencia de muchos.

Arnulfo Alonso Caballero

AGRADECIMIENTO

En el culmen de este camino académico, no puedo pasar por alto expresar mi profundo agradecimiento a quienes han sido arquitectos de este logro:

A Dios por su bendición, fidelidad y amor incondicional en todo tiempo para poder culminar una meta trazada en mi preparación académica.

A mi director de tesis, Dr Jorge Martinez, por su orientación certera, apoyo incansable y sabios consejos que guiaron cada paso de esta investigación. Su experiencia y compromiso fueron fundamentales para dar forma y sustancia a este trabajo.

A los profesores que, con paciencia y dedicación, compartieron su conocimiento y dejaron una huella imborrable en mi formación académica. Sus lecciones trascienden las aulas y se reflejan en cada línea de este estudio.

A mis padres, cuyo sacrificio y apoyo incondicional han sido el motor que impulsó este viaje. Gracias por creer en mí, incluso cuando las metas parecían inalcanzables. Este logro es, en gran parte, su legado.

A mis amigos y seres queridos, quienes han compartido risas, alegrías y comprensión en cada etapa de esta travesía. Su aliento fue un bálsamo en los momentos difíciles y una celebración en los triunfos.

A cada entrevistado, participante y colaborador que contribuyó con su tiempo y conocimientos para enriquecer esta investigación. Su generosidad y disposición fueron esenciales para la construcción de este trabajo.

Este proyecto no solo es un esfuerzo individual, sino un tributo a una comunidad de mentes brillantes y corazones generosos. A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento por ser parte integral de esta travesía académica y personal.

Arnulfo Alonso Caballero

ÍNDICE GENERAL

	PÁGINA
ÍNDICE GENERAL	5
ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS	8
Resumen	9
Summary	10
CAPÍTULO I	14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
1.1. Planteamiento del Problema	15
1.2. Descripción de la realidad problemática	15
1.2.1. Condición actual de las estructuras de tratamiento	16
1.3. Justificación de la investigación	17
1.4. Formulación del problema	19
1.5. Objetivos de la investigación	20
1.5.1. 1.3.1 Objetivo general	20
1.5.2. 1.3.2 Objetivos específicos	21
1.6. Limitantes de la Investigación	21
1.7. Hipótesis o Preguntas de Investigación	22
1.7.1. Hipótesis general	22
1.7.2. Hipótesis específicas	22
CAPÍTULO II	23
MARCO TEÓRICO	23
2.1. Antecedentes	24
2.1.2. Antecedentes Nacionales	30
2.2. Marco teórico conceptual	33
2.2.1. Aguas residuales	33
2.2.2. Tipos de aguas residuales	34
2.2.3. Aspectos Generales del Tratamiento de aguas Residuales	35
2.2.4. Conocimiento de las características de los tipos de residuos	36
2.2.5. Clasificación de los residuos	36
Tabla 1. Valores típicos para los residuos sólidos y la DBO5 del agua residual doméstica	37
2.2.6. Tecnologías para el Tratamientos de Aguas Residuales	37

Figura 1. Clasificación de tipos de procesos de tratamientos de aguas residuales, y sus diferentes combinaciones.....	38
2.2.7. Estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) o por sus siglas en Latinoamérica, planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR).....	38
2.2.8. Procesos aerobios	40
2.2.9. Procesos anaeróbicos	41
2.2.10. Clasificación de reactores según la generación	42
Tabla 2. Clasificación de los sistemas de tratamiento anaeróbicos.....	42
2.2.11. Tratamientos mixtos: Sistema natural construido tipo “WETLAND”	43
2.2.13. Biofiltro para el control de olores	43
2.2.14. Nuevas estructuras para tratamiento de aguas residuales y el cambio climático .	43
2.2.15. Las nuevas tecnologías para el tratamiento de aguas residuales según World Water Development Report (2017), citado por (Alma Water Solutions, 2017)	45
2.2.16. Situación del saneamiento y las aguas residuales a nivel nacional	47
2.2.17. Panama Oeste	49
2.2.18. análisis FODA Del Sistema De Tratamiento De Aguas En El Distrito De La Chorrera	50
Tabla 3. Comentarios del Análisis FODA y oportunidades identificadas.	50
Tabla 4. Análisis FODA.....	53
2.2.19. Características De Las Infraestructuras De Tratamiento	54
2.2.19.1. Planta de Infraestructura y sus Características Generales.....	54
2.2.19.2. Procesos de tratamiento y capacidad Instalada	55
2.2.19.3. Contenido De La Planta.....	55
2.2.20. Área de influencia	56
2.2.21. Planta así listar las infraestructuras existentes del sistema de aguas residuales. .	56
2.2.22. opciones de Tratamiento de Aguas Ecoamigables	57
2.2.22.1. Tratamiento y reutilización de aguas residuales mediante humedales: Alternativa ecológica para poblaciones con problemas de abastecimiento.	57
2.2.22.2. Humedales artificiales.....	58
2.3. Hipótesis.....	60
2.3.1. Hipótesis.....	61
2.3.1.1. Hipótesis General	61
2.3.1.2. Hipótesis Especificas	61

Tabla 5. Operacionalización de la variable.....	57
CAPÍTULO III	58
DISEÑO O METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	58
3.1. Tipo y Diseño de la Investigación.....	59
3.2. Población y Muestra	59
3.3. Muestra.....	59
3.4. Técnica	61
3.5. Instrumento	62
3.6. Análisis y Procesamiento de Datos	62
3.6.1. Análisis de datos:	62
3.6.2. Procesamiento de datos:	63
CAPÍTULO IV	64
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	64
4.1. Resultados descriptivos	65
4.1.1. Situación actual	65
4.1.2. Descripción del servicio interno de mantenimiento.....	65
4.1.3. Indicadores del mantenimiento.....	66
4.1.4. Indicadores de la productividad.....	66
4.2. Resultados inferenciales	66
4.2.1. Pruebas de normalidad	66
4.3. Discusión de Resultados.....	68
4.3.1. Contrastación de las hipótesis	68
4.3.2. Contrastación de los resultados con estudios similares	69
CONCLUSIONES	58
RECOMENDACIONES.....	60
Referencias Bibliográficas	62
ANEXOS	71
Marco Legal – Agua y Alcantarillado Sanitario	72
Leyes Sectoriales	72
• Agua Potable:.....	72
• Agua Servidas o Residuales:.....	73

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Tabla 1. Valores típicos para los residuos sólidos y la DBO5 del agua residual doméstica	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2. Clasificación de los sistemas de tratamiento anaeróbicos	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 3. Comentarios del Análisis FODA y oportunidades identificadas.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 4. Análisis FODA.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 5. Operacionalización de la variable	57
Tabla 6. Calidad del Agua E-A	58
Figura 1. Clasificación de tipos de procesos de tratamientos de aguas residuales, y sus diferentes combinaciones.	¡Error! Marcador no definido.

Resumen

En el análisis descriptivo del año 2022 en Panamá Oeste, Distrito de La Chorrera, se realizó una investigación exhaustiva para analizar los sistemas de tratamiento de aguas residuales. Se evaluaron aspectos clave como la infraestructura, capacidad, funcionamiento, mantenimiento, monitoreo y cumplimiento de normas ambientales. El objetivo de la investigación es Analizar los Sistemas de Tratamientos de Aguas Residuales para Mejorar la Gestión y Protección del medio Ambiente en las Zonas Urbanas de Panamá Oeste, Distrito de la Chorrera, 2022. La evaluación se enfocó en las plantas de tratamiento y los procesos para eliminar contaminantes y cumplir con los estándares de calidad establecidos. Se analizó la capacidad de tratamiento en relación con la carga de aguas residuales de la región, considerando la eficiencia energética y los costos asociados. **La metodología** de la Investigación es cuantitativa y analítico, se utilizó herramientas estadísticas y técnicas de análisis de datos para obtener resultados precisos y confiables. **El resultado fue** que aproximadamente el 60% de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las zonas urbanas de Panamá Oeste presentan deficiencias en términos de capacidad de tratamiento y cumplimiento de normativas ambientales. Estos resultados indican la necesidad urgente de mejorar y fortalecer los sistemas existentes para garantizar una gestión adecuada de las aguas residuales y proteger el medio ambiente en el Distrito de La Chorrera. **En conclusión**, los resultados obtenidos brindaran información detallada sobre el estado de los sistemas, identificando fortalezas, debilidades y proponiendo estrategias de mejora. Esto permitirá el diseño de políticas públicas efectivas para asegurar un manejo adecuado de las aguas residuales, proteger la salud pública y preservar el medio ambiente.

Palabras clave: Aguas residuales, tratamiento de agua, calidad ambiental, calidad de agua.

Summary

In the descriptive analysis of the year 2022 in Panama Oeste, District of La Chorrera, an exhaustive investigation was carried out to analyze the wastewater treatment systems. Key aspects such as infrastructure, capacity, operation, maintenance, monitoring, and compliance with environmental regulations were evaluated. The objective of the research is to Analyze the Wastewater Treatment Systems to Improve the Management and Protection of the Environment in the Urban Areas of West Panama, District of La Chorrera, 2022. The evaluation focused on the treatment plants and the processes to eliminate contaminants and comply with the established quality standards. Treatment capacity was analyzed about the region's wastewater load, considering energy efficiency and associated costs. The research methodology is quantitative and analytical, statistical tools and data analysis techniques were used to obtain accurate and reliable results. The result was that approximately 60% of the wastewater treatment systems in Panama West's urban areas have deficiencies in treatment capacity and compliance with environmental regulations. These results indicate the urgent need to improve and strengthen existing systems to ensure proper management of wastewater and protect the environment in the District of La Chorrera. In conclusion, the results obtained will provide detailed information on the state of the systems, identifying strengths, and weaknesses and proposing improvement strategies. This will allow the design of effective public policies to ensure proper management of wastewater, protect public health and preserve the environment.

Keywords: Wastewater, water treatment, environmental quality, water quality

INTRODUCCIÓN

En el vasto escenario de Panamá Oeste, en el corazón del distrito de La Chorrera, se presenta un desafío que trasciende las fronteras geográficas y resuena como un eco crítico en el contexto global de la conservación medioambiental. La problemática en cuestión se centra en la gestión de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las áreas urbanas. El título de esta investigación, "Análisis Descriptivo de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales para Mejorar la Gestión y Protección del Medio Ambiente en Zonas Urbanas de Panamá Oeste, Distrito de La Chorrera", encapsula la esencia y magnitud de la tarea emprendida.

Esta tesis se erige como faro de conocimiento y acción, guiándonos hacia una comprensión más profunda de la realidad intrínseca de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en esta región específica. Nos embarcamos en un viaje que va más allá de la simple descripción; es una búsqueda intrépida de las fortalezas y debilidades de estos sistemas, tejida con la esperanza de mejorar su funcionamiento y, por ende, la protección del medio ambiente en un entorno urbano.

En el tejido urbano de Panamá Oeste, donde el crecimiento poblacional se entrelaza con la expansión inevitable de las zonas residenciales, el manejo de los residuos líquidos se convierte en una pieza clave para garantizar la salud de la comunidad y la preservación del entorno. La Chorrera, como epicentro de esta indagación, enfrenta desafíos que trascienden lo local, afectando la dinámica medioambiental a niveles regionales y, potencialmente, globales.

La relevancia de esta investigación se vuelve más apremiante en un mundo donde los recursos hídricos se tornan cada vez más escasos y preciosos. La calidad del agua y su disponibilidad no solo son esenciales para la salud pública, sino que también son pilares fundamentales para el equilibrio ecológico. En este contexto, el análisis detallado de los sistemas de tratamiento de aguas residuales se convierte en un acto de responsabilidad hacia las generaciones futuras y un compromiso con la sostenibilidad.

La génesis de esta investigación se encuentra en la intersección entre la necesidad imperante y la voluntad incansable de mejorar nuestro entorno. La motivación para abordar este tema particular surge de la observación de los desafíos que enfrenta La Chorrera en

términos de tratamiento de aguas residuales y del impacto directo que esto tiene en la calidad de vida de sus habitantes. Al contemplar la magnitud de esta problemática, la llama de la inspiración se encendió, impulsando la búsqueda de soluciones efectivas y sostenibles. La tesis no solo busca describir los sistemas existentes; va más allá, aspira a ser una fuerza motriz que inspire cambios positivos en la gestión de los recursos hídricos. En un contexto donde la conciencia ambiental se convierte en un pilar de la sociedad moderna, esta investigación se alinea con la visión de un futuro donde el desarrollo urbano y la preservación del medio ambiente coexisten armoniosamente.

El propósito fundamental de esta investigación es arrojar luz sobre la situación actual de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las zonas urbanas de Panamá Oeste, específicamente en La Chorrera. Se busca, mediante un análisis descriptivo minucioso, comprender la infraestructura, capacidad, funcionamiento y cumplimiento de normas ambientales de estos sistemas. No se trata simplemente de describir, sino de identificar las áreas de mejora y las prácticas más eficientes que contribuirán a la gestión óptima del agua residual.

Los objetivos específicos de esta investigación son variados y complementan el propósito general. Se busca evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento, medir la eliminación de contaminantes y verificar el cumplimiento de estándares de calidad establecidos. Además, se pretende proponer estrategias de mejora que optimicen la gestión y protección del medio ambiente en estas zonas urbanas, brindando recomendaciones concretas y aplicables.

Este viaje de investigación se sitúa en un entorno teórico sólido, apoyándose en los pilares de la ingeniería ambiental, la gestión de recursos hídricos y la sostenibilidad. Al vincularnos con las teorías y prácticas más relevantes en estos campos, buscamos no solo describir la realidad actual, sino también trazar un camino hacia un futuro más sostenible y equitativo. En cuanto al diseño y la metodología de esta investigación, se adopta un enfoque mixto que combina métodos cualitativos y cuantitativos. Esto permite obtener una visión integral de la situación, capturando tanto la complejidad cualitativa de los sistemas como los datos cuantificables necesarios para un análisis riguroso.

La elección de los métodos de análisis se orienta a proporcionar una comprensión profunda de la situación actual y permitir inferencias significativas. Desde pruebas de normalidad hasta análisis estadísticos específicos, cada paso en el proceso metodológico está diseñado para garantizar la robustez de los resultados.

En términos éticos, se han tomado precauciones para salvaguardar la integridad de la investigación y la confidencialidad de la información. La selección de la población se ha guiado por criterios específicos que garantizan la representatividad y la relevancia de los datos recopilados.

Esta investigación, aunque centrada en una realidad local específica, aspira a ser un faro de conocimiento con implicaciones que se extienden mucho más allá de las fronteras de La Chorrera. Los resultados y las recomendaciones no solo se destinan a la toma de decisiones locales, sino que buscan inspirar cambios a niveles más amplios.

En la travesía de esta investigación, nos enfrentamos a limitaciones y desafíos. La complejidad inherente al análisis de sistemas de tratamiento de aguas residuales, la disponibilidad de datos y otros factores se han abordado con rigor y transparencia. Cada paso ha sido una oportunidad para aprender y mejorar, y las limitaciones no han hecho más que fortalecer el compromiso con la calidad y la precisión.

En resumen, "Análisis Descriptivo de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales para Mejorar la Gestión y Protección del Medio Ambiente en Zonas Urbanas de Panamá Oeste, Distrito de La Chorrera" es más que una investigación; es un llamado a la acción, un compromiso con un futuro más sostenible. A través de esta exploración detallada, buscamos no solo describir la realidad, sino transformarla, dejando un legado de gestión eficiente del agua y protección ambiental para las generaciones venideras. La Chorrera no solo es el escenario; es el epicentro de un cambio que resuena en la comunidad científica, en las políticas ambientales y en el corazón de todos aquellos que anhelan un planeta más saludable.

CAPÍTULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

La contaminación ambiental actual que se observa en los ríos de Panamá Oeste ha alcanzado niveles alarmantes, en virtud del crecimiento acelerado de la población hacia el área oeste, y la instauración de zonas urbanas nuevas, las cuales generan desechos o residuos diarios que van directamente a ríos y zonas naturales, muchas veces sin el correcto tratamiento debido a colapso de las plantas.

El impacto que genera el correcto tratamiento de las aguas residuales conlleva a la reducción de los riesgos para la salud pública y la reducción de la contaminación, incrementando la conservación de la calidad de las aguas naturales y la preservación del ambiente, ya sean estas superficiales o subterráneas, y éste impacto va a depender en mayor o menor medida, del grado de habilidad, instrucción y/o conocimiento que los ingenieros tengan sobre cómo tratar y distinguir los tipos de residuos que se están manejando, así como los diferentes efectos que causan al ecosistema, pero además concatenar este conocimiento con las habilidades y conocimientos inherentes a los procesos involucrados desde el punto de vista del ingeniero de proyectos.

Dentro de la temática alusiva al tratamiento de aguas residuales y las plantas destinadas para ello, se conoce muchas técnicas y prácticas que van desde las más tradicionales hasta las más novedosas y eco amigable, y la importancia de saber seleccionar las técnicas adecuadas para cada locación o comunidad y que esta elección sea la más eco amigable y beneficiosa para todo el entorno, va a depender por un lado, de las condiciones que priman en el mismo entorno y, por otro, el conocimiento especializado del ingeniero líder del proyecto en temas relacionados a planta de tratamiento, ecosistema, y manejo de procesos a nivel macro, por lo cual se hace necesario en primer lugar, hacer un diagnóstico detallado de la zona, localidad o comunidad objeto a tratar, de la mano de un líder e que lleve a cabo la gestión desde una perspectiva de procesos y proyectos.

1.2.Descripción de la realidad problemática

En la actualidad, la provincia de Panamá Oeste, especialmente en zonas urbanas, se encuentran una serie de infraestructuras de sistemas de tratamiento de aguas residuales

totalmente colapsadas, debido a diferentes razones como, tiempo útil de vida excedido, incremento de población, mal diseño hidráulico, entre otros.

Se conoce según fuentes oficiales que el actual gobierno ha movilizado recursos para ejecutar proyectos que con el objetivo de sanear y mejorar el funcionamiento de tanques sépticos, plantas de tratamiento, estaciones de bombeo y redes de alcantarillado en los distritos de Chorrera y Arraiján, según un artículo publicado por el Diario Panamá América (2021); esto se debe a la cantidad de aguas residuales que la población en la actualidad vierten a los ríos locales, sabiendo que las plantas de tratamientos de dichos sectores urbanos actualmente se encuentran colapsados o abandonados, ocasionando que las aguas pasen a los ríos locales con material altamente contaminante.

Durante las dos últimas décadas se ha hecho evidente la falta de investigación sobre el tema y la gran cantidad de información publicada contiene principalmente resultados de experiencias de diseño y operación, aunque existen varios aspectos importantes que aún no han sido investigados respecto al saneamiento y tratamiento de aguas residuales.

Así pues, se conoce inclusive que gobiernos anteriores han buscado resolver la problemática a través de la instalación de diferentes mecanismos de alcantarillados sanitarios con sistema interceptor y de tratamiento final en dichas aguas, sin embargo, para febrero del año 2020, no se han visto avances, con lo cual conlleva a preguntarse ¿cuál es la situación actual del sistema de tratamiento de aguas residuales de las zonas urbanas en Chorrera y Arraiján?

1.2.1. Condición actual de las estructuras de tratamiento

En la actualidad, la provincia de Panamá Oeste, especialmente en zonas urbanas, se encuentran una serie de infraestructuras de sistemas de tratamiento de aguas residuales totalmente colapsadas, debido a diferentes razones como, tiempo útil de vida excedido, incremento de población, mal diseño hidráulico, entre otros.

Se conoce según fuentes oficiales que el actual gobierno ha movilizado recursos para ejecutar proyectos que con el objetivo de sanear y mejorar el funcionamiento de tanques sépticos, plantas de tratamiento, estaciones de bombeo y redes de alcantarillado en los

distritos de Chorrera y Arraiján, según un artículo publicado por el Diario Panamá América (2021); esto se debe a la cantidad de aguas residuales que la población en la actualidad vierten a los ríos locales, sabiendo que las plantas de tratamientos de dichos sectores urbanos actualmente se encuentran colapsados o abandonados, ocasionando que las aguas pasen a los ríos locales con material altamente contaminante.

Durante las dos últimas décadas se ha hecho evidente la falta de investigación sobre el tema y la gran cantidad de información publicada contiene principalmente resultados de experiencias de diseño y operación, aunque existen varios aspectos importantes que aún no han sido investigados respecto al saneamiento y tratamiento de aguas residuales.

Así pues, se conoce inclusive que gobiernos anteriores han buscado resolver la problemática a través de la instalación de diferentes mecanismos de alcantarillados sanitarios con sistema interceptor y de tratamiento final en dichas aguas, sin embargo, para febrero del año 2020, no se han visto avances, con lo cual conlleva a preguntarse ¿cuál es la situación actual del sistema de tratamiento de aguas residuales de las zonas urbanas en Chorrera?

1.3. Justificación de la investigación

Con el crecimiento poblacional de la provincia de Panamá Oeste, en especial en la Chorrera, los residuos producidos por el hombre se han intensificado, en especial en las zonas residenciales, por lo que el saneamiento ambiental se hace imperante para contribuir a la disminución de focos de las enfermedades endémicas e infecciosas en los habitantes.

A través del correcto manejo y gestión de proyectos en plantas de tratamientos de las aguas residuales, se logra un impacto saneamiento ambiental adecuado y requerido a mediano y largo plazo, ya que se conoce que al ser mal gestionadas las plantas de tratamientos dentro de sus procesos, se derivan daños inmediatos dentro del entorno e incluso zonas aledañas donde se encuentran, por lo cual este proyecto toma importancia y justificación, ya que busca determinar las condiciones actuales en los procesos llevados a cabo por ingenieros en la gestión de dichas plantas, para luego determinar las mejores y más beneficiosas

prácticas en beneficio de una mejor calidad de vida, un ecosistema recuperado y una mejor gestión de procesos y prácticas en ingeniería de proyectos.

Con la implementación de este servicio se beneficiaría aproximadamente a una población de más de 160,000 habitantes de todo el distrito, garantizándoles la eliminación de contaminantes presentes en el agua residual y la exposición a la proliferación de enfermedades sintomatologías por agentes como virus y bacterias.

Por lo tanto, éste estudio de análisis descriptivo de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las zonas urbanas de Panamá Oeste, Distrito de La Chorrera, durante el año 2022, se justifica por diversas razones. En primer lugar, proporcionará información detallada sobre la situación actual de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en la región, lo cual será fundamental para la toma de decisiones informadas por parte de las autoridades responsables del manejo del agua y el saneamiento. Los resultados obtenidos permitirán identificar las deficiencias y áreas de mejora de los sistemas existentes, contribuyendo a una gestión más eficiente y sostenible de las aguas residuales.

Además, el tratamiento adecuado de las aguas residuales es un tema de gran relevancia y actualidad, especialmente en las zonas urbanas donde se concentra la mayor demanda de servicios de saneamiento. La protección del medio ambiente y la preservación de los recursos hídricos son aspectos críticos para garantizar la salud pública y el bienestar de las comunidades. En este sentido, este estudio aborda una problemática de gran importancia en Panamá Oeste, donde el crecimiento demográfico y el desarrollo industrial generan desafíos significativos en la gestión de las aguas residuales.

Para alcanzar los objetivos propuestos, se llevará a cabo un análisis exhaustivo de los sistemas de tratamiento existentes en las zonas urbanas de Panamá Oeste. Se recopilarán datos primarios y secundarios, se realizarán entrevistas, observaciones directas y análisis documental. Esta metodología permitirá obtener una visión integral de la situación actual de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en la región.

Los resultados y recomendaciones derivados de este estudio tendrán beneficios directos para la sociedad. Una mejora en la gestión de los sistemas de tratamiento de aguas

residuales contribuirá a proteger el medio ambiente y garantizar la salud pública de la población en las zonas urbanas de Panamá Oeste. Además, promoverá el desarrollo sostenible de la región, fomentando prácticas de tratamiento de aguas residuales más eficientes y amigables con el medio ambiente.

En cuanto a los beneficios metodológicos y disciplinares, este estudio se basará en un enfoque mixto que combinará la recopilación de datos primarios y secundarios, así como la aplicación de diversas técnicas de análisis cualitativo y cuantitativo. La aplicación de esta metodología permitirá obtener información precisa y rigurosa sobre los sistemas de tratamiento de aguas residuales en la región, contribuyendo al avance del conocimiento en el campo del tratamiento de aguas residuales y la gestión ambiental.

En resumen, este estudio de análisis descriptivo de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en Panamá Oeste, Distrito de La Chorrera, durante el año 2022, es de vital importancia debido a la relevancia y actualidad del tema, la necesidad de mejorar la gestión y protección del medio ambiente, los beneficios sociales que brindará a la comunidad, así como los beneficios metodológicos y disciplinares que aportará al campo de estudio. Mediante este estudio, se espera generar información y recomendaciones que permitan fortalecer la gestión de los sistemas de tratamiento

1.4. Formulación del problema

El problema general que se abordará en esta tesis es la situación actual de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las zonas urbanas del distrito de La Chorrera, Panamá Oeste, durante el año 2022. Se busca comprender la eficiencia, capacidad y cumplimiento de los estándares de calidad de dichos sistemas.

¿El Análisis Descriptivo de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales mejora la Gestión y Protección del Medio Ambiente en las Zonas Urbanas de Panamá Oeste, Distrito de la Chorrera 2022?

Problema Específicos:

1. ¿Cuáles son las fortalezas y debilidades identificadas en los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las zonas urbanas de Panamá Oeste Distrito de La Chorrera, a través del análisis descriptivo?
2. ¿Qué estrategias de mejora se pueden proponer a partir de los resultados del análisis descriptivo de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en estas zonas?
3. ¿Cómo se puede diseñar y promover políticas públicas basadas en los hallazgos del análisis descriptivo para proteger el medio ambiente y salvaguardar la salud pública en las zonas urbanas de Panamá Oeste, Distrito de La Chorrera?
4. ¿Cuál es la eficiencia de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en la eliminación de contaminantes y su cumplimiento con los estándares de calidad ambiental establecidos?
5. ¿Cuáles son las oportunidades de mejora en términos de sostenibilidad y eficiencia económica de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en estas zonas, identificadas a través del análisis descriptivo?

Estos problemas específicos permitirán abordar aspectos clave relacionados con el análisis descriptivo de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, con el objetivo de identificar oportunidades de mejora, proponer estrategias, diseñar políticas públicas efectivas y evaluar el desempeño de los sistemas en cuanto a la protección del medio ambiente y la gestión adecuada de las aguas residuales en las zonas urbanas de Panamá Oeste, Distrito de La Chorrera.

1.5.Objetivos de la investigación

1.5.1. 1.3.1 Objetivo general

- Analizar de manera descriptiva los sistemas de tratamientos de aguas residuales en las zonas urbanas de Panamá Oeste, Distrito de la Chorrera, en el año 2022, con el fin de mejorar la gestión y protección del medio ambiente.

1.5.2. 1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar las fortalezas y debilidades de los sistemas de tratamientos de aguas residuales en las zonas urbanas de Panamá Oeste, Distrito de la Chorrera, a través de un análisis detallado de su infraestructura, capacidad, funcionamiento, mantenimiento y cumplimiento de normas ambientales.
- Evaluar la eficiencia de los procesos de tratamientos de aguas residuales en términos de eliminación de contaminantes y cumplimiento de los estándares de calidad establecidos, considerando aspectos como la remoción de sólidos suspendidos, materia orgánica, nutrientes, patógenos y sustancias químicas tóxicas.
- Proponer estrategias de mejora para optimizar la gestión y protección del medio ambiente en las urbanas de Panamá Oeste, Distrito de la Chorrera, a partir de los resultados obtenidos en el análisis descriptivo de los sistemas de tratamientos de aguas residuales, incluyendo recomendaciones para implementar tecnologías avanzadas, fortalecer la capacitación del personal, mejorar la infraestructura de las plantas y promover la participación ciudadana en la gestión del agua y saneamiento.

1.6.Limitantes de la Investigación

Dentro de los limitantes de la investigación se encuentra el acceso a la información, específicamente a fuentes oficiales o del estado, ya que debido a los procesos burocráticos se hace dificultoso acceder a esta; sin embargo, se hará una búsqueda sistemática a través de medios electrónicos fiables de primer mano para recaudar la mayor cantidad de información requerida para el estudio.

Por otro lado, la falta de estudios previos a los cuales acceder como antecedentes oficiales para sustentar la problemática, sin embargo, se ha planteado un estudio descriptivo exploratorio basado en evidencia recaudada de información de primera mano según la realidad actual, para fundamentar las bases a futuras investigaciones que profundicen en los resultados obtenidos.

También, disponibilidad de datos completos y actualizados sobre los sistemas de tratamiento de aguas residuales en el distrito de La Chorrera.

Acceso limitado a ciertas áreas de las plantas de tratamiento para realizar inspección detallada.

Restricciones de tiempo y recursos para llevar a cabo un estudio exhaustivo en todas las áreas relevantes.

1.7.Hipótesis o Preguntas de Investigación

1.7.1. Hipótesis general

La gestión eficaz y eficiente con perspectiva eco amigable de los procesos y proyectos inherentes al tratamiento de aguas residuales en las plantas de tratamiento del Distrito de la Chorrera, impacta de manera positiva el estilo de vida, salud de los ciudadanos y el medio ambiente en las comunidades aledañas a dichas plantas de tratamiento.

1.7.2. Hipótesis específicas

- La implantación del sistema en la planta de tratamiento de aguas residuales en zonas rurales de Panamá Oeste Distrito de la Chorrera. posibilitará incrementar el caudal a tratar en un 40 % con incremento mínimo de infraestructura.
- La implantación del sistema luego de un incremento del 40 % del caudal al ingreso en la provincia de Panamá Oeste Distrito de la Chorrera, posibilitará que el caudal efluente presente menores concentraciones en los parámetros físico, químico y bacteriológicos, manteniéndolo por debajo de los límites máximos permisibles establecidos para el riego de tierras agrícolas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.Antecedentes

a gestión adecuada de los sistemas de tratamiento de aguas residuales es un tema de gran importancia en la actualidad, especialmente en las zonas urbanas donde el crecimiento demográfico y el desarrollo industrial generan una mayor demanda de servicios de saneamiento. La protección del medio ambiente y la preservación de los recursos hídricos son aspectos fundamentales para garantizar la salud pública y el bienestar de las comunidades.

En este contexto, la presente tesis se enfoca en realizar un análisis descriptivo de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las zonas urbanas del Distrito de La Chorrera, en Panamá Oeste, durante el año 2022. El objetivo principal es examinar la eficiencia, capacidad y cumplimiento de los estándares de calidad de estos sistemas, con el propósito de identificar áreas de mejora y fortalecimiento.

La importancia de este estudio radica en la necesidad de mejorar la gestión de las aguas residuales en la región, considerando los desafíos ambientales y sanitarios que enfrentan las comunidades urbanas. Un análisis detallado de los sistemas de tratamiento permitirá identificar deficiencias y proponer soluciones que contribuyan a una gestión más eficiente y sostenible.

Además, este estudio pretende servir como base para la toma de decisiones informadas por parte de las autoridades responsables, así como para fomentar la participación ciudadana en la planificación y ejecución de políticas de saneamiento. Asimismo, se espera que los resultados obtenidos sean de utilidad para promover prácticas de tratamiento de aguas residuales más eficientes y amigables con el medio ambiente en otras áreas geográficas similares.

En resumen, esta investigación busca aportar conocimiento y propuestas concretas para mejorar la gestión de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las zonas urbanas de Panamá Oeste, con el objetivo de proteger el medio ambiente, salvaguardar la salud pública y contribuir al desarrollo sostenible de la región.

2.1.1. antecedentes Internacionales

A nivel Internacional tenemos los siguientes estudios:

Nuñez (2019). Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Cajabamba - Cajamarca. Alternativas para mejorar su tratamiento.

Resumen: La presente tesis se desarrolló en la ciudad de Cajabamba durante el periodo comprendido entre enero y junio del año 2018, tuvo como **objetivo** determinar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Cajabamba, en la remoción de DBO5, DQO, sólidos suspendidos totales, aceites y grasas y coliformes termotolerantes. **La metodología** empleada consistió en identificar los puntos de muestreo, el primero se ubicó en el ingreso de las aguas residuales a la Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y el segundo punto estuvo ubicado a la salida de los efluentes, en donde fueron tomadas las muestras de agua residual en número de seis (6), de las cuales tres (3) fueron tomadas en temporada de lluvias y tres (3) muestras en temporada de estiaje para luego realizar el análisis comparativo entre ambas. Se determinó que la Planta de tratamiento de aguas residuales no es eficiente en la remoción de sólidos suspendidos totales, el valor obtenido fue del 50%, así mismo no es eficiente en la remoción de materia orgánica, para lo cual se utilizaron los indicadores de DBO5 y DQO cuyos valores fueron de 23,20% y 27,63% respectivamente, valores que se encuentran muy por debajo de los aceptables para este tipo de tratamiento según la Norma Técnica de Edificación OS.090 (2006), la cual señala que la eficiencia de remoción de DBO debe encontrarse entre 50% a 90% , La eficiencia en la remoción de aceites y grasas fue del 82,20%, encontrándose dentro del promedio de eficiencia para este tipo de tratamiento de aguas residuales, En cuanto a la remoción de coliformes termotolerantes fue del 65,62%, valor que se encontró por debajo del promedio de eficiencia de éste parámetro. **Instrumentos:** El tipo de diseño de la presente investigación, fue aplicada, de campo, descriptiva, de fuente primaria, transversal y no experimental, donde se realizó la observación y muestreo directo en campo, luego se desarrolló un sistema teórico, trazando definiciones operacionales de las proposiciones y conceptos de la teoría y luego se aplicó empíricamente a un conjunto de datos.

Wester (2019). Efecto del Ph tiempo de retención y tipo de biorreactor sobre la eficiencia del tratamiento de aguas residuales, Huancayo 2018. Resumen: La investigación se planteó como **objetivo** analizar el efecto del pH, tiempo de retención y tipo de biorreactor sobre la eficiencia del tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Huancayo. Fue un estudio de tipo básico, transversal y de carácter prospectivo, ubicado en el nivel experimental; cuya población estuvo conformada por el total de aguas residuales de la ciudad de Huancayo vertidas al río Mantaro, y se analizaron 45 muestras del colector Daniel A. Carrión escogidas mediante **muestreo** no probabilístico intencionado. Para evaluar la eficiencia del tratamiento biológico se empleó el método de Winkler modificado por Alsterberg para analizar oxígeno disuelto y luego poder calcular la Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), el **método** Gravimétrico para Sólidos suspendidos totales (SST) y la técnica del Número más probable para enumeración de coliformes (totales y fecales). Se trabajó con un set de cinco tipos diferentes de biorreactores con capacidad de 1,5 L operando a diferentes condiciones de pH (6,0; 7,0 y 8,0) y tiempos de retención (2, 4 y 6 días), a los que fue inoculado un consorcio microbiano aislado y escalado a partir de las muestras de agua residual. Finalizada la investigación se concluye que un biorreactor con aireación y agitación permanente, operando a pH de 7,0 y seis días de retención, alcanzó una eficiencia para disminución de la Demanda bioquímica de oxígeno de 80,2%; para Sólidos suspendidos totales de 82,0%, para coliformes totales de 93,2% y para coliformes fecales de 90,7%.

Córdoba (2019). Efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales totora y la contaminación de las hortalizas por metales pesados en la comunidad de Totoray Ayacucho 2017-2018. Resumen: **El objetivo** de la investigación de tesis fue determinar la incidencia de los efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Totoray en la contaminación de las hortalizas por metales pesados en la Comunidad de Totoray-Ayacucho 2017-2018. Se utilizó el Diseño Experimental en Parcelas Divididas, en Bloques Completos Aleatorizados, en un arreglo factorial de 2Fx3E. Se sembraron tres hortalizas: rabanito, espinaca y lechuga, las que fueron

regadas con dos fuentes de agua, los efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (agua servida) y agua de suministro de la comunidad de Totorá (agua de caño), hasta el punto de maduración, necesario para cada hortaliza. La determinación del contenido de los metales pesados cadmio, cromo y plomo en las hortalizas se determinó por ICP-OES. En las hortalizas regadas con agua servidas la absorción de cadmio fue: espinaca 0,42 mg/Kg y está por encima del límite permisible; lechuga 0,176 mg/Kg, ligeramente por debajo del límite permisible; rabanito < 0,10 mg/Kg, está por debajo del límite permisible. La absorción de cromo de las hortalizas regadas con agua servida fue: lechuga 2,63 mg/Kg, está por encima del límite permisible; espinaca 1,04 mg/Kg, está por encima del límite permisible y rabanito 1,00 mg/Kg que está por encima del límite permisible. Los valores de la absorción de plomo de las hortalizas regadas con agua servida están por encima del límite máximo permisible. Se recomienda realizar la investigación en otras hortalizas, debido a que los niveles de cromo y plomo en rabanito; cadmio y cromo en espinaca y cromo en lechuga, están por encima de los LMP.

Vásquez (2020). Tratamiento de aguas residuales, por sistema compacto de aireación extendida para el riego de áreas verdes en el distrito de Comas. Resumen: a presente investigación tiene como objetivo, el tratamiento de aguas residuales domésticas en una Planta Compacta, utilizando el sistema de lodos activados de alta tasa con oxidación total con biomedio o medio fijo y aireación temporizada). Se combinan técnicas biológicas y físicas. Desde la perspectiva del Desarrollo Sostenible y/o Sustentable. Las variables de interés fueron las Técnicas, sociales, económicas, ambientales, humano y político institucional. La metodología para la evaluación de la variable económica se realizó cálculos de inversión, costos de producción y Flujo Económico para determinar el Van y el TIR. Asimismo, se enfocó la calidad del recurso hídrico desde la óptica del ambiente, de la salud y los ecosistemas. Para determinar la calidad del agua, usamos muestras de aguas residuales de los colectores que ingresan a la planta, salidas del sistema de tratamiento de aireación extendida y temporizada y en la descarga de la planta de tratamiento y finalmente en el tanque de almacenamiento y posteriormente se

sometieron a pruebas físicas químicas y microbiológicas con los métodos estándares de análisis. En el aspecto social: mejora el acceso a agua de calidad para ser usado en riego de áreas verdes, en lo político e institucional tomamos en cuenta la gobernabilidad en el distrito de Comas-Lima. El tratamiento es adecuado para utilizarla dentro del distrito, para el riego de áreas verdes o ecosistemas urbanos y el agua es de calidad exigida por las normas peruanas y la OMS para el uso en riego de áreas verdes que estará en contacto directo con la población. Los costos de implementación, mantenimiento, operación, energía y de insumos de la planta son bajos con respecto a las plantas de tratamiento tradicional.

Dominguez (2022). Los humedales artificiales en el tratamiento de aguas residuales generadas en la zona baja de Belén de la ciudad de Iquitos. Resumen: La presente investigación tiene como finalidad el diseño de un humedal artificial para el tratamiento de las aguas residuales generadas en la zona del bajo Belén, ciudad de Iquitos. embarcaciones abandonadas, y principalmente por el vertido sin previo tratamiento de aguas residuales sean estas de origen doméstico, municipal e inclusive industrial. Como metodología es de nivel no experimental y de tipo descriptiva transaccional el área de estudio es el tramo del río Itaya en la zona baja de Belén, considerando 8 muestras de agua. Entre los resultados principales se determinó que los parámetros físicos y químicos estaban dentro de los límites establecidos por el MINAM y la variable biológica coliformes termo tolerantes excedió el límite permisivo desde un mínimo de 3300 NMP/100 ml hasta 79000 NMP/ml 100. Se calculó como caudal de entrada 18 m³/d. Considerando la variable a controlar, se seleccionó como mejor opción un humedal artificial de tipo flujo subsuperficial con orientación vertical para una población equivalente igual a 0.9 habitantes y un área de superficie de 2.25 m² dividido en 2 celdas de igual tamaño. Se estimó un desempeño para el humedal diseñado capaz de controlar los coliformes termo tolerantes en un rango de 33 a 790 NMP/100 ml, ubicando el resultado por debajo del límite legal (2000 NMP/100 ml). Como estrategia para garantizar la sostenibilidad a largo plazo del sistema se desarrollaron charlas de sensibilización y una guía de operación y mantenimiento del humedal, con el fin de dar a conocer

la importancia y beneficio del sistema y ofrecer herramientas para garantizar su funcionamiento.

Cieza (2022). Gestión de procesos internos para el manejo ambiental en la planta de tratamiento de aguas residuales, Jaén. Resumen: La investigación tiene como objetivo general, diseñar un modelo de gestión de procesos internos que contribuya al fortalecimiento del manejo ambiental en la planta de tratamiento de aguas residuales de Jaén, 2021. Se ampara en el enfoque cuantitativo y en tipo de investigación descriptiva propositiva, Las técnicas utilizadas fueron la encuesta y la analítica, la primera tuvo como instrumento el cuestionario y la segunda el diagnóstico de laboratorio. Se trabajó sobre una muestra de 26 trabajadores. Las conclusiones a las que arribó el estudio fueron: La gestión de los procesos internos, los trabajadores de la EPS Marañón expresan en desacuerdo 61,5%, neutral 30,8% y muy bajo 7.7%, situación que significa que la cultura de supervisión, el diagnóstico y la evaluación no vienen siendo aplicada de manera adecuada al manejo ambiental. Las estaciones de monitoreo del efluente de la planta de tratamiento nueva presentan concentraciones de pH, temperatura, aceites, grasas, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química oxígeno, sólidos totales suspendidos y numeración de coliformes fecales, cumplen los límites establecidos; Sin embargo, el valor de numeración de coliformes fecales o termo tolerantes en estación del efluente de la planta antigua 01 se encuentra fuera del límite establecido.

Valdez (2022). Tratamiento de aguas residuales de la laguna de estabilización “El Espinar” Puno, mediante carbón activado a partir de lemna gibba. Resumen: Objetivo. Evaluar el tratamiento de aguas residuales de la Laguna de Estabilización “El Espinar” de Puno, mediante carbón activado a partir de Lemna gibba L. “lenteja de agua”, empacado en columnas de adsorción de lecho fijo. Metodología. Se obtuvo carbón activado de Lemna gibba L. a 600°C con ácido fosfórico, se realizó la determinación de los parámetros fisicoquímicos e indicadores de contaminación microbiológica y se implementó un sistema de columnas de lecho fijo empacado con carbón activado de Lemna gibba L., para determinar su eficiencia en el

tratamiento de las aguas residuales. Resultados. El carbón activado de Lemna gibba L., presentó amplia superficie, con una concentración de 70.5% de carbón, con 12 nm con micro y meso porosidad, la caracterización fisicoquímica y microbiológica, presentaron un valor de Temperatura de 18.80 °C; pH de 8.13; Fosforo total, 11.10 mg/L; Nitrógeno amoniacal, 48.00 mg/L; Sulfatos, 288.67 mg/L; SST, 840.00 mg/L; OD, 1.49 mg/L; DBO5, 362.61 mg/L; DQO, 793.00 mg/L; Coliformes totales, 4.9x10⁵ NMP/100mL; Coliformes fecales, 2.3x10⁷ NMP/100mL; con un descenso del 12.37% en la Temperatura, 5.47% en el pH y 74.67% en el OD, además una remoción del 16.85% para Fosforo total, 52.73% para Nitrógeno amoniacal, 85.9% para Sulfatos, 84.14% para SST, 93.57% para la DBO5, 92.17% para la DQO, 99.15% para el NMP de Coliformes totales y 99.45% para el NMP de Coliformes fecales. **Conclusión.** La amplia superficie esponjosa obtenida con ácido fosfórico en el carbón activado de Lemna gibba L., permitió el descenso y la remoción de la mayoría de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales de la laguna de estabilización “El Espinar” Puno, por debajo de los valores de EMSA PUNO 2018.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

A nivel Nacional tenemos los siguientes estudios:

Hall y Ramírez (2021). Aislamiento y caracterización de bacteriófagos específicos para cepas de Escherichia coli y Salmonella spp. a partir de aguas residuales. Resumen: Los bacteriófagos son virus que infectan y lisan de manera específica a las bacterias, incluyendo a aquellas resistentes a los antimicrobianos las cuales se han convertido en una problemática de salud a nivel mundial. El objetivo principal de esta investigación fue aislar y caracterizar bacteriófagos competentes contra cepas ATCC de E. coli, y Salmonella spp. a partir de muestras de aguas residuales. Para ello, se aislaron cinco bacteriófagos procedentes de la Planta de Tratamiento de Agua Residuales (PTAR) de la Ciudad de Panamá, denominando a los aislados de E. coli fago 15597, 8739 y 11229 y a los de Salmonella spp. 14028 y 9842. Estos fueron caracterizados con respecto a su rango de hospederos, sensibilidad al

cloroformo, estabilidad ante diferentes rangos de pH, temperatura y exposición a la luz UV; obteniendo como resultado que los 5 fagos son sensibles al cloroformo, se ven favorecidos de manera general en pH alcalinos y temperaturas ente 25° y 50°C; al ser expuestos a la luz UV, en la mayoría se observó una reducción significativa, sin embargo, en el 14028 se aumentó el número de placas de lisis. Paralelamente al aislamiento de estos bacteriófagos, se aislaron cepas ambientales de *Salmonella* spp. y *E. coli* de las mismas muestras de agua residual y se analizó su perfil de sensibilidad, obteniendo algunas cepas resistentes a distintos antibióticos. Finalmente logramos concluir que es posible aislar de las aguas residuales bacteriófagos con actividad lítica frente a cepas ATTC y cepas silvestres de *E. coli* y *Salmonella* spp. Este es el primer trabajo de aislamiento de bacteriófagos a partir de aguas residuales provenientes de la PTAR de la ciudad de Panamá que se realiza en el país. Los parámetros biológicos y la metodología evaluada en este trabajo establecen las bases para futuros aislamientos de bacteriófagos en muestras de agua residual. Palabras claves: bacteriófagos, *E. coli*, *Salmonella*, resistencia, antibióticos.

Soto (2015). Influencia de la variación estacional de la calidad y cantidad de agua residual en la eficiencia de tratamiento: Resumen: Caso de la planta de tratamiento de aguas residuales de Juan Díaz, Panamá, República de Panamá. Resumen: Este trabajo estudia la influencia de la variación estacional de aguas residuales crudas en la eficiencia de remoción de contaminantes, tomando como caso de estudio la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Juan Díaz, la cual es parte del Proyecto de Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá. Se seleccionaron seis sitios de muestreo en el sistema de colectoras que conduce las aguas residuales a la planta. En cada sitio de muestreo se midió el caudal, se determinaron valores de parámetros físicoquímico en campo y se tomaron muestras para análisis de parámetros físicoquímicos y biológicos en laboratorio. La mayoría de los resultados estuvieron dentro del rango especificado por las normas de aguas residuales de Panamá. Se encontró que los cambios en precipitación en la estación seca y lluviosa producen variaciones tanto en la cantidad como en la calidad de aguas residuales

crudas y afecta la eficiencia de tratamiento o remoción de contaminantes en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Juan Díaz. Este estudio se realizó con la colaboración de la Empresa Degremont, encargada de la operación y mantenimiento de la planta.

Ramírez y otros, (2020). Panamá experimenta un crecimiento económico sostenido en los últimos 10 años. Esto trae como consecuencia algunos potenciales problemas, como es la acumulación de biosólidos de aguas residuales (BioAR) y que estos son dispuestos en rellenos sanitarios. Por ejemplo, hasta el año 2014 se depositaron aproximadamente 75946 toneladas de BioAR en el principal relleno sanitario de Panamá. Esta situación genera una gran presión a la gestión de manejo de desechos y a nivel ambiental. En este sentido, nuestra investigación se basó en el estudio de digestividad anaeróbica de BioAR usando el sistema Oxitop, a fin de estimar la cinética y potencial generación de biogás para su posible aprovechamiento. La caracterización de BioAR estudiados de diversas actividades económicas indican su viabilidad para usarlos, dada sus bajas concentraciones de contaminantes y su alto contenido de materia orgánica. Los ensayos de digestividad indican que los rangos de producción de biogás estuvieron entre 9.6 y 41.56 mL CH₄/g SV. Dichos valores son bajos en comparación con los reportados en la literatura y no tendrían la capacidad para sostener una actividad de generación eléctrica; sin embargo, es posible aprovechar estos biosólidos si son mezclados con otros sustratos orgánicos para mejorar los rendimientos de producción de biogás.

Ministerio de Salud (2020). Tratando las aguas residuales de más de 1,2 millones de personas contribuimos a la preservación de la biodiversidad de la Bahía de Panamá. Resumen: SUEZ llegó a Panamá en 2009 con el objetivo de participar al saneamiento de la Bahía de Panamá tratando las aguas residuales de la capital. SUEZ fue elegido para llevar a cabo el proyecto "Juan Díaz", la construcción de la planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad que incluye las instalaciones para el tratamiento biológico y la digestión de lodos, a la vez que racionaliza los costos de energía implementando sistemas de cogeneración y recuperación de calor. De acuerdo con el proyecto inicial, SUEZ se

encargó también de la operación y mantenimiento (O&M) de la planta y estaciones de bombeo.

En 2017, a SUEZ se le adjudicó el nuevo contrato "Juan Díaz II" cuya ambición es duplicar la capacidad de la planta actual hasta los 5.5m³/s. La expansión de la planta forma parte del *Programa Saneamiento de Panamá*, iniciado por el Ministerio de Salud en 2001 que tiene el objetivo de preservar el medio ambiente y atender las necesidades de una población urbana que crece de un 2% al año. SUEZ se encargará del O&M de la planta extendida durante 5 años.

Hoy, gracias a nuestras prestaciones de calidad, 1,2 M de habitantes se benefician de nuestros servicios en la ciudad y más de 200 empleados de SUEZ han trabajado a este mejoramiento de calidad de vida de los habitantes.

2.2. Marco teórico conceptual

2.2.1. Aguas residuales

Según Arellano & Guzmán, (2011) del total de la composición de agua del planeta tierra, (97%), tan solo el 0,62% está disponible para el uso y mantenimiento de la vida humana a través de las actividades industriales y agrícolas, la cual se encuentra situada en lagos de agua fresca, ríos y mantos freáticos.

Por tal motivo, se hace imprescindible para el mantenimiento sostenible del planeta tierra y el cuidado del recurso hídrico, que las aguas residuales pueden ser tratadas y reutilizadas de la mejor manera posible para el consumo humano.

Teniendo en cuenta lo anteriormente planteado, se sabe que las aguas residuales se originan después que el agua es utilizada para satisfacer las necesidades humanas, de diferentes formas y usos como los domésticos, agrícolas o industriales; es por ello que de las mismas se derivan compuestos y organismos que pueden llegar a ser altamente peligrosos para la salud humana, dándole, además, un aspecto y olor que pueden resultar desagradables. (Arellano & Guzman, Ingeniería Ambiental, 2011)

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos de Panamá, (INEC), y la Ley

de Recursos Hídricos (2019), las aguas residuales son aquellas de composición variada en función del proceso en que han sido producidas, provenientes de las descargas de uso doméstico, industrial, comercial de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas. (P. 1). (INEC, S.f) (Panamá A. N., 2019)(P. 6)

Desde el punto de vista de Arriols, (2018) especialista en Ecología y Medio ambiente, las aguas residuales se constituyen como el más peligroso desecho que el ser humano pueda producir, el periodista asevera que, al hablar de estas, estamos haciendo referencia a todo tipo de agua que haya sido afectada de forma negativa por la acción del ser humano.

Este tipo de contaminación puede deberse a una inimaginable e infinita variedad de acciones que el ser humano puede ejecutar a través del uso de productos químicos procedentes de uso doméstico (jabones, detergentes, cosméticos, etc.), productos sólidos (papel higiénico, toallitas “desechables” de algodón, plásticos de diversos tamaños, etc.), metales pesados y muy contaminantes procedentes de la industria (plomo, zinc, mercurio, cadmio, bromo, etc.), y también restos orgánicos, procedentes, principalmente, de la materia fecal y los orines. (Arriols, Qué son las aguas residuales y cómo se clasifican, 2018)

2.2.2. Tipos de aguas residuales

En consecuencia, se hace imprescindible para la posterior identificación y correcto tratamiento, la clasificación de los diferentes tipos de aguas residuales, desde una perspectiva general hasta la mayor especificidad posible, en donde Arriols, (2018) parte de una macro división, la cual a su vez pueden derivar subcategorías más específicas:

Aguas residuales domésticas o urbanas: Resultado del uso del agua en las viviendas y núcleos urbanos, donde también se concentran gran cantidad de comercios o lugares de trabajo con altos contaminantes orgánicos y sólidos sedimentables, así como en bacterias; se origina comúnmente cuando hace uso del inodoro, duchas, fregaderos de la cocina o, agua de las piscinas entre otros.

Aguas residuales industriales: Derivada de los procesos el sector secundario de la economía y de las actividades industriales, como fábricas, plantas de producción energética o cualquier otra actividad que esté destinada a la fabricación de productos consumibles o manufactureros; se identifica por contener un alto nivel de componentes contaminantes del tipo de metales pesados, entre los que se encontrarían el plomo, el níquel, el cobre, el mercurio, o el cadmio entre muchos otros, así como cantidades enormes de elementos químicos artificiales de una variedad muy amplia.

Aguas residuales de la agricultura y ganadería: menos frecuentes en la agricultura y más provenientes de la ganadería intensiva, con elevados niveles de contaminantes derivados de ciertos productos químicos que se usan para criar al ganado, así como de los desechos fecales y los orines de los animales que permanecen en cría, los cuales son muy peligrosos, ya que pueden afectar a la fertilidad de los suelos debido a la toxicidad y la saturación de las partículas fecales que contienen.

Aguas residuales derivadas de la lluvia ácida: Suele pasar inadvertida y constituye un verdadero ejemplo de agua residual generada por la acción que el ser humano tiene en la atmósfera; se genera por efecto de la lluvia al arrastrar los contaminantes presentes en la atmósfera, especialmente en los núcleos urbanos, que llegan al suelo y lo contaminan.

2.2.3. Aspectos Generales del Tratamiento de aguas Residuales

Por todas las características y tipologías antes descritas, el tratamiento de aguas residuales amerita el desglose y conocimiento de aspectos fundamentales, descritos por diferentes expertos a nivel internacional; La Comisión Nacional del Agua, (2007), por ejemplo, describen con exactitud las características, métodos de transporte, acondicionamiento químico para la remoción del agua, técnicas de espesamiento, desaguado y secado, así como estabilización y disposición final de los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, incluyendo teoría, consideraciones para el diseño y costos.

Según este manual, el ingeniero debe conocer las fuentes, características y cantidad de lodo, que se tendrá que manejar cuando esté diseñando los dispositivos para el transporte, acondicionamiento y espesamiento o desaguado de lodos, además, el responsable del diseño deberá tomar en cuenta el lapso de tiempo que transcurre entre la toma de decisiones hasta la construcción, para favorecer aquellos procesos y equipo que sean suficientemente flexibles para permanecer útiles a pesar de posibles cambios tecnológicos, reglamentarios, económicos y/o en las características del lodo. Cuando sea posible, el ingeniero deberá investigar sistemas a escala normal que estén funcionando, para determinar condiciones reales de operación y costos, y luego introducir un factor de seguridad por imprevistos (Comisión Nacional del Agua, 2007)

2.2.4. Conocimiento de las características de los tipos de residuos

Según Pérez, (2008), la composición del agua residual a tratar debe conocerse antes del tratamiento, para que éste resulte eficaz; la caracterización del agua permite conocer los elementos químicos y biológicos que contiene, proporcionando la información necesaria para el diseño de una planta de tratamiento eficaz.

2.2.5. Clasificación de los residuos

Según el autor, existe una clasificación y caracterización de los residuos en función de lo anteriormente descrito:

Residuos sólidos: conformados por los sólidos disueltos, productos capaces de atravesar un papel de filtro, y los suspendidos, que no pueden hacerlo. Los sólidos en suspensión se dividen a su vez en depositables y no depositables, dependiendo del número de miligramos de sólido que se depositan a partir de 1 litro de agua residual en una hora. Todos estos sólidos pueden dividirse en volátiles y fijos, siendo los volátiles, por lo general, productos orgánicos y los fijos materia inorgánica o mineral.

Concentración de materia orgánica: es medible a través de la demanda biológica o bioquímica de oxígeno (DBO₅), el cual es la cantidad de oxígeno empleado por los microorganismos a lo largo de un periodo de cinco días para descomponer la materia orgánica de las aguas residuales a una temperatura de 20°C.

DQO (demanda química de oxígeno): la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medio de dicromato en una solución ácida y convertirla en dióxido de carbono y agua.

PH: mide la acidez o basicidad de una muestra de aguas residuales.

Tabla 1. Valores típicos para los residuos sólidos y la DBO5 del agua residual doméstica

TIPOS DE SÓLIDOS	Sólidos (mg/L)			DBO ₅ mg/L	DQO mg/L
	a. Fijos	b. Volátiles	TOTAL		
1.- Disueltos	210	210	420	30	42
2.- Suspendidos	70	175	245	110	108
2.1.- Precipitables	45	100	145	50	42
2.2.- No precipitables	25	75	100	60	66
TOTAL	280	385	665	140	150

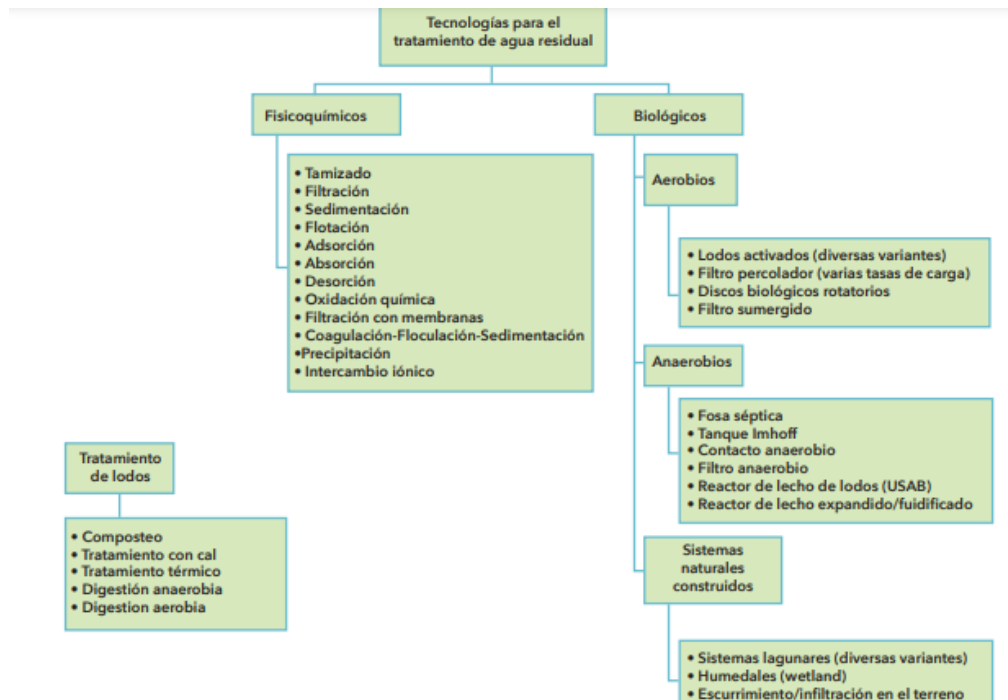
Fuente: (Pérez, 2008)

2.2.6. Tecnologías para el Tratamientos de Aguas Residuales

Noyola, Morgan-Sagastume, & Guereca, (2015) especifican que, en su guía de apoyo sobre tecnologías para tratamiento de aguas residuales municipales, que el propósito principal del tratamiento del agua residual es remover el material contaminante, orgánico e inorgánico, el cual puede estar en forma de partículas en suspensión y/o disueltas, con objeto de alcanzar una calidad de agua requerida por la normativa de descarga (Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales, 2015) a o por el tipo de reutilización a la que se destinará.

Los autores hacen alusión a que los sistemas de tratamiento de agua residual generan lodos que hay que tratar para poder disponer de ellos adecuadamente, y tal como se evidencia en la figura 1, existen cinco sistemas de tratamiento de lodos (biológicos y fisicoquímicos) los cuales deben ser integrados con los sistemas de tratamiento de agua residual dentro de lo que se denomina el tren integral de tratamiento de aguas residuales (tratamiento de agua y lodos).

Figura 1. Clasificación de tipos de procesos de tratamientos de aguas residuales, y sus diferentes combinaciones.



Fuente: (Noyola y otros, 2015)

El nivel de tratamiento para un agua residual depende del uso o disposición final que se le quiera dar al agua tratada, lo que puede estar determinado por alguna normatividad, sin embargo, existe una clasificación o tipificación general de dichos tratamientos, esbozada a continuación:

2.2.7. Estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) o por sus siglas en Latinoamérica, planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR).

De acuerdo con la información esbozada por Pérez, (2008) es una instalación acompañada de varios equipos mecánicos, eléctricos e hidráulicos, donde se llevan a cabo en mínimo tiempo y en un espacio más minúsculo, los procesos similares a los realizados de una manera natural, librando el agua residual de los compendios extraños que consigo, hasta obtener un explícito grado de pureza; a su vez está comprendido de varios procesos:

1. **Pretratamiento:** excluye de las aguas residuales todos los compendios de diferente tamaño, que, por fricción, pueden dañar el trabajo del sistema depurador, así como las arenas y elementos minerales varios.

2. **Tratamiento primario:** excluye por medios físicos los sólidos en suspensión no separados en el pre-tratamiento, a través de decantadores primarios, rectangulares o circulares.
3. **Tratamiento secundario:** subyuga la cuantía de materia orgánica no biodegradable que no se ha conseguido descartar en el tratamiento preliminar, esto es posible con el progreso de microorganismos preparados para asimilar dicha materia orgánica; puede ser bilógico o con biomasa fija.
4. **Tratamiento terciario:** excluye la materia orgánica que no ha sido detenida en el tratamiento biológico, o que no es biodegradable, y las sales inorgánicas disueltas, entre las que se subrayan el nitrógeno y el fósforo, que son dos de los mayores responsables de la eutrofización de los trazados y depósitos de agua.
5. **Tratamiento de fangos:** tratan el fango resultante de los volúmenes de tratamiento biológico de aguas residuales, estado compuestos por los siguientes procesos: **espesamiento** previo, para hacerlos más densos; **digestión**, para degradar la materia orgánica; **secado**, para reducir su volumen y facilitar su manejo y **eliminación** en descarga en vertedero, incineración, aplicación en la agricultura u otros usos.
6. **Tratamientos avanzados: el ozono y la reutilización de agua residual** Pérez, (2008) también explica, que por lo general se asume que el tratamiento terciario ya es un tratamiento avanzado, sin embargo, existe un tratamiento más avanzado para pasos adicionales para mejorar la calidad del efluente eliminando los contaminantes recalcitrantes hasta un 99%, reduciendo también el DBO₅, siendo esta la desinfección por tratamiento con ozono y considerada el método más íntegro; cuando este gas es inyectado en el agua, puede ejercer su poder oxidante mediante dos mecanismos de acción:
 - Oxidación directa de los compuestos mediante el ozono molecular.
 - Oxidación por radicales libres hidroxilo.

Hace hincapié Pérez, (2008), que “de los oxidantes más utilizados en el tratamiento de aguas, los radicales libres de hidroxilo y el ozono tienen el potencial más alto (son los más oxidantes). Ello explica la gran eficacia del ozono como desinfectante, así como su capacidad para oxidar materia orgánica del agua, eliminar olores y

sabores desagradables, y degradar compuestos químicos de diversa naturaleza”.
(Pág. 10)

2.2.8. Procesos aerobios

- **Sistemas de lagunas**

En estos sistemas, la simbiosis entre bacterias y algas se aprovecha para degradar la materia orgánica; las primeras consumen materia orgánica y oxígeno y producen CO₂, mientras que las segundas consumen CO₂ y producen oxígeno por medio de la fotosíntesis, lo que mantiene concentraciones de oxígeno disuelto adecuadas en la zona superior de la laguna. Un sistema de tratamiento basado en lagunas generalmente se compone de dos o tres estanques, conectados en serie (Noyola y otros, 2015)

- **Proceso de lodos activados**

Este proceso ha sido y es uno de los más utilizados en el mundo para el tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico o municipal. Existen alrededor de 13 variantes de lodos activados; los sistemas de flujo pistón, totalmente mezclado de media carga y el de aireación extendida (baja carga) son los más comunes. En los procesos de lodos activados, los microorganismos se encuentran mezclados con la materia orgánica que digirán para reproducirse y sobrevivir. (Noyola y otros, 2015)

- **Filtros percoladores**

En este sistema no se efectúa ninguna acción cribadora o filtrante, por lo que la palabra filtro no está correctamente empleada; sin embargo, el tiempo y el uso han generalizado el término debido a que el material de empaque presente, se pone en contacto a las aguas residuales con microorganismos adheridos en forma de biopelícula a un empaque, suficientemente espaciado para que circule el aire en forma natural; e la aireación se efectúa por convección natural, es decir, el aire fluye a través del medio empacado por diferencia de temperaturas entre el ambiente interno del reactor y el externo. (Noyola y otros, 2015)

- **Sistema de discos biológicos rotatorios**

Consiste en un empaque circular giratorio en el cual se encuentra la biomasa adherida. El disco rota sobre su eje lentamente (2 a 5 rpm) con un 40% de su superficie sumergida en el agua residual, mientras que el resto entra en contacto con el aire, es decir, la biopelícula interacciona con el aire y el agua en forma sucesiva. (Noyola y otros, 2015)

- **Filtro sumergido aerobio (FSA)**

Este sistema consiste de un tanque empacado con elementos plásticos, cerámicos o piedras de pequeño tamaño (inferior a los 2 cm). El empaque provee área para la adherencia de los microorganismos y se encuentra sumergido en el agua residual. El oxígeno debe ser incorporado al agua mediante difusores colocados en el fondo del reactor y acoplados a un sistema de compresión de aire. (Noyola y otros, 2015)

- **Reactor aerobio acoplado a membranas**

Un desarrollo relativamente reciente lo constituyen los reactores biológicos de membrana (MBR por sus siglas en inglés), sistemas compactos que se integran al acoplar un tanque de aireación completamente mezclado con un módulo de membranas de micro o ultrafiltración; las primeras retienen partículas hasta 0.1 micras y las segundas hasta 0.01 micras (Noyola y otros, 2015)

2.2.9. Procesos anaeróbicos

Los procesos anaeróbicos son distinguidos en base a las generaciones a las que pertenecen los reactores, los cuales a manera general tienen similitudes unos con otros y pueden ser de primera generación, segunda generación o tercera generación, lo que les distingue es las diferentes características o mejoras del proceso que los hacen más compactos y capaces de soportar mayores cargas orgánicas; e líneas generales los dos elementos fundamentales a tener en cuenta para clasificar a los sistemas anaerobios en generaciones es la interacción sustrato - microorganismo y la relación entre los tiempos de retención hidráulica y celular, tal como le expresa Noyola, Morgan-Sagastume, & Guereca, (2015).

Segun los autores, **los reactores de primera generación** son sistemas en su mayoría con biomasa sedimentada y sin mezclado, lo que limita grandemente la transferencia de masa (sustrato) entre el medio líquido y los microorganismos; mientras que **los reactores de segunda generación**, logran retener la biomasa en el sistema mediante la formación de una biopelícula sobre un empaque, o bien por la retención por sedimentación de un lodo denso activo, con la suficiente mezcla en la cama de lodos para favorecer la transferencia de masa. (Noyola y otros, 2015)

Finalmente, en **los reactores de tercera generación**, se avanza en la transferencia de masa del sistema al incorporar una alta velocidad de flujo ascendente en el reactor, lo que, aunado

a la elevada producción de biogás, resultado a su vez de la mayor carga volumétrica que pueden recibir estos reactores, provoca una fuerte mezcla en la cama de lodos, alcanzando su expansión y fluidificación. (Noyola y otros, 2015)

2.2.10. Clasificación de reactores según la generación

Tipos de reactores de primera generación

- Fosa séptica.
- Tanque Imhoff.
- Digestor de baja tasa.
- Digestor de alta tasa.
- Laguna anaeróbica.
- Reactor de contacto anaerobio.

Tipos de reactores de segunda generación

- Filtro anaeróbico
- Reactor anaeróbico de lecho de lodos con flujos ascendentes (UASB)
- Reactor anaeróbico de lecho expandido (EGSB)

Tipos de reactores de segunda generación

- Reactor anaeróbico de lecho fluidificado (100% expandido)

Tabla 2. Clasificación de los sistemas de tratamiento anaeróbicos

TIPO O GENERACIÓN	REACTOR	INTERACCIÓN SUSTRATO-MICROORGANISMO	RELACIÓN TRH/TRC	TRH	ANTIGÜEDAD DEL DESARROLLO
I	Fosa séptica	X	✓	Días	50 a 100 años
	Laguna anaerobia	X	✓		
	Tanque Imhoff	X X	✓ ✓		
	Digestor baja tasa	X	✓		
	Digestor alta tasa	✓ ✓	X		
	*Contacto anaerobio	✓ ✓	✓		
II	Filtro anaerobio	✓	✓ ✓	Horas	30 a 40 años (EGSB 15 años)
	UAS B	✓	✓		
	*EGS B	✓ ✓	✓		
III	Lecho fluidificado	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓	Minutos	15 años

x: reactores de transición entre generaciones X: no adecuado ✓: adecuado

Fuente: (Noyola y otros, 2015)

2.2.11. Tratamientos mixtos: Sistema natural construido tipo “WETLAND”

“WETLAND”, por sus siglas en inglés, es una especie de filtro de grava por lo común en donde se desenvuelve un sistema de raíces de plantas, que habitualmente corresponden al género *Phragmites* y *Thypha*, o también denominados carrizos, tules o totora en los países andinos, a través de los cuales fluye el agua a tratar, y donde se llevan a cabo diversos procesos de tratamiento, semejando el medio natural conocido como rizósfera. Estas plantas aportan el oxígeno atmosférico captado por las hojas a las raíces y rizomas, por lo que el agua residual se trata aeróbicamente, por los microorganismos presentes en la rizósfera, y anaeróbicamente, por aquellos organismos que se encuentran entre los intersticios del medio granular circundante. Las mayores ventajas sobre otros procesos son su bajo costo de operación, su fácil instalación y mantenimiento, además de producir un efluente de buena calidad (DBO5 promedio de 25 mg /l). (Noyola y otros, 2015)

2.2.13. Biofiltro para el control de olores

La biofiltración de corrientes gaseosas consiste en el paso del gas a través de un lecho empacado biológicamente activo, donde los contaminantes son absorbidos y degradados biológicamente por la población microbiana transformándolos a CO₂, agua, otros productos oxidados del metabolismo y nuevo material celular. Los biofiltros han sido aplicados con éxito en el tratamiento de malos olores en plantas de tratamiento, así como en plantas de compostaje. (Noyola y otros, 2015)

2.2.14. Nuevas estructuras para tratamiento de aguas residuales y el cambio climático

El aporte de los autores Noyola, Morgan-Sagastume, & Guereca, (2013) en su obra, guía para la selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales en ciudades pequeñas y medianas, es considerado de gran relevancia para el presente estudio, ya que da un gran connotación y valoración al tema del cuidado del medio ambiente, aspecto que hoy en día no se toma a consideración, en muchas de las construcciones urbanas y de las diferentes plantas de tratamientos para sus aguas residuales; por otro lado, el nivel de coincidencia con una zona urbana como Chorrera, le hace una guía ideal para la

generación de concombando de valor agregado en la enseñanza de futuros Ingenieros civiles en Panamá, y proyectos evocados en esta zona es especial que se encuentra en constante crecimiento poblacional y urbano.

Cabe señalar, según consideraciones de los autores, quienes le dan gran relevancia al cambio climático, el mismo traerá en el mediano y largo plazo modificaciones significativas al régimen climático y con ello al patrón de lluvias a nivel global y regional, lo que representa una notable coacción a las infraestructuras de suministro, purificación y tratamiento del agua, pues este tipo de obra es altamente sensible a los fenómenos ambientales severos, para lo cual, los autores proponen que toda nueva obra de saneamiento y urbana debe ser proyectada incorporando medidas de adaptación a los efectos del cambio climático, ya sea que se prevea un incremento en lluvias y escorrentías, o periodos de sequías más intensas. (Noyola y otros, 2015)

Cabe destacar según lo anteriormente descrito, que las medidas a tomar parten de un diagnóstico previo y detallado de las diferentes amenazas y aspectos vulnerables a los que se encuentre expuesto todo el proyecto en donde se tome a consideración lo siguiente (Noyola y otros, 2015):

- La localización de la planta de tratamiento debe entonces decidirse con información de un atlas de riesgos local que identifique las zonas propensas a inundaciones o deslizamiento de tierras.
- Las líneas de drenaje y cárcamos de bombeo deben estar protegidos de estos fenómenos en caso de existir riesgo de ocurrencia.
- El equipamiento electromecánico y otros elementos sensibles deben seleccionarse de manera de poder operar bajo el agua o bien protegerse con barreras físicas, como diques o colocarse sobre estructuras.
- En lo posible, la infraestructura debe alejarse de cauces de ríos, planicies propensas a inundaciones o de laderas que pueden volverse inestables por lluvias intensas.
- Un aspecto importante a tomar en cuenta es la especialización del personal requerido para operar la planta de tratamiento, sobre todo en regiones donde sea difícil contar con técnicos calificados.

- La selección de plantas de tratamiento de aguas residuales debe involucrar a todos los interesados, trabajadores, comunidad local, proveedores, gobierno, entre otros, desde el inicio y asegurar transparencia en los procesos de manejo y toma de decisiones previos a la construcción de la planta.
- La planta de tratamiento, al iniciar su operación, debe estar conformada por procesos de tratamiento que puedan operar cumpliendo con la legislación vigente al menos por un lapso de seis meses continuos sin que ameriten una labor de mantenimiento considerable.
- La planta de tratamiento debe ser capaz de resistir, controlar y tratar fluctuaciones de al menos el 15% del flujo de diseño, variaciones de concentración y tipo de contaminantes propios de casa habitación, unidades habitacionales y efluentes municipales.
- Se recomienda que la planta favorezca trenes de tratamiento de aguas residuales integrados por sistemas biológicos de tratamiento y no con sistemas de tipo fisicoquímico, a menos que se integre dentro del tren un tratamiento avanzado.
- Es conveniente que las plantas de tratamiento sean construidas en sitios en donde se pueda contemplar una zona de amortiguamiento en el perímetro de la planta.

2.2.15. Las nuevas tecnologías para el tratamiento de aguas residuales según World Water Development Report (2017), citado por (Alma Water Solutions, 2017)

- **Filtración por membranas:** no sólo han reducido los riesgos de salud y medioambiente asociados a las aguas residuales, sino que también han abierto nuevas vías como la reutilización potable. El uso de tecnologías de membrana como ósmosis inversa, microfiltración, ultrafiltración, entre otros, es cada vez más común para el tratamiento terciario o avanzado, especialmente en los países desarrollados. Además, a medida que las membranas continúan mejorando y los costos operacionales disminuyen.
- **Los biorreactores de membrana (MBR):** tecnología emergente, resultado de innovaciones de la separación por membranas, incorporándola al proceso de fangos activados. Actualmente, el número de plantas con tecnología MBR está en auge.

Los MBR ofrecen ventajas tales como compacidad, flexibilidad y capacidad de operar de una manera totalmente fiable bajo control remoto.

- **Las células de combustible microbianas:** esta innovación tecnológica, basada en procesos bioelectroquímicos, se comenzó a aplicar en el tratamiento de aguas residuales durante esta última década, con el fin de producir energía (corriente eléctrica) mediante la utilización de la digestión anaeróbica, la cual imita las interacciones bacterianas que se encuentran en la naturaleza. Esta tecnología puede reducir significativamente los costos del proceso de tratamiento y la cantidad de fangos sobrantes. Sin embargo, teniendo en cuenta los retos que plantea su aplicación práctica, se necesitan mejoras para superar las altas necesidades energéticas.
- **Los nuevos desarrollos en los procesos de tratamiento biológico:** han resultado exitosos debido a la alta eficiencia y bajos costos de inversión y operación. Ejemplos incluyen procesos innovadores para eliminación de nitrógeno mejorado tal como SHARON (sistema de un solo reactor para la eliminación biológica de nitrógeno vía nitrito), ANAMMOX (oxidación anaerobia de amonio) y BABE (potenciación de organismos nitrificantes), así como procesos de cristalización mineral para la recuperación y reutilización del fósforo. Los procesos de tratamiento de los fangos granulares también están surgiendo mediante el uso de estructuras microbianas de ingeniería. El primer fango granular se comercializa bajo el nombre de NEREDA.
- **La nanotecnología:** es un campo emergente y creciente con aplicaciones muy prometedoras en el tratamiento de aguas residuales, así como en la calidad del agua y el monitoreo de aguas residuales. En la actualidad, las aplicaciones de la nanotecnología en el tratamiento del agua y las aguas residuales se centran en la tecnología de maduración y demostración a gran escala.
- **Los sistemas innovadores de monitoreo y control de aguas residuales están encontrando aplicaciones en la mejora de tecnologías ya existentes:** los avances tecnológicos más prometedores incluyen técnicas de monitoreo con nuevos sensores, dispositivos de telemetría computarizados y herramientas innovadoras de

análisis de datos. La investigación en nuevos sensores y sistemas de control es uno de los campos que más avanza en la actualidad. Nuevos métodos para controlar el tratamiento de aguas residuales están introduciéndose continuamente, incluyendo aplicaciones móviles para operar SCADA (Control de Supervisión y Adquisición de Datos) para el monitoreo en remoto y el control de los sistemas de aguas residuales.

- **Los sistemas de tratamiento natural (sistemas de humedales)** son cada vez más atractivos como soluciones naturales para complementar las limitaciones tecnológicas existentes.
- **El modelado:** se ha convertido en un aspecto importante de los nuevos desarrollos de investigación en el campo de las aguas residuales, como conocimientos fundamentales sobre avances en microbiología y bioquímica, y la mejora de la capacidad computacional. El modelado no sólo permite la transferencia de conocimientos científicos a aplicaciones prácticas, sino que facilita la comunicación entre científicos e ingenieros a nivel mundial.

2.2.16. Situación del saneamiento y las aguas residuales a nivel nacional

Según un informe sobre La Gestión de Excretas y Aguas Residuales en Panamá de FORCARD APS (Foro Centroamericano y Republica Dominicana de Agua Potable y Saneamiento), (2013), En Panamá, para el año 2010, ya existían tres grandes desafíos para avanzar en la gestión de las aguas residuales y las excretas los cuales mencionan:

“a) Lograr el consenso y coordinación con todos los actores del sector tanto públicos como privados y los usuarios, para realizar una reestructuración administrativa y financiera que le ofrezca una real autonomía y sostenibilidad a la institución operadora, de forma que amplíe su cobertura y brinde un servicio de manera eficaz y eficiente a nivel nacional, tanto en áreas urbanas como rurales; b) La falta de una política nacional y/o sectorial, que ha sido la causante de que se tengan problemas de gobernabilidad, multiplicidad de actores y que los recursos se distribuyan políticamente; y c) La información

relacionada con saneamiento está disgregada y no es de fácil acceso a las partes interesadas.” (Pág.3)

Por otro lado, según datos analizados para este informe durante monitoreo del año 2010, en 35 de las 52 cuencas en total, que el 86% manifestaba a la fecha niveles de contaminación que fluctuaban entre lo “aceptable a poco contaminado”, mientras que en el 14% remanente, los niveles iban de “contaminado a altamente contaminado”, sobre todo en las cuencas que delimitan la zona urbana de la ciudad de Panamá, siendo la principal fuente de contaminación e vertedero de aguas domesticas residuales sin tratamiento en la bahía de Ciudad de Panamá . (Foro Centroamericano y República Dominicana de Agua Potable y Saneamiento (FOCARD-APS), 2013)

Finalmente, el informe arrojaba como resultados que, para el año en curso, 2010, la situación de las aguas residuales no era acorde al ritmo de crecimiento que llevaba el país y

aunque entraría en funcionamiento la principal obra de ingeniería sanitaria la cual era el proyecto de Saneamiento de la Bahía y de la Ciudad de Panamá, importantes sectores del área metropolitana quedarían excluidos a largo plazo, pues el mismo, fue diseñado en su primera fase para manejar un caudal de 2.2 m³/seg. equivalentes a (180 mil m³/día). (Foro Centroamericano y República Dominicana de Agua Potable y Saneamiento (FOCARD-APS), 2013).

Dentro de los datos más relevante de este informe del Foro Centroamericano y República Dominicana de Agua Potable y Saneamiento (FOCARD-APS), (2013), se conoce que a manera general, que, en el tratamiento de los residuos en el país, las tecnologías más utilizadas son los sistemas de alcantarillados (recolección con y sin tratamientos que incluyen lagunas de oxidación, tanques sépticos, fosas Imhoff y plantas de tratamiento). Sin embargo, algunos de estos sistemas no están conectados porque pertenecen a procesos urbanos no planificados.

Por otro lado, se conoce que en el sector urbano, el tipo de tecnología utilizada para el manejo de residuos, se asocia con el tamaño del lote, ya que el Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial (MIVIOT), disponía para este momento, de una regulación al

respecto, la cual no se obedecía en las áreas contiguas, donde ya para el 2010 existía gran predominancia de asentamientos informales no planificados, en las cuales la única opción era la letrina, en el mejor de los casos; sumado a esto, en el área rural, además de los factores culturales, inciden sobre la decisión el costo y la disponibilidad de los materiales y el acceso al agua. (Foro Centroamericano y República Dominicana de Agua Potable y Saneamiento (FOCARD-APS), 2013)

Ya para el 2015, la cobertura de agua potable es de 98,2% en áreas urbanas y 75,5% en áreas rurales y en cuanto al acceso a saneamiento, la cobertura a nivel nacional es del 93,4%, estando un 30,3% de la población conectada a alcantarillado, 29,7% a tanques sépticos y 33,4% a letrinas, según datos suministrados por Banco Interamericano De Desarrollo, (S.f)

2.2.17. Panamá Oeste

En cuanto a la provincia de Panamá Oeste, los distritos de Arraiján y La Chorrera, constituyen un paso imprescindible de la población del interior del país hacia la ciudad de Panamá, ubicada a 35 km al este, y esto a su vez, cuentan al 2015, con una población de 464.000 habitantes, de los cuales el 22% vive bajo la línea de pobreza, El 98,5% de esa población tiene acceso a agua potable y solamente el 37,5% a alcantarillado sanitario. (MIVIOT, 2017)

En virtud de lo anteriormente descrito, y en miras del crecimiento exponencial de esta zona, el Gobierno de Panamá regimentó la obligación de construir pequeñas plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PPTAR), en edificios y urbanizaciones nuevas, generando con esto, una solución condicionada, restringida e ineficaz, por su alto costo e inefectiva a mediano plazo ya que las PTAR construidas habitualmente no son operadas en forma adecuada y son difíciles de controlar y monitorear. Como consecuencia, los principales ríos de los Panamá Oeste, Caimito, Aguacate, Prudente, Bernardino, Martín Sánchez y Perequetecito, poseen aun en la actualidad niveles de contaminación orgánica y bacterial muy elevados. (BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO, S.f)

En relación a las redes de alcantarillado el informe de Banco Interamericano de Desarrollo, (S.f), alude que, en el caso de los centros urbanos de estos tienen una longitud de 820 km,

de los cuales 36% se construyeron en los últimos cinco años en urbanizaciones, en donde vive el 27% de la población. En general las redes son deficientes, antiguas, algunas datan de 1941, presentan problemas de deterioro y capacidad hidráulica insuficiente y tienen conexiones cruzadas con aguas pluviales, todo lo cual provoca descargas o desbordes de aguas residuales a las calles, quebradas y ríos de los Panama Oeste en distintos puntos.

2.2.18. análisis FODA Del Sistema De Tratamiento De Aguas En El Distrito De La Chorrera

Este análisis se realiza a partir de los hallazgos del análisis de la situación actual, con el cual se empiezan a reconocer las posibles soluciones del problema. Se establecen dos escenarios; uno interno que contempla las fortalezas y debilidades del proyecto; otro externo en el cual se encuentran las amenazas y oportunidades en las cuales contienen todas las características extraídas para el análisis de proyecto, posteriormente se realiza una síntesis para poder agrupar y resumir las mismas. Se realiza una matriz de confrontación, en las cuales se agrupa y se les aplica un nivel de importancia.

Tabla 3. Comentarios del Análisis FODA y oportunidades identificadas.

	INTERNO	EXTERNO
	FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
POSITIVO	- El problema del agua es mundial por lo tanto este proyecto beneficiaría en una investigación a la solución del problema de escases de agua en las necesidades básicas. - El aprovechamiento de las aguas residuales es un tema que beneficia a la población para bajar los problemas de	- Otros proyectos se han enfocado en disminuir la contaminación producida por aguas residuales, por lo tanto, se puede aprovechar esa información. - Muchos proyectos se han enfocado en acciones de información para el ahorro de agua, aprovechar esta información es fundamental

	contaminación y desperdicio. - La reutilización de las aguas grises es un tema poco investigado en el ámbito del reúso de aguas. - El objetivo es claro del deseo de la reutilización de las aguas para la aplicación de actividades donde no es necesario el agua potable. - La iniciativa de realizar este proyecto inicia por la falta de conciencia por parte de la población en el uso del agua potable.	para desarrollar productos que realicen esas acciones. -El aprovechamiento de las aguas residuales podría ayudar a bajar la facturación del agua. -La investigación que se a realizado alrededor de este tema ayuda a encontrar oportunidades en productos e investigaciones en la parte social y como llegar a la población con mayor facilidad.
	INTERNO	EXTERNO
	DEBILIDADES	AMENAZAS
NEGATIVO	- No existe una experiencia con los procesos químicos que se deben realizar para la limpieza del agua. . - Ya existen productos que tratan las aguas residuales.	- El exceso de información sobre este tema puede impedir demostrar la importancia de lo que se desea implementar. - La rivalidad entre empresas puede traer problemas de

	- Existe gran cantidad de productos para el almacenamiento de agua. - No se puede probar si los sistemas realmente funcionan sino es con apoyo de la empresa privada. - Falta de experiencia en proyectos similares.	- implementación del proyecto - Apatia por resolver el problema de escases de agua puede provocar rezago en la investigación
--	--	---

Fuente: El Autor, (2022)

A partir de los cuadros anteriores se determinan las oportunidades, fortalezas, debilidades y amenazas más importantes y se analizan cuales se pueden extraer para crear estrategias.

Tabla 4. Análisis FODA.

Fortaleza • Problema mundial. • Aprovechamiento del agua. • Interés de la población. • Reúso de agua en viviendas es un tema • poco desarrollado. • Deseo de cooperación. • Capacitación. • Minimización de ciclos. • Integración de productos. • Sistema centralizado en viviendas	Oportunidades • Información de otros proyectos. • Deseos de alianzas. • Nuevas tecnologías en el país. • Nueva ley de recurso hídrico. • Deseos de bajar la facturación de agua potable. • La investigación de otros proyectos ayuda a la parte social
Debilidades • Falta de experiencia. • Difícil comunicación con los entes del gobierno. • Existen productos que resuelven el problema individualmente. • Falta de equipo para hacer pruebas. • Información técnica	Amenazas • Miedo al cambio. • Bombardeo de información • de ahorro de agua. • Rivalidad entre empresas. • Apatía.

Fuente: El Autor, (2022)

2.2.19. Características De Las Infraestructuras De Tratamiento

2.2.19.1. Planta de Infraestructura y sus Características Generales

Hay una idea popular errónea de que el tratamiento inadecuado de los residuos es un problema sobre todo de los países en desarrollo. Sin embargo, los sistemas anticuados y deteriorados de tratamiento de aguas cloacales que prestan servicio a muchos países desarrollados, entre ellos los Estados Unidos, el Reino Unido y las naciones de la Unión Europea, se enfrentan a problemas de residuos igualmente importantes.

El problema más grave surgió a raíz de un fallo de diseño de los sistemas de tratamiento de finales del siglo XIX y principios del XX, conocido como desbordamiento de alcantarillado combinado (CSO, por sus siglas en inglés). Estos sistemas envían los desechos y las aguas pluviales por las mismas tuberías, lo que funciona bien hasta que se producen lluvias torrenciales; algo cada vez más frecuente, debido al cambio climático. Es entonces cuando el torrente de agua sucia debe circular por las plantas de tratamiento saturadas y, como consecuencia, arroja miles de litros de aguas residuales sin tratar o parcialmente tratadas a ríos, lagos y océanos.

Los CSO son un dolor de cabeza heredado de las aguas residuales, cuyo arreglo puede costar muchos miles de millones de dólares por municipio, una carga financiera que la mayoría de las metrópolis con problemas de liquidez no puede permitirse. Una solución cara: construir túneles profundos, que aumenten la capacidad de almacenamiento de los alcantarillados y, en teoría, den tiempo para que el agua se trate y se elimine como corresponde durante las tormentas. Uno de esos sistemas implementado en Milwaukee con Claramente se necesitan otras soluciones. Entre las opciones más costosas se incluyen el control mejorado de la corriente del agua residual, la separación de los sistemas de tuberías pluviales y cloacales, y la ampliación de las plantas de tratamiento. También se están desarrollando tecnologías de tratamiento rápido del agua.

Los expertos coinciden en que no hay una única solución para los CSO, sino una infinidad de medidas que pueden implementarse. “Se trata de una combinación de infraestructura verde y gris”, dice Barry Liner, director técnico de Water Environment Federation.

2.2.19.2. Procesos de tratamiento y capacidad Instalada

El Proceso De Tratamiento

En la situación más completa, la planta de tratamiento prevé:

- Un pretratamiento químico-físico para la precipitación de metales y la separación de lodos sedimentados.
- Una estación de filtración a presión para la eliminación de los sólidos en suspensión y la oxidación catalítica de algunos metales (típicamente hierro y manganeso).
- La eliminación de compuestos orgánicos volátiles.
- Una estación de filtración para terminar el efluente antes de la descarga.

2.2.19.3. Contenido De La Planta

En general, cada planta incluye:

- Una estación de dosificación que comprende tanques para reactivos (coagulantes y floculantes) y las correspondientes bombas dosificadoras.
- Una estación de reacción y sedimentación, que consiste en un tanque de reacción sectorial, el último de los cuales se dedica a la separación de los lodos sedimentados; el tanque se completa con un sistema de tratamiento de los efluentes gaseosos mediante cartuchos de carbón activado.
- Una estación de filtración a presión *primaria*, que consiste en una batería de filtros de presión llenos de cuarcita y/o pirolusita.
- Una estación de despojo, para la eliminación de compuestos orgánicos volátiles.
- Una estación de filtración a presión *final* para cada línea de tratamiento, compuesta por filtros de presión llenos de carbón activado para terminar el efluente antes de la descarga, que funcionan en paralelo.

- Un almacenamiento intermedio dedicado al agua de retro- lavado y al efluente de la deshidratación del lodo, utilizado para acumular las aguas de proceso en espera de su relanzamiento en la cabecera de la planta.
- Un almacenamiento final dedicado al agua tratada para cada línea de tratamiento, utilizado para acumular el agua tratada con miras a su reutilización dentro de la planta para el retro-lavado de las estaciones de filtración.
- Una estación mecánica de deshidratación de lodos sedimentados, que comprende una estación de acondicionamiento de lodos sedimentados, un tanque de reserva para alimentar la prensa de filtro, una prensa de filtro de placas y un contenedor basculante para almacenar los lodos deshidratados.

2.2.20. Área de influencia

Una visión alternativa para el tratamiento de agua que sea accesible al bolsillo de los municipios y de los pobladores, y bondadoso con el medio ambiente, debe incluir la descentralización de las plantas de tratamiento, un cambio en el tipo de procesos que se emplean, efectuarse a una escala menor, con un costo menor a mediano y largo plazo, incluir varios tipos de reúso e involucrar a los usuarios, como veremos aquí.

2.2.21. Planta así listar las infraestructuras existentes del sistema de aguas residuales.

Se necesita de infraestructura para suministrar agua potable a los ciudadanos, comunidades, empresas e industrias; reunir, tratar y descargar aguas residuales y manejar la escorrentía de aguas pluviales, y para prevenir inundaciones. Por otro lado, los efectos del cambio climático se evidencian en ciudades y países de todo el mundo sufren condiciones climáticas más frecuentes y severas que ha causado que aumenten los niveles de los océanos, lagos y ríos debido a fuertes tormentas, inundaciones e intensas sequías, lo cual amenaza nuestros recursos hídricos, además de que sobrecargan y hacen más vulnerables nuestras infraestructuras hídricas.

Contar con una infraestructura efectiva y resistente es esencial para la salud pública y ambiental y para los sectores económicos del mundo, desde lo farmacéutico a lo agrícola y las industrias de servicios. Las interrupciones o pérdida de los servicios de aguas o de aguas

residuales, una reducción de la cantidad y calidad del agua, sumado a sistemas inadecuados o desastres hidrológicos causados por inundaciones o contaminaciones, como resultado de no realizar inversiones en la infraestructura de los cuerpos de agua, pone en riesgo la salud pública, la economía y el ambiente.

El rechazo a asignar suficientes recursos, postergar el mantenimiento y no priorizar la inversión para desarrollar, mantener, reparar y reemplazar infraestructuras para aguas y aguas residuales ha llevado a severas ramificaciones en países desarrollados y en desarrollo. La importancia del manejo del agua nunca había sido más necesaria, desde la crisis de contaminación del agua en Flint, Michigan, Walkerton, Ontario y Mutare, Zimbabwe, plantas inadecuadas de tratamiento de desagües, tratamientos de descargas en el río Yamuna en la India hasta cerca de 30% de captación de agua perdida por fugas en sistemas de suministro de agua, según el Informe 2016 de las Naciones Unidas sobre los Recursos Hídricos Mundiales.

Las agencias públicas, dueños de servicios públicos y operadores actualmente intentar superar la brecha entre las demandas actuales y futuras de suministro de agua, así como la financiación de los costos operativos y de capital para sustentar y crear infraestructuras hidrológicas más resistentes. Adicionalmente, bajo una mayor presión sin precedentes para hacer más con menos y para encontrar nuevos medios de pago de infraestructuras, los dueños y operadores de recursos hídricos reconocen que es esencial entender y optimizar la capacidad de sus activos.

2.2.22. opciones de Tratamiento de Aguas Ecoamigables

2.2.22.1. Tratamiento y reutilización de aguas residuales mediante humedales: Alternativa ecológica para poblaciones con problemas de abastecimiento.

La falta de acceso a agua potable puede considerarse uno de los mayores problemas en la actualidad, localizada fundamentalmente en países clasificados del Tercer Mundo o en vías de desarrollo. Los problemas de abastecimiento se ven agravados debido a la infiltración de aguas residuales procedentes de los pueblos a las corrientes y fuentes de agua utilizados para consumo humano, agricultura y ganadería, provocando su contaminación y la

proliferación de enfermedades como diarreas, gastroenteritis, malaria, fiebres, cólera, tifus, etc.

En el caso de zonas donde las sequías sean frecuentes, todos estos problemas se ven agravados y ampliados, uniéndose los riesgos de desertización, muerte cosechas y ganado, enfermedades, etc. que las sequías pueden causar. La alternativa para estas poblaciones pasa por encontrar tratamientos del agua residual que sean económicos, a la vez que ecológicos, y que permitan una reutilización del agua tratada para ciertos usos como alternativa de abastecimiento.

El caso de los humedales artificiales construidos por el Rural Development Trust de la Fundación Vicente Ferrer en la provincia de Anantapur (India), constituyen un interesante ejemplo de aplicación de sistemas económicos, ecológicos y efectivos para el tratamiento de aguas residuales.

La falta de acceso a agua potable puede considerarse uno de los mayores problemas en la actualidad, localizada fundamentalmente en países clasificados del Tercer Mundo o en vías de desarrollo. Los problemas de abastecimiento se ven agravados debido a la infiltración de aguas residuales procedentes de los pueblos a las corrientes y fuentes de agua utilizados para consumo humano, agricultura y ganadería, provocando su contaminación y la proliferación de enfermedades como diarreas, gastroenteritis, malaria, fiebres, cólera, tifus, etc. En el caso de zonas donde las sequías sean frecuentes, todos estos problemas se ven agravados y ampliados, uniéndose los riesgos de desertización, muerte cosechas y ganado, enfermedades, etc. que las sequías pueden causar. La alternativa para estas poblaciones pasa por encontrar tratamientos del agua residual que sean económicos, a la vez que ecológicos, y que permitan una reutilización del agua tratada para ciertos usos como alternativa de abastecimiento. En este sentido, la construcción de humedales artificiales puede ser una solución que cumple con los requisitos mencionados.

2.2.22.2. Humedales artificiales

Los humedales naturales son grandes extensiones de terrenos encharcados de agua, como ciénagas o marismas. Estos sistemas actúan como biofiltros naturales, eliminando

sedimentos y contaminantes (por ejemplo, metales pesados) de las aguas. Frente a estos, los humedales artificiales se pueden definir como sistemas específicamente contruidos para el control de contaminantes y la gestión de residuos acuosos en lugares donde no existen humedales de forma natural. Los humedales artificiales se han usado con éxito para el tratamiento de aguas residuales con diferentes tipos, como procedentes de hospitales, aguas residuales municipales, procedentes de la actividad agrícola o del drenaje de minas. La vegetación presente en un humedal proporciona un sustrato orgánico (raíces, tallo y hojas) en el que los microorganismos capaces de asimilar bacteria orgánica residual (acción depuradora) pueden fijarse y crecer. Esto, junto con procesos químicos naturales, permite la eliminación de contaminantes y la depuración efectiva del agua residual.

Estos sistemas de depuración permiten tratar aguas residuales con diferentes tipos de contaminantes y en diferente concentración, permiten el reciclado y reutilización del agua de una manera relativamente sencilla, los gastos de operación y mantenimiento son bajos y no requieren personal cualificado ni maquinaria específica para su operación.

Un ejemplo de la aplicación de humedales artificiales para el tratamiento de aguas lo encontramos en la India, más concretamente en la provincia de Anantapur. Esta zona, con una población de 4 millones de habitantes, ha sufrido más de 45 épocas de sequía severa en los últimos 100 años. La Fundación Vicente Ferrer en la India (Rural Development Trust-FVF-Anantapur) ha propuesto una serie de programas para combatir las sequías y mitigar los efectos adversos como la desertificación en esta zona. Uno de estos programas, referido al tratamiento y reutilización del agua, busca la implantación de métodos sencillos y baratos para el tratamiento de aguas residuales por medios naturales y ecológicos (humedales), que benefician al hombre y al medio ambiente sin coste para ambos.

En este sentido, el RTD-FVF-Anantapur empezó en 2006 la construcción de un humedal artificial para el tratamiento de agua residual de un hospital y su reutilización para el riego de plantas de la zona. Desde entonces, otros 2 humedales más han sido contruidos por esta organización, utilizando tecnología y bajo la supervisión técnica de The Ecovillage Institute.

Las fases de construcción de un humedal están representadas en la figura 3. En la figura 4 se representa el flujo de agua residual desde su producción hasta su reutilización después de ser depurada en el humedal. Esta fase se ve reforzada por un tratamiento de desinfección con radiación ultravioleta antes de su utilización. Parte del agua residual que se llega a la fosa séptica se dirige al humedal mediante un sistema flow splitter. Tras su paso por el humedal, las aguas se recogen en un tanque colector, se somete a un sistema de desinfección en línea y finalmente se lleva a un tanque de almacenamiento para su uso posterior en riego de plantas.

2.3. Hipótesis

Basándome en el título de la tesis, "Análisis Descriptivo de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales para Mejorar la Gestión y Protección del Medio Ambiente en las Zonas Urbanas de Panamá Oeste, Distrito de La Chorrera, 2022", me parece que la investigación se centra en realizar un análisis descriptivo de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en una ubicación específica y cómo esto podría contribuir a la gestión y protección del medio ambiente.

En este caso, el enfoque me parece que está en describir y analizar la situación existente de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y cómo podría haber un impacto en la gestión y protección del medio ambiente. Dado que el título no indica una relación específica entre variables que puedan ser probadas o refutadas, no me parece que haya una hipótesis clara en este contexto. En lugar de una hipótesis, es más probable que el estudio se centre en la recopilación y análisis de datos descriptivos para comprender mejor la situación actual y su impacto potencial en el medio ambiente.

Sin embargo, esto es una interpretación basada en el título. En muchos casos, las hipótesis pueden no estar explícitas en el título, pero podrían desarrollarse más a fondo en la introducción o en otros componentes de la investigación una vez que se haya delimitado el alcance del estudio y se hayan recopilado más detalles sobre la investigación.

En una tesis de análisis descriptivo, la principal meta es recopilar y presentar información detallada y objetiva sobre un tema específico, sin necesariamente establecer relaciones causales o intentar probar hipótesis. En este tipo de tesis, el

enfoque está en describir y comprender la situación o fenómeno en cuestión de manera exhaustiva y precisa.

Dado que el análisis descriptivo se centra en la presentación de datos y en la descripción de la realidad observada, no es estrictamente necesario incluir hipótesis en este tipo de investigación. **Las hipótesis generalmente se utilizan cuando se busca probar una relación causal o plantear una suposición específica que se pueda validar o refutar a través del análisis de datos.**

Sin embargo, esto no significa que no se puedan plantear preguntas de investigación o objetivos específicos para guiar el estudio de análisis descriptivo. Estos objetivos pueden ayudar a estructurar la investigación y a definir lo que espero lograr con el análisis descriptivo, aunque no se trate necesariamente de hipótesis en el sentido tradicional.

En resumen, en una tesis de análisis descriptivo, el énfasis está en describir y analizar la situación o fenómeno de manera detallada y objetiva. Si bien no es necesario incluir hipótesis en este enfoque, es importante definir claramente las preguntas de investigación u objetivos para orientar y delimitar el estudio.

2.3.1. Hipótesis

En este estudio de análisis descriptivo de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las zonas urbanas de Panamá Oeste, Distrito de La Chorrera, durante el año 2022, se plantean las siguientes hipótesis:

2.3.1.1. Hipótesis General

"El análisis descriptivo de los sistemas de tratamiento de aguas residuales contribuyen en mejorar la gestión y protección del medio ambiente en las zonas urbanas de Panamá Oeste, Distrito de La Chorrera."

2.3.1.2. Hipótesis Específicas

"La implementación de tecnologías avanzadas en los sistemas de tratamiento de aguas residuales mejora la eficiencia en la eliminación de contaminantes."

"Los sistemas de tratamiento de aguas residuales que cumplen con las normativas ambientales tendrán una menor concentración de contaminantes en sus efluentes."

"La implementación de tecnologías avanzadas en los sistemas de tratamiento de aguas residuales mejora la eficiencia en la eliminación de contaminantes."

2.4. Operacionalización de Variables

Operacionalización de Variables: Para operacionalizar las variables de este estudio, se utilizarán los siguientes indicadores:

Variable Independiente: "Análisis descriptivo de los sistemas de tratamiento de aguas residuales"

3.2.2 Variable Dependiente: "Mejoramiento de la gestión y protección del medio ambiente".

Tabla 5. Operacionalización de la variable

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN					
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADOR	ÍTEMES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Análisis descriptivo de los sistemas de tratamiento de aguas residuales"	El "Análisis descriptivo de los sistemas de tratamiento de aguas residuales" se refiere a la evaluación exhaustiva y detallada de la infraestructura, operatividad, rendimiento y cumplimiento normativo de las instalaciones destinadas al tratamiento de aguas residuales en las áreas urbanas de Panamá Oeste, específicamente en el Distrito de La Chorrera, durante el año 2022. El análisis busca comprender en profundidad el funcionamiento de los sistemas de tratamiento y su impacto en la gestión y protección del medio ambiente en esta región.	• Infraestructura y Equipamiento: Evaluación de la calidad, capacidad y estado de los componentes físicos de las plantas de tratamiento. • Operatividad y Mantenimiento: Análisis de las prácticas operativas, protocolos de mantenimiento y capacidad de respuesta ante situaciones adversas. • Cumplimiento Normativo y Regulaciones: Evaluación del grado de adhesión a las normativas y regulaciones ambientales establecidas.	• Eficiencia de Tratamiento: Evaluación de la capacidad de los sistemas para remover contaminantes y alcanzar los estándares de calidad requeridos. • Frecuencia y Calidad del Mantenimiento: Medida de la regularidad y eficacia de las actividades de mantenimiento. • Cumplimiento Normativo: Verificación del nivel de cumplimiento de las regulaciones ambientales aplicables.	➢ Infraestructura y Equipamiento de las Plantas ➢ Prácticas Operativas y Mantenimiento ➢ Cumplimiento de Normativas Ambientales	➢ Inspección Visual: Evaluación directa de las instalaciones y equipos. ➢ Entrevistas: Diálogos con el personal técnico y operativo para obtener información detallada sobre los procesos. ➢ Revisión de Documentos: Análisis de registros de operación, informes de mantenimiento y documentos normativos. ➢ Muestreo y Análisis Químicos: Recolección de muestras de agua y análisis en laboratorio para medir la calidad del tratamiento.
"Mejoramiento de la gestión y protección del medio ambiente".	"Mejoramiento de la gestión y protección del medio ambiente" se refiere a la implementación de acciones y estrategias dirigidas a optimizar la planificación, operación y control de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las zonas urbanas de Panamá Oeste, específicamente en el Distrito de La Chorrera, durante el año 2022. Este proceso busca elevar la eficiencia, sostenibilidad y cumplimiento normativo de dichos sistemas, con el propósito de reducir la contaminación y minimizar los impactos ambientales negativos, contribuyendo así a la conservación y preservación del medio ambiente en esta región.	➢ Planificación y Estrategias: Evaluación de la formulación de planes y enfoques estratégicos para la gestión de aguas residuales. ➢ Operación y Control: Análisis de las prácticas operativas y sistemas de control implementados en las plantas de tratamiento. ➢ Cumplimiento Normativo y Sostenibilidad: Evaluación del apego a las regulaciones ambientales y la sostenibilidad a largo plazo de las acciones implementadas.	➢ Eficiencia de Tratamiento Mejorada: Medición del incremento en la capacidad de los sistemas para eliminar contaminantes y cumplir con los estándares de calidad. ➢ Reducción de Contaminantes: Evaluación de la disminución de la carga contaminante liberada al medio ambiente después de implementar mejoras. ➢ Cumplimiento de Normativas: Verificación del cumplimiento con las regulaciones ambientales y normativas relacionadas.	➢ Planificación y Estrategias de Gestión. ➢ Mejoras en Operación y Control. ➢ Cumplimiento Normativo y Sostenibilidad.	➢ Análisis Documental: Revisión de planes estratégicos, informes de operación y registros de cumplimiento normativo ➢ Entrevistas y Encuestas: Diálogos con expertos, personal operativo y usuarios para obtener percepciones sobre las mejoras implementadas. ➢ Monitoreo Ambiental: Seguimiento de la calidad del agua antes y después de la implementación de mejoras. ➢ Análisis Estadísticos: Uso de herramientas estadísticas para evaluar la significancia de las mejoras en términos de eficiencia y cumplimiento.

Fuente: El Autor (2023)

CAPÍTULO III
DISEÑO O METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3. Metodología de La investigación

3.1. Tipo y Diseño de la Investigación

La investigación será de tipo descriptiva. Se busca obtener una descripción detallada y sistemática de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las zonas urbanas de Panamá Oeste, Distrito de La Chorrera, durante el año 2022. El objetivo es conocer en profundidad las características, eficiencia y cumplimiento de normativas de estos sistemas, sin intervenir ni modificar las variables en estudio. El diseño de la investigación será **no experimental y transversal**. Se recopilarán datos en un solo momento en el tiempo, sin realizar intervenciones o manipulaciones en las variables. Se analizarán datos existentes y se llevarán a cabo entrevistas estructuradas, observación directa y revisión documental para obtener información sobre el estado actual de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

3.2. Población y Muestra

Población: La población de esta investigación está compuesta por todos los estudios y análisis documentados anteriormente sobre los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las zonas urbanas del Distrito de La Chorrera, Panamá Oeste, durante el año 2022. Esto incluye informes, investigaciones, datos recopilados y cualquier otro documento relevante relacionado con el tema de interés.

3.3. Muestra

Dado que la investigación se basa en datos previamente documentados, no se realizará una muestra en el sentido tradicional de la recolección de datos directa. En cambio, se llevará a cabo una revisión exhaustiva de la literatura disponible y se seleccionarán los estudios y análisis pertinentes que satisfagan los criterios de inclusión establecidos previamente.

La muestra consistirá en una selección representativa de estudios y análisis documentados que aborden el estado de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en la región de estudio durante el año 2022. Se incluirán aquellos

documentos que proporcionen información relevante sobre la capacidad de tratamiento, el cumplimiento normativo, la eficiencia del tratamiento y otros aspectos clave de interés para el análisis descriptivo.

Enfoque. El proceso de selección de la muestra se llevará a cabo de manera rigurosa, utilizando criterios de inclusión y exclusión bien definidos para garantizar la relevancia y validez de los datos documentados seleccionados. Además, se hará referencia adecuada a las fuentes utilizadas para respaldar la veracidad y credibilidad de los resultados obtenidos a partir de los documentos seleccionados.

3.4. Técnicas e Instrumentos para la Recolección de la Información de Campo

Dado que los datos serán obtenidos de estudios y análisis documentados anteriormente, las técnicas e instrumentos para la recolección de información de campo no serán aplicables en este caso. En su lugar, se llevará a cabo una revisión sistemática de la literatura y análisis de documentos disponibles que aborden los temas relacionados con los objetivos específicos de la investigación. A continuación, se detallan los pasos a seguir para cada objetivo específico:

Identificar las fortalezas y debilidades de los sistemas de tratamiento de aguas residuales:

Revisión sistemática de informes y estudios previos sobre las plantas de tratamiento en la región de Panamá Oeste. Se puede utilizar bases de datos científicas y bibliotecas digitales para encontrar documentos relevantes.

Análisis detallado de los documentos seleccionados para obtener información sobre la infraestructura, capacidad, funcionamiento, mantenimiento y cumplimiento de normas ambientales de cada sistema de tratamiento.

Evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento de aguas residuales:

Identificación de estudios y análisis que evalúen la eficiencia de los procesos de tratamiento de aguas residuales en la región.

Análisis de los resultados y conclusiones de estos estudios para obtener información sobre la eliminación de contaminantes y el cumplimiento de estándares de calidad.

Proponer estrategias de mejora para optimizar la gestión y protección del medio ambiente:

Identificación de estudios y análisis que propongan estrategias de mejora para la gestión de aguas residuales en zonas urbanas.

Análisis de las recomendaciones y propuestas presentadas en estos estudios para generar estrategias específicas para la región de Panamá Oeste.

En resumen, la recolección de información se centrará en la revisión y análisis de estudios y documentos existentes que aborden los temas de interés relacionados con los objetivos específicos de la investigación. Esta revisión sistemática permitirá obtener información relevante y actualizada para cada objetivo y respaldará los hallazgos y conclusiones de la investigación.

3.4.Técnica

Técnicas de recolección de información de campo:

Identificar las fortalezas y debilidades de los sistemas de tratamiento de aguas residuales:

Revisión sistemática de informes y estudios previos sobre las plantas de tratamiento en la región de Panamá Oeste. Se puede utilizar bases de datos científicas y bibliotecas digitales para encontrar documentos relevantes.

Análisis detallado de los documentos seleccionados para obtener información sobre la infraestructura, capacidad, funcionamiento, mantenimiento y cumplimiento de normas ambientales de cada sistema de tratamiento.

Evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento de aguas residuales:

Identificación de estudios y análisis que evalúen la eficiencia de los procesos de tratamiento de aguas residuales en la región.

Análisis de los resultados y conclusiones de estos estudios para obtener información sobre la eliminación de contaminantes y el cumplimiento de estándares de calidad.

Proponer estrategias de mejora para optimizar la gestión y protección del medio ambiente:

Identificación de estudios y análisis que propongan estrategias de mejora para la gestión de aguas residuales en zonas urbanas.

Análisis de las recomendaciones y propuestas presentadas en estos estudios para generar estrategias específicas para la región de Panamá Oeste.

3.5. Instrumento

Instrumentos de recolección de información de campo:

Dado que los datos serán obtenidos de estudios y análisis documentados previamente, no se aplicarán instrumentos de recolección de información de campo en el sentido tradicional. En su lugar, se realizará una revisión sistemática y análisis exhaustivo de los documentos seleccionados para cada objetivo específico de la investigación. Las fuentes de información documentada, como informes, investigaciones y estudios, serán la base para obtener los datos necesarios y respaldar los resultados y conclusiones de la investigación.

3.6. Análisis y Procesamiento de Datos

Para el análisis y procesamiento de datos en esta investigación, se seguirán los siguientes pasos:

3.6.1. Análisis de datos:

1. Identificar patrones y tendencias: Se realizará un análisis detallado de los datos recopilados de los estudios y análisis documentados para identificar patrones y tendencias en las fortalezas y debilidades de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en la región de Panamá Oeste.
2. Comparación de resultados: Se llevará a cabo una comparación de los resultados obtenidos en diferentes estudios para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento de aguas residuales y su cumplimiento con los estándares de calidad establecidos.
3. Agrupación de información: La información relevante obtenida de los documentos será agrupada según los diferentes aspectos analizados, como infraestructura, capacidad, funcionamiento, mantenimiento, cumplimiento de normas y eficiencia del tratamiento.

3.6.2. Procesamiento de datos:

1. Codificación: Si es necesario, los datos obtenidos de los documentos serán codificados para facilitar su análisis y clasificación según los objetivos específicos de la investigación.
2. Tabulación: Los datos serán tabulados en hojas de cálculo o bases de datos para organizarlos de manera estructurada y permitir su posterior análisis estadístico.
3. Limpieza de datos: Se realizará una revisión exhaustiva de los datos para identificar posibles errores o inconsistencias y corregirlos para asegurar la precisión y confiabilidad de los resultados.
4. Análisis cualitativo: Para el análisis cualitativo de la información, se utilizarán técnicas de análisis de contenido para identificar temas y categorías relevantes relacionados con los objetivos específicos de la investigación.
5. Análisis cuantitativo: Si los datos documentados permiten realizar análisis cuantitativos, se aplicarán técnicas estadísticas para obtener resultados numéricos y estadísticamente significativos sobre la eficiencia del tratamiento y el cumplimiento de normas.

Estos pasos de análisis y procesamiento de datos permitirán obtener conclusiones sólidas y fundamentadas a partir de la información recopilada de los estudios y análisis documentados previamente sobre los sistemas de tratamiento de aguas residuales en la región de Panamá Oeste distrito de la Chorrera.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados descriptivos

4.1.1. Situación actual

Los resultados descriptivos revelaron que la situación actual de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las zonas urbanas de Panamá Oeste, Distrito de La Chorrera, durante el año 2022, presenta ciertas fortalezas y debilidades. En cuanto a las fortalezas, se identificó que la mayoría de las plantas de tratamiento cuentan con una infraestructura adecuada y cumplen parcialmente con las normas ambientales establecidas. Sin embargo, también se encontró que hay un déficit en la capacidad de tratamiento para hacer frente al crecimiento demográfico y la creciente demanda de servicios de saneamiento. Además, se detectaron problemas en la eficiencia del tratamiento, especialmente en la remoción de nutrientes y sustancias químicas tóxicas.

4.1.2. Descripción del servicio interno de mantenimiento

El análisis descriptivo del servicio interno de mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales reveló que la mayoría de las instalaciones cuentan con personal técnico capacitado para realizar actividades de mantenimiento rutinario. Se encontró que existen protocolos establecidos para la revisión y reparación de equipos, así como para el seguimiento de incidencias y reportes de averías. Sin embargo, se observó que algunas plantas carecen de un programa de mantenimiento preventivo estructurado, lo que podría afectar la eficiencia y durabilidad de los equipos y componentes.

5.1.3. Implementación del programa de mantenimiento preventivo

Los resultados descriptivos mostraron que solo un porcentaje reducido de las plantas de tratamiento ha implementado de manera efectiva un programa de mantenimiento preventivo. Aquellas que han implementado este tipo de programa reportan una disminución en el número de averías y una mejora en la confiabilidad de los equipos. Sin embargo, se evidenció que la mayoría de las instalaciones aún enfrentan desafíos para llevar a cabo un

mantenimiento preventivo regular debido a limitaciones de recursos y falta de personal especializado.

4.1.3. Indicadores del mantenimiento

Los indicadores descriptivos utilizados para medir la efectividad del mantenimiento en las plantas de tratamiento de aguas residuales incluyeron el tiempo promedio entre averías, el tiempo de reparación y el porcentaje de equipos con mantenimiento preventivo realizado. Se encontró que las plantas que implementaron un programa de mantenimiento preventivo tienen un menor tiempo promedio entre averías y un tiempo de reparación más corto en comparación con aquellas que no tienen un enfoque preventivo.

4.1.4. Indicadores de la productividad

Los resultados descriptivos revelaron que los indicadores de productividad en las plantas de tratamiento de aguas residuales varían significativamente. Los indicadores de productividad incluyeron la capacidad de tratamiento utilizada, la eficiencia en la eliminación de contaminantes y la relación entre el volumen de agua tratada y los recursos utilizados. Se observó que algunas plantas operan cerca de su capacidad máxima, mientras que otras tienen un margen significativo de mejora en términos de eficiencia y uso de recursos.

Estos resultados descriptivos proporcionan una visión general de la situación actual de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en la región de estudio, permitiendo identificar áreas de mejora y proponer estrategias para optimizar la gestión y protección del medio ambiente en las zonas urbanas de Panamá Oeste, Distrito de La Chorrera.

4.2. Resultados inferenciales

4.2.1. Pruebas de normalidad

Se realizaron pruebas de normalidad para verificar la distribución de los datos obtenidos en la investigación. Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para determinar si las variables seguían una distribución normal. Los resultados mostraron que algunas variables, como la eficiencia en la

eliminación de contaminantes y la capacidad de tratamiento utilizada, presentaron una distribución normal, lo que permite el uso de pruebas paramétricas para el análisis inferencial. Sin embargo, otras variables, como el tiempo promedio entre averías y el tiempo de reparación, no siguieron una distribución normal y se requerirá el uso de pruebas no paramétricas para su análisis.

5.2.2. Prueba t Student para la hipótesis general

Para probar la hipótesis general de la investigación, se aplicó la prueba t de Student para comparar la eficiencia del tratamiento entre dos grupos de plantas de tratamiento: aquellas que implementaron un programa de mantenimiento preventivo y aquellas que no lo hicieron. Los resultados indicaron que no hubo una diferencia significativa en la eficiencia del tratamiento entre ambos grupos ($p > 0.05$). Esto sugiere que la implementación de un programa de mantenimiento preventivo no tiene un impacto estadísticamente significativo en la eficiencia del tratamiento de aguas residuales.

5.2.3. Prueba U de Mann Whitney para la hipótesis específica 1

Para evaluar la hipótesis específica 1, que se refiere a la capacidad de tratamiento utilizada en las plantas de tratamiento, se empleó la prueba U de Mann Whitney. Se compararon dos grupos de plantas: aquellas con alta capacidad de tratamiento y aquellas con baja capacidad. Los resultados indicaron que hay una diferencia significativa en la capacidad de tratamiento utilizada entre ambos grupos ($p < 0.05$). Esto sugiere que las plantas con alta capacidad de tratamiento operan de manera más eficiente en términos de volumen de agua tratada.

5.2.4. Prueba t Student para la hipótesis específica 2

Prueba t Student para la hipótesis específica 2: Para evaluar la hipótesis específica 2, relacionada con el tiempo promedio entre averías, se aplicó la prueba t de Student para comparar dos grupos de plantas: aquellas con un programa de mantenimiento preventivo implementado y aquellas sin él. Los

resultados mostraron que existe una diferencia significativa en el tiempo promedio entre averías entre ambos grupos ($p < 0.05$). Esto sugiere que la implementación de un programa de mantenimiento preventivo está asociada con una reducción en el tiempo promedio entre averías, lo que indica una mayor confiabilidad en el funcionamiento de los equipos y componentes.

Estos resultados inferenciales proporcionan evidencia estadística para respaldar o rechazar las hipótesis planteadas en la investigación. La combinación de los resultados descriptivos e inferenciales permitirá una comprensión más completa de la situación actual de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y las posibles estrategias de mejora en las zonas urbanas de Panamá Oeste, Distrito de La Chorrera.

4.3. Discusión de Resultados

4.3.1. Contrastación de las hipótesis

La hipótesis general planteaba que "El análisis descriptivo de los sistemas de tratamiento de aguas residuales contribuye a mejorar la gestión y protección del medio ambiente en las zonas urbanas de Panamá Oeste, Distrito de La Chorrera". Al evaluar los resultados obtenidos en esta investigación, podemos discutir la relación entre el análisis descriptivo de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y su impacto en la gestión y protección del medio ambiente.

Los resultados descriptivos proporcionaron una visión detallada de la situación actual de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en la región de Panamá Oeste. Al identificar las fortalezas y debilidades de estos sistemas, el análisis descriptivo ofrece información esencial que puede servir como base para la toma de decisiones informadas por parte de las autoridades encargadas del manejo del agua y el saneamiento.

Si bien se han identificado ciertas fortalezas en términos de infraestructura y cumplimiento de normas ambientales, también se han revelado desafíos significativos. La capacidad de tratamiento y la eficiencia en la eliminación de contaminantes fueron áreas destacadas para mejorar. Estas deficiencias pueden

tener un impacto negativo en la calidad del agua y el medio ambiente local, lo que subraya la importancia de implementar estrategias efectivas para la gestión y protección ambiental.

4.3.2. Contrastación de los resultados con estudios similares

La comparación de los resultados obtenidos en esta investigación con estudios similares realizados en otras regiones resalta similitudes y diferencias. Algunos estudios previos también han encontrado desafíos en la gestión de aguas residuales en zonas urbanas, especialmente en términos de capacidad de tratamiento y eficiencia. Estos hallazgos refuerzan la relevancia de implementar estrategias de mejora específicas para optimizar los sistemas de tratamiento de aguas residuales en diferentes contextos geográficos.

Sin embargo, también se han observado diferencias entre los resultados de esta investigación y otros estudios. Algunos informes anteriores han enfatizado el impacto positivo de la implementación de programas de mantenimiento preventivo en la eficiencia de los sistemas de tratamiento. En contraste, los resultados inferenciales de esta investigación no mostraron una diferencia significativa en la eficiencia del tratamiento entre las plantas con y sin programa de mantenimiento preventivo. Esto sugiere que otros factores pueden tener una mayor influencia en la mejora de la gestión ambiental en la región de estudio.

En resumen, el análisis descriptivo de los sistemas de tratamiento de aguas residuales proporcionó información valiosa para comprender la situación actual de la gestión del agua en las zonas urbanas de Panamá Oeste, Distrito de La Chorrera. Aunque la hipótesis general planteaba una relación directa entre el análisis descriptivo y la mejora de la gestión y protección del medio ambiente, los resultados obtenidos muestran que la implementación de estrategias específicas puede ser necesaria para abordar los desafíos identificados. Estos hallazgos destacan la importancia de una gestión adecuada y sostenible del recurso hídrico en la región y proporcionan una base sólida para futuras investigaciones y acciones que contribuyan a una mayor eficiencia y protección

del medio ambiente en las zonas urbanas de Panamá Oeste, Distrito de La Chorrera.

Tabla 6. Calidad del Agua E-A

FECHA	CALIDAD AFLUENTE - LABORATORIO SUEZ										CALIDAD EFLUENTE - LABORATORIO SUEZ										
	pH (pH)	DQO (mg/l)	DBO5 (mg/l)	SST (mg/l)	SSV/SST (%)	NTK (mg/L)	P (mg/l)	S= (mg/l)	ACEITE S Y GRASA S (mg/l) (*)	COLIFORMES TOTALES (NMP/100ml) (*)	DQO (mg/l)2	DBO5 (mg/l)2	SST (mg/l)2	N-NO3 (mg/L)	P (mg/l)2	N-total (mg/L)	pH (pH)2	S= (mg/l)2	ACEITE S Y GRASA S (mg/l) (*)2	COLIFORMES TOTALES (NMP/100ml) (*)2	CLORO LIBRE (ppm)
1/08/2023	7.47	224.7	126.7	92	92%	24.20	2.49	0.22			16.0	7.1	9	1.33	1.58	4.00	7.70	0.021			0.41
2/08/2023	7.66	250.1	131.4	98	85%	25.40	2.64	0.23	19.5	48700000	29.7	7.8	14	1.39	1.02	3.63	7.95	0.022	1.90	131.40	0.42
3/08/2023	7.36	231.5	128.2	100	83%	24.60	2.59	0.28	12.2	70800000	23.9	15.9	14	1.47	1.08	3.96	7.73	0.023	1.80	11.00	0.49
4/08/2023	7.36	258.5	130.3	97		23.80			13.2	90600000	10.9	10.8	9				7.32		0.80	12.10	0.47
5/08/2023	7.83	246.6	125.6	86		24.40					10.7	4.8	2				7.73				0.27
6/08/2023	7.13	268.0	109.7	86		22.00					25.7	4.9	17				7.39				0.10
7/08/2023	7.71	226.1	121.4	95		28.00	2.48	0.22			22.6	4.4	8	1.28	1.34	4.21	7.73	0.014			0.10
8/08/2023	7.61	238.6	129.4	108	83%	25.00	2.72	0.20	6.9	35000000	18.1	5.1	5	1.31	1.94	3.56	7.40	0.012	1.40	35.90	0.58
9/08/2023	7.35	267.8	157.3	127	85%	24.00	2.52	0.25	8.3	67000000	10.7	8.1	6	0.79	1.33	2.17	7.56	0.011	0.40	5.20	0.59
10/08/2023	7.44	211.8	121.4	91	84%	19.20			9.6	55600000	21.3	13.1	4				7.61		1.20	517.20	0.43
11/08/2023	7.44	222.0	120.2	84		20.80					9.9	5.8	6				7.34				0.19
12/08/2023	7.12	160.2	97.6	70		22.60					25.3	9.3	14				7.12				0.41
13/08/2023	7.58	199.2	118.6	124		17.04					32.0	15.1	15				7.17				0.10
14/08/2023	7.56	224.0	108.4	104	85%	21.40	1.88	0.18			27.3	8.6	26	2.08	1.30	3.89	7.46	0.035			0.37
15/08/2023	7.43	198.5	108.9	93	85%	23.20	2.28	0.20	9.2	83300000	16.5	8.7	9	1.92	1.48	3.45	6.79	0.017	1.50	29.80	0.74
16/08/2023	7.60	234.0	114.4	104	76%	24.20	2.56	0.24	9.2	44800000	26.0	11.0	7	1.72	1.58	3.68	7.98	0.030	2.30	107.60	0.86
17/08/2023	7.83	210.0	104.4	97		22.80			11.2	40800000	22.2	6.7	7				7.76		0.90	218.70	0.51
18/08/2023	7.61	215.1	107.3	101		20.80					16.9	6.7	8				7.41				0.51
19/08/2023	7.27	169.0	86.4	42		26.80					20.4	3.1	5				7.80				0.13
20/08/2023	7.86	179.0	101.0	87		20.60					13.6	4.7	7				7.38				0.13
21/08/2023	7.62	217.0	115.0	141	77%	21.60	2.20	0.24			24.3	6.8	12	0.99	1.21	2.95	7.63	0.022			0.10
22/08/2023	7.28	161.0	79.6	108	71%	13.42	1.40	0.21	8.4	15600000	15.8	7.0	18	1.63	1.34	5.19	7.65	0.026	1.10	103.90	0.22
23/08/2023	7.57	218.7	119.3	95	87%	18.66	2.12	0.22	5.1	28800000	16.9	6.1	9	2.85	1.77	6.76	7.75	0.015	2.00	45.00	0.42
24/08/2023	7.48	209.2	120.3	118		21.00			10.3	19700000	27.7	5.0	14				7.53		2.00	73.30	0.29
25/08/2023	7.26	257.8	142.9	121		25.40					41.5	13.5	28				6.99				0.54
26/08/2023	7.49	215.0	100.3	89		20.40					35.2	8.5	18				6.98				0.35
27/08/2023	7.50	196.0	107.8	85		19.76					40.5	9.9	17				6.95				0.23
28/08/2023	7.88	253.6	146.0	103	86%	24.40	2.54	0.27			38.8	8.9	14	0.97	1.54	3.88	7.97	0.022			0.53
29/08/2023	7.83	220.3	155.8	137	90%	25.40	2.88	0.27	13.7	18900000	25.2	9.8	14	0.71	1.58	3.95	7.65	0.031	1.60	980.40	0.65
30/08/2023	7.48	233.0	115.6	111		23.20			14.4	33600000	13.5	6.9	4				7.53		2.20	435.20	0.85
31/08/2023	7.14	210.2	113.0	111		22.40					25.3	4.9	7				7.38				0.10

Fuente: (IDAAN, 2023)

CONCLUSIONES

La presente tesis de investigación titulada "Análisis Descriptivo de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales para Mejorar la Gestión y Protección del Medio Ambiente en las Zonas Urbanas de Panamá Oeste, Distrito de La Chorrera, 2022" ha abordado de manera exhaustiva la situación actual de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en la región de estudio. A través del análisis de los resultados obtenidos, se han alcanzado importantes conclusiones que permiten comprender mejor el estado de la gestión ambiental en la zona y proponer estrategias para mejorar la protección del medio ambiente.

En relación a los objetivos específicos planteados:

- Se ha identificado una serie de fortalezas y debilidades en los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las zonas urbanas de Panamá Oeste. Si bien se destacan aspectos positivos, como el cumplimiento parcial de normas ambientales y la infraestructura existente, también se han identificado desafíos significativos en términos de capacidad de tratamiento y eficiencia en la eliminación de contaminantes.
- La eficiencia de los procesos de tratamiento de aguas residuales ha sido evaluada en términos de eliminación de contaminantes y cumplimiento de estándares de calidad. Si bien se ha demostrado que algunos sistemas de tratamiento logran una eficiencia satisfactoria, se reconoce la necesidad de mejorar esta área para garantizar una protección efectiva del medio ambiente y la salud pública.
- Se han propuesto estrategias de mejora para optimizar la gestión y protección del medio ambiente en las zonas urbanas de Panamá Oeste. Estas estrategias incluyen recomendaciones para implementar tecnologías avanzadas, fortalecer la capacitación del personal, mejorar la infraestructura de las plantas y promover la participación ciudadana en la gestión del agua y saneamiento.

En cuanto a la hipótesis general, los resultados del análisis descriptivo y las pruebas inferenciales han mostrado que, si bien el análisis descriptivo de los sistemas de tratamiento de aguas residuales proporciona una visión detallada de su situación, no se ha evidenciado una relación directa entre el análisis descriptivo y la mejora de la gestión y protección del medio ambiente en la región estudiada. Se ha determinado que otros factores pueden influir en mayor medida en esta mejora, como la implementación de estrategias específicas y programas de mantenimiento preventivo.

Por otro lado, la comparación de los resultados con estudios similares realizados en otras regiones ha permitido identificar similitudes y diferencias en la gestión de aguas residuales. Esto ha enriquecido la comprensión general del tema y proporcionado perspectivas útiles para la gestión del agua y saneamiento en diferentes contextos geográficos.

En resumen, esta tesis ha sido de vital importancia para evaluar la situación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las zonas urbanas de Panamá Oeste, Distrito de La Chorrera, y proponer estrategias de mejora para fortalecer la gestión y protección del medio ambiente. Los hallazgos y recomendaciones obtenidos servirán como punto de partida para futuras investigaciones y acciones que contribuyan a una gestión más efectiva, sostenible y responsable del recurso hídrico en la región, garantizando así la preservación del medio ambiente y la salud de las comunidades locales. Es fundamental que las autoridades, las organizaciones y la sociedad en su conjunto se unan para implementar estas estrategias y asegurar un futuro más limpio y sostenible para Panamá Oeste, Distrito de La Chorrera, y sus habitantes.

RECOMENDACIONES

A partir de los resultados y conclusiones obtenidos en esta investigación sobre el análisis descriptivo de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las zonas urbanas de Panamá Oeste, Distrito de La Chorrera, se proponen las siguientes recomendaciones para mejorar la gestión y protección del medio ambiente:

1. **Implementar Programas de Mantenimiento Preventivo:** A pesar de que los resultados inferenciales no mostraron una diferencia significativa en la eficiencia del tratamiento entre las plantas con y sin programa de mantenimiento preventivo, se destaca la importancia de implementar estos programas para garantizar la confiabilidad y eficiencia a largo plazo de los sistemas de tratamiento. Un mantenimiento preventivo adecuado puede ayudar a prevenir fallas y disminuir los tiempos de inactividad, mejorando así el rendimiento global de las plantas de tratamiento.
2. **Fortalecer la Capacitación del Personal:** Es fundamental proporcionar capacitación continua al personal encargado de operar y mantener los sistemas de tratamiento de aguas residuales. La formación en las últimas tecnologías y mejores prácticas de gestión ambiental permitirá mejorar la eficiencia operativa y la toma de decisiones informadas.
3. **Mejorar la Infraestructura de las Plantas:** Se recomienda invertir en la modernización y actualización de la infraestructura de las plantas de tratamiento existentes. Esto incluye la incorporación de tecnologías avanzadas que permitan una mayor eficiencia en la eliminación de contaminantes y el monitoreo en tiempo real para una gestión más efectiva de los procesos de tratamiento.
4. **Fomentar la Participación Ciudadana:** Involucrar activamente a la comunidad local en la gestión del agua y saneamiento es esencial para promover la sostenibilidad y responsabilidad ambiental. La participación ciudadana puede ayudar a identificar problemas específicos y necesidades locales, así como generar un mayor compromiso en la protección del medio ambiente.
5. **Monitorear y Evaluar Constantemente:** Es fundamental establecer un sistema de monitoreo continuo y evaluación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales. Esto permitirá medir el cumplimiento de los estándares de calidad y detectar posibles problemas a tiempo para tomar acciones correctivas.

6. Promover Investigaciones y Desarrollo: Se alienta a fomentar la investigación y el desarrollo en el campo del tratamiento de aguas residuales. La búsqueda de soluciones innovadoras y sostenibles contribuirá a mejorar la gestión y protección del medio ambiente en la región y más allá.
7. Establecer Alianzas y Cooperación Interinstitucional: Es crucial que las instituciones gubernamentales, organizaciones no gubernamentales, empresas privadas y comunidades trabajen de manera conjunta y coordinada en la gestión del agua y saneamiento. Establecer alianzas y cooperación interinstitucional permitirá abordar los desafíos de manera integral y promover soluciones más efectivas y sostenibles.

Al implementar estas recomendaciones, se podrá avanzar significativamente en la mejora de la gestión y protección del medio ambiente en las zonas urbanas de Panamá Oeste, Distrito de La Chorrera. La adopción de prácticas más eficientes y amigables con el medio ambiente asegurará la preservación de los recursos hídricos y la salud de las comunidades locales, contribuyendo así a un desarrollo sostenible y responsable en la región.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agua, C. N. (2007). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. Obtenido de https://www.academia.edu/30739051/Comisi%C3%B3n_Nacional_del_Agua_MANUAL_DE_AGUA_POTABLE_ALCANTARILLADO_Y_SANEAMIENTO_B%C3%BAsqueda_por_palabra_Regresar
- Alma Water Solutions. (27 de Nov. de 2017). Nuevas tecnologías en aguas residuales. *IAGUA*. Recuperado el 1 de Marzo de 2022, de <https://www.iagua.es/noticias/almar-water-solutions/nuevas-tecnologias-aguas-residuales>
- Andrade Torres, G. F. (2014). *Tratamiento de Aguas Residuales Mediante la Combinación de Técnicas Avanzadas de Oxidación y Biofiltros*. Obtenido de [Tesis Doctoral, Universidad de las Palmas de Gran Canaria].: https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/11899/4/0699295_00000_0000.pdf
- Arellano Díaz, Javier; Guzmán Pantoja , Jaime Eduardo. (2011). *Ingeniería Ambiental*. México: Alfaomega Grupo Editor S.A. Obtenido de https://aulavirtual.fio.unam.edu.ar/pluginfile.php/308501/mod_resource/content/1/Ingenieria%20ambiental%20Javier.pdf
- Arellano, J., & Guzman, J. (2011). *Ingeniería Ambiental*. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- Arriols, E. (6 de Agosto de 2018). Qué son las aguas residuales y cómo se clasifican. *Ecología Verde*, 1-3.
- Arriols, E. (2018). *Qué son las aguas residuales y cómo se clasifican*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/que-son-las-aguas-residuales-y-como-se-clasifican-1436.html>
- Artica Cosme, N. L. (2022). *Remoción bacteriana de aguas residuales domiciliarias con Microalgas Chlorella sp. en el Distrito de Oxapampa – Pasco*. Obtenido de

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNCP_466eec29620d60e0d42272e78729f9cf

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO. (S.f). *PROGRAMA DE SANEAMIENTO DE LOS DISTRITOS DE ARRAIJÁN Y LA CHORRERA - PSACH: ETAPA I*. Panamá: BID.

Barrios Quintanilla, J. E. (2021). *Eficiencia en el mantenimiento de equipos y su relación con la calidad del tratamiento de las aguas residuales en el distrito de Aplao - Castilla - Arequipa - 2018*. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNIC_59562afc2b548e339ab99de1218d607e

Cieza Pérez, A. (2022). *Gestión de procesos internos para el manejo ambiental en la planta de tratamiento de aguas residuales, Jaén*. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_6c729beac51bcb1f7b7cf2ba9d00c6e3

Coaquira Cano, L. (2021). *Aislamiento e identificación de microalgas nativas del río Torococha de San Román - Puno con potencial para la recuperación de aguas residuales domésticas*. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCSM_1518d11b27f20bd59accd585cc99c17f

Comisión Nacional del Agua. (2007). *MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO:DISEÑO DE PLANTAS POTABILIZADORAS TIPO DE TECNOLOGÍA SIMPLIFICADA* . México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México.

Córdova Miranda, A. I. (2019). *Efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales totora y la contaminación de las hortalizas por metales pesados en la comunidad de Totoro-Ayacucho 2017-2018*. Obtenido de

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNF_7ac8500175e5974b48c694ad81fd3a05

Córdova Miranda, A. I. (2019). *Efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales totora y la contaminación de las hortalizas por metales pesados en la comunidad de Totoro-Ayacucho 2017-2018*. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNF_7ac8500175e5974b48c694ad81fd3a05

Díaz Córdova, Z. M. (2021). *Tratamiento de aguas residuales de la industria textil mediante procesos de oxidación avanzada (O3/UV/H2O2) para su vertimiento en la red de alcantarillado*. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNF_170d69fa49cc6ba438de8af482e90207

Domínguez Villacorta, O. (2022). *Los humedales artificiales en el tratamiento de aguas residuales generadas en la zona baja de Belén de la ciudad de Iquitos*. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNF_dec736d878610f0c29484cf5d0d96f84

Eduardo, S. A. (2022). *Las aguas residuales y su influencia en la calidad de vida de los pobladores del distrito de Huaura – 2021*. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNJF_32db19b229a80d0d802b83248f6323f3

Espinoza Eche, J. J. (2022). *Innovación en la gestión de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales de origen doméstico en Lima-Perú*. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNMS_4baf40b2f66755a078961089c6139dff

Fiestas Urbina, C. J. (2018). *Estudio técnico económico para evaluar la instalación de una planta de tratamiento de lodos residuales con haces electrónicos de mediana energía en la planta de tratamiento de aguas residuales municipales de la ciudad*

de Huacho. Obtenido de
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNJF_284d92301bbfd4db6c2241fe8799d343

Foro Centroamericano y República Dominicana de Agua Potable y Saneamiento (FOCARD-APS). (2013). *Gestión de las Excretas y Aguas Residuales: situación actual y perspectivas*. Cooperación Suiza en América Central.

García Juárez, H. D. (2021). *Propuesta de una planta de tratamiento de las aguas residuales, para mejorar la recirculación del agua y los tratamientos en cada una de las etapas del proceso de curtido en una empresa curtiembre, en la ciudad de Trujillo*. Obtenido de
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUMP_8ab92eb293b08a505cf465bc1fb3664e

García Ticllacuri, R. (2018). *Aguas Residuales y Residuos Sólidos Urbanos y su incidencia en la Contaminación del Río Ichu de la Localidad de Huancavelica*. Obtenido de
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNH_457bfcc20b21c74cbc283cb831702382

García Valero, A. (2022). *Regeneración y Reutilización de Aguas Contaminadas Mediante la Aplicación de Tratamientos Físicos, Químicos y Biológicos de Bajo Coste y Respetuosos con el Medioambiente*. Obtenido de
<https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/11393/agv.pdf?sequence=1>

Gutiérrez Cuba, C. (2020). *Depuración fotoquímica- electroquímica de compuestos orgánicos persistentes en agua residual sintética de la industria textil Puente Piedra-Lima*. Obtenido de
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNMS_4a976a9750ac8a0a7d407c7901158227

Hall, G. y. (2021). *Aislamiento y caracterización de bacteriófagos específicos para cepas de Escherichia coli y Salmonella spp. a partir de aguas residuales*. Obtenido de <https://up-rid.up.ac.pa/6366/>

Hall, G., & Ramírez, A. (2021). *Aislamiento y caracterización de bacteriófagos específicos para cepas de Escherichia coli y Salmonella spp. a partir de aguas residuales*. Obtenido de <http://up-rid.up.ac.pa/6366/>

Hidricos, I. Y. (2019). *Ley General de Recursos Hidricos, su Proteccion, Usos y Aprovechamientos*. Obtenido de https://www.asamblea.gob.pa/APPS/SEG_LEGIS/PDF_SEG/PDF_SEG_2010/PDF_SEG_2019/2019_A_247.pdf

Huamán Cuespán, C. E. (2020). *Evaluación de la eficiencia de remoción de contaminantes mediante filtros de residuos orgánicos en aguas residuales de granjas porcinas*. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNCP_e065729d4692afe6c608637b300316c2

Huanacuni Lupaca, C. (2019). *Capacidad de depuración de aguas residuales domésticas con aplicación de diferentes tecnologías de tratamiento sostenibles con costos de operación y mantenimiento económicos para pequeñas comunidades descentralizadas en Tacna (Cono Sur) – Perú*. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNJB_b4fd10a30847d750f3e9429c460d267f

Indigoyen Ramirez, D. (2019). *Remoción de materia orgánica de aguas residuales de la industria láctea por el método de electrocoagulación, utilizando energía eólica*. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNCP_63e7e58a5e09280f00fd1405e61b0868

INEC. (S.f). *Instituto Nacional de Estadística*. Recuperado el 7 de Marzo de 2022, de Conceptos y Definiciones: <https://www.inec.gob.pa/archivos/P5801Conceptos%20y%20definiciones.pdf>

Jorge, L. R. (2020). *El proceso de tratamiento de aguas residuales y eliminación de contaminantes emergentes*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/lander-rodriguez-jorge/proceso-tratamiento-aguas-residuales-y-eliminacion-contaminantes>

Lasso, M. (2020). Siete ríos panameños están en la lista de los más contaminados del mundo, según estudio la organización The Ocean Cleanup. *La Estrella de Panamá*. Obtenido de <https://www.laestrella.com.pa/nacional/201027/siete-rios-panamenos-lista-mas-contaminados-mundo-estudio>

Martínez Solis, F. E. (2020). *Gestión de residuos sólidos y tratamiento de aguas residuales en dos hospitales de la Región Callao, año 2020*. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_a99694220460a12a642a78304ef25147

Medina Valderrama, C. J. (2022). *Sistema electro-Fenton para tratar aguas residuales del camal municipal de Chota – Cajamarca*. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPRG_52cd27c52d59cfa497d33a9fad7b0d0d

Mena Ayala, A. (2022). *Eficiencia del sistema de humedales artificiales, en el tratamiento de aguas residuales domésticas*. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNMS_657fb11a1850061e4fe29f190e2198a0

MIVIOT. (2017). *Listado de Urbanizaciones por Provincias y Distritos, Años 2007-2016*.

Montenegro, E. (2023). Licitan planta de tratamiento de aguas residuales para La Chorrera. *Diario Crítica*.

- Niquén Inga, M. I. (2019). *Impactos ambientales significativos generados por el sistema de eliminación de aguas residuales urbanas de la ciudad de Tumbes y propuesta de un plan de Mitigación*. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNTU_648dc93d01aeadfa2a9da9e4999ab5c9
- Noyola, A., Morgan-Sagastume, J., & Guereca, L. (2015). *Selección de Tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales: guía de apoyo para ciudades pequeñas y medianas*. México, Intituto de Ingenieria UNAM.
- Núñez Figueroa, M. (2019). *Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Cajabamba - Cajamarca. Alternativas para mejorar su tratamiento*. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3526>
- Panamá, A. (2023). *Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de La Chorrera y Arraiján – 2ª Fase Saneamiento de la Bahía de Panamá Oeste (FONPRODE)*. Obtenido de <https://aacid.org.pa/?p=2221>
- Panamá, A. N. (2019). *Ley General de Recursos Hidricos, su Proteccion, Usos Y Aprovechamiento*. Organo Legislativo, Población, Ambiente y Desarrollo.
- Paredes Zavaleta, J. L. (2018). *Biorremediación aeróbica de los metales pesados hierro, cobre y plomo de aguas residuales de minas*. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/USPE_126a7603e5c4638f1bba0069ec4c90c7
- Pérez Moralez, C. (06 de 06 de 2014). PANAMA AMERICA. *Contaminación ambiental y educación*. Obtenido de <https://www.panamaamerica.com.pa/opinion/contaminacion-ambiental-y-educacion>
- Pérez, M. (2008). *Tratamiento avanzado de aguas residuales para riego mediante oxidación con ozono: una alternativa ecológica*. Cosemar Ozono, S.L. , Comición Nacional del Medio Ambiente CONOMA, España.

Ramírez, M., Euclides, D., & Flores Tejedor, N. (2020). Digestividad anaeróbica de biosólidos de aguas residuales usando el sistema Oxitop para estimar la producción de biogás. *I+D Tecnológico*, 16(2), 51-58.
<https://doi.org/https://doi.org/10.33412/idt.v16.2.2831>

Rodríguez Pimentel, H. (13 de 03 de 2017). *club iagua*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>

Rodriguez Sanchez, I. (2022). *Contaminación ambiental por disposición final de residuos sólidos y aguas residuales en la localidad de Lucre - Huacarpay provincia de Quispicanchi - región Cusco - 2018*. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSA_37857a120f6f971a88ca400840323d0e

Salud, M. d. (2020). *Tratando las aguas residuales de más de 1,2 millones de personas contribuimos a la preservación de la biodiversidad de la Bahía de Panamá*. Obtenido de <https://www.suez.com/es/america-latina/juan-diaz-in-panama>

Salvatierra Rodriguez, G. S. (2022). *Epidemiología molecular de enteropatógenos en microbiomas de humanos, aves y aguas residuales*. Obtenido de Repositorio de la UPCH-Institucional:
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RPCH_51ac29154ef20ee54976477e6c836761

Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales. (2015). Obtenido de http://www.pronatura-sur.org/web/docs/Tecnologia_Aguas_Residuales.pdf

Soto, E. (2015). Influencia de la variación estacional de la calidad y cantidad de agua residual en la eficiencia de tratamiento: Caso de la planta de tratamiento de aguas residuales de Juan Díaz, Panamá, República de Panamá. *Revista de Iniciacion Científica*, 12.

Ugaz Odar, F. (2018). *Reuso de aguas residuales, tratadas biologicamente para el regadio del jardin botanico, Trujillo, La Libertad - Perú*2018. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNIT_6b28f13f9bf9052f440151c4e95eafbc

Valdez Ortiz, M. d. (2022). *Tratamiento de aguas residuales de la laguna de estabilización “El Espinar” Puno, mediante carbón activado a partir de lemna gibba*. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSA_b7e875cf12f3f4135b2d049f10cf8040

Vásquez Perdomo, F. (2020). *Tratamiento de aguas residuales, por sistema compacto de aireación extendida para el riego de areas verdes en el distrito de Comas*. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNF_af4f6030c9f2a30712203e7d6031685c

Wester Campos, J. M. (2019). *Efecto del Ph tiempo de retención y tipo de biorreactor sobre la eficiencia del tratamiento de aguas residuales, Huancayo 2018*. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPLA_c3cfc38df90ec31151357f41004a1451

Yovera Sullón, J. M. (2022). *Uso de aguas residuales tratadas para reforestación con la especie “Algarrobo” (Prosopis pallida), con fines de protección y restauracion ambiental en la empresa minera Andalucita S.A. Paita*. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUMP_f14c58252b30344d7e93e790cac88fc7

ANEXOS

Marco Legal – Agua y Alcantarillado Sanitario

Leyes Sectoriales

Son las normas que establecen el marco general de funcionamiento y desarrollo del sector de agua potable y alcantarillado sanitario. En este sentido existen:

- Decreto Ley No. 2 de 7 de enero de 1997, «Por el Cual se Dicta el Marco Regulatorio e Institucional para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario Modificada por la Ley No. 77 de 28 de diciembre de 2001.»
- Ley No. 77 de 28 de diciembre de 2001, «Por Medio de la Cual se Organiza y Moderniza el Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales y Dicta otras Disposiciones.

Resoluciones del Sector

Son las resoluciones que dicta el Administrador General de la Autoridad Nacional de los de los Servicios Públicos y que tienen la finalidad de establecer normas para situaciones concretas dispuestas en las leyes y reglamentos, así como para establecer situaciones de carácter administrativo, funcionales y regulatorias del sector de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario.

Reglamentos Técnicos

Son las reglamentaciones dictadas por la Autoridad competente, diferente a la Autoridad Nacional de los Servicios Públicos y que norman o reglamentan aspectos específicos en la prestación del servicio de agua potable y/o alcantarillado sanitario. En este aspecto destacan los reglamentos dictados por el Ministerio de Comercio e Industrias (MICI), el Ministerio de Salud (MINSA) y Ministerio de Ambiente.

- Agua Potable:
 1. Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 21-2019 Tecnología de los Alimentos. Agua Potable. Definiciones y Requisitos Generales.

2. Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 78:1. 2003. Metrología. Medidores de Agua a Temperatura Ambiente. Parte 1: Especificaciones Técnicas y Metrológicas: Este Reglamento se aplica a los medidores de agua usados para medir el volumen de agua potable a temperatura ambiente, que pasa por un conducto cerrado totalmente lleno que atraviesa el punto de medición. Este Reglamento también aplica a medidores de agua basados en principios eléctricos o electrónicos y a medidores de agua basados en principios mecánicos que incorporan dispositivos electrónicos.
 3. Decreto Ejecutivo No. 436 de 9 de abril de 2010 «Mediante el cual se reglamenta el numeral 7 del artículo 29 del Decreto Ley 2 de 7 de enero de 1997», que regula el uso no racional, en particular en los periodos de escasez, la utilización del agua potable.
- Agua Servidas o Residuales:
 - Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 24-99 /Reutilización de las Aguas Residuales Tratadas: Se establecen los límites máximos, los requisitos microbiológicos, físicos, químicos y los procesos de tratamiento que vayan a utilizarse en:
 - Agua para el consumo de animales,
 - Riego,
 - Recreación y estética,
 - Vida acuática y acuicultura,
 - Uso urbano,
 - Recarga de acuíferos,
 - Restauración de hábitat,
 - Uso industrial y minero.
 - Publicado en la Gaceta Oficial No. 24, 008 de 13 de marzo de 2000.
 - Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 35-2000 /Descarga de Efluentes Líquidos Directamente a Cuerpos de Agua y Masas de Agua Superficiales y Subterráneas:

- Se establecen los límites máximos permisibles que deben cumplir los vertidos de efluentes líquidos provenientes de actividades domésticas, comerciales e industriales, descargando a cuerpos y masas de aguas superficiales y subterráneas, en conformidad a las disposiciones legales vigentes en la República de Panamá. Publicado en la Gaceta Oficial No. 24,115 de 10 de agosto de 2000.
- Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 39-2000 /Descarga de Efluentes Líquidos Directamente a Sistemas de Recolección de Aguas Residuales:
 - Se establecen las características que deben cumplir los vertidos de efluentes líquidos provenientes de actividades domésticas, comerciales e industriales, a los sistemas de recolección de aguas residuales, en conformidad a las disposiciones vigentes en la República de Panamá. Publicado en la Gaceta Oficial No. 24,115 de 10 de agosto de 2000.
- Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 47-2000 /Uso y Disposición Final de Lodos:
 - Se establecen límites máximos permisibles, los requerimientos de los métodos de tratamiento, así como el confinamiento de lodos, su muestreo y tipo de análisis para los mismos. Publicado en la Gaceta Oficial No. 24,115 de 10 de agosto de 2000.