

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS

**DISEÑO Y EVALUACIÓN DE TANQUE SEPTICO BAFFLED EN
COMPARACION AL TANQUE IMHOFF PARA TRATAMIENTO DE
AGUAS SERVIDAS EN EL DISTRITO DE TAPO**

Área de Investigación: Transporte y Urbanismo.

Línea de Investigación: Estructuras.

PRESENTADO POR:

Bach. TAPARA CASTILLO ALBERTO

**PARA OPTAR: EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

HUANCAYO – PERÚ

2022

CONTRATAPA

Dr. SEVERO SIMEÓN CALDERÓN SAMANIEGO
ASESOR

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO

Doy gracias en primer lugar a Dios por darme vida, salud y entendimiento para concretar los objetivos de esta investigación. Mi sincera gratitud a quienes apoyaron y dieron vida a este proyecto, resaltando a mi padre, mi madre, mi hijo y a la facultad de Ingeniería Civil.



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA DEJA:

CONSTANCIA N° 227

Que, el (la) bachiller: **ALBERTO, TAPARA CASTILLO**, de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, presentó la tesis denominada **"DISEÑO Y EVALUACIÓN DE TANQUE SEPTICO BAFFLED EN COMPARACION AL TANQUE IMHOFF PARA TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS EN EL DISTRITO DE TAPO"**, la misma que cuenta con 90 Páginas, ha sido ingresada por el SOFTWARE – **TURNITIN FEEDBACK STUDIO** obteniendo el 28% de similitud.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Huancayo 06 de julio del 2022



Dr. Santiago Zevallos Salinas
Director de la Unidad de Investigación

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

**Dr. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA
PRESIDENTE**

MG. HENRY GUSTAVO PAUTRAT EGOAVIL

ING. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA

MG. RANDO PORRAS OLARTE

**Mg. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA
SECRETARIO GENERAL**

ÍNDICE

CONTRATAPA.....	2
ASESOR.....	I2
DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO.....	4
CONSTANCIA DE SIMILITUD.....	4
ÍNDICE.....	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	10
ÍNDICE DE FIGURAS.....	111
RESUMEN.....	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUCCIÓN.....	14V
CAPITULO I.....	167
EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	167
1.1. Planteamiento del problema.....	167
1.2. Formulación y sistematización del problema.....	179
1.2.1. Problema general.....	179
1.2.2. Problemas específicos.....	20
1.3. Justificación.....	20
1.3.1. Practica.....	20
1.3.2. Teórica.....	21
1.3.3. Metodológica.....	21
1.4. Delimitaciones.....	219
1.4.1. Delimitación temporal.....	19
1.4.2. Delimitación espacial.....	20
1.4.3. Delimitación económica.....	22
1.5. Limitaciones.....	23
1.6. Objetivos.....	23
1.6.1. Objetivo general.....	23
1.6.2. Objetivos específicos.....	24
CAPITULO II.....	25
MARCO TEÓRICO.....	25
2.1. Antecedentes.....	25

2.1.1. Internacionales	25
2.1.2. Nacionales.....	27
2.2. Marco conceptual	30
2.2.1. Teorías de la Investigación.....	30
2.2.1.1 Aguas residuales.....	30
2.2.1.2 Caracterización del agua residual doméstica.....	31
2.2.1.3 Tratamiento del agua residual.....	35
2.2.1.4 Procesos para el tratamiento de aguas residuales	40
2.2.1.5 Tanque séptico baffled.....	43
2.2.1.6 Tanque imhoff	50
2.2.2. Marco normativo.....	57
2.3. Definición de términos	59
2.4. Hipótesis.....	61
2.4.1. Hipótesis general.....	61
2.4.2. Hipótesis específicos.....	61
2.5. Variables.....	61
2.5.1. Definición conceptual de la variable	62
2.5.2. Definición operacional de la variable	63
2.5.3. Operacionalización de la Variable	64
CAPÍTULO III	66
METODOLOGÍA	66
3.1. Método de investigación	66
3.2. Tipo de Investigación.....	66
3.3. Nivel de investigación	67
3.4. Diseño de investigación.....	67
3.5. Población y muestra	67
3.5.1. Población.....	68
3.5.2. Muestra	68
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	69
3.7. Procesamiento de la información.....	70
3.8. Técnicas y análisis de datos.....	71
CAPÍTULO IV	72
RESULTADOS.....	72

4.1. Presentación de resultados específicos	72
CAPÍTULO V.....	88
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	88
5.1. Discusión de resultados específicos.....	88
CONCLUSIONES	91
RECOMENDACIONES	93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Composición típica del agua residual doméstica.	34
Tabla 2 – Ventajas y desventajas de algunas tecnologías existentes.....	39
Tabla 3 – Concentraciones típicas encontradas en aguas residuales pre-tradas.	42
Tabla 4 – Rangos recomendados y ecuaciones para parámetros en el diseño de un Tanque Baffled para el tratamiento de aguas residuales.	47
Tabla 5 – Valores de temperatura y tiempo de digestión.	53
Tabla 6 – Valores de temperatura y factor de capacidad relativa.	54
Tabla 7 – Operacionalización de las variables.	65
Tabla 8 – Datos iniciales de diseño del tanque séptico baffled.	75
Tabla 9 – Datos iniciales de diseño del tanque séptico baffled.	76
Tabla 10 – Resultados de diseño del tanque imhoff.	76
Tabla 11 – Datos iniciales de diseño del tanque imhoff.	82
Tabla 12 – Datos iniciales de diseño del tanque imhoff.	83
Tabla 13 – Resultados de diseño del tanque imhoff.	83
Tabla 14 – Resultado del análisis fisicoquímico del afluente del tanque séptico baffled.	85
Tabla 15 – Resultado del análisis fisicoquímico del efluente del tanque séptico baffled.	86
Tabla 16 – Resultado del análisis fisicoquímico del afluente del tanque imhoff.	87
Tabla 17 – Resultado del análisis fisicoquímico del efluente del tanque imhoff.	87
Tabla 18 – Parámetros fisicoquímicos de los afluentes del tanque séptico baffled y del tanque imhoff.	89
Tabla 19 – Parámetros fisicoquímicos de los efluentes del tanque séptico baffled y del tanque imhoff.	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Ubicación geográfica de la zona de investigación.	21
Figura 2 - Ubicación del Anexo de Pichuynioc.....	21
Figura 3 - Ubicación del Anexo de Huaripampa.....	22
Figura 4 - Esquema conceptual de un sistema de tratamiento de aguas residuales.....	36
Figura 5 - Tecnologías para el tratamiento de agua residual.	37
Figura 6 - Tanque baffled o reactor baffled anaeróbico.	44
Figura 7 - Deflector fijo y colgante.....	46
Figura 8 - Diagrama de partes del tanque Imhoff.....	52
Figura 9 – Tanque séptico baffled.....	73
Figura 10 – PTAR del Anexo de Pichuynioc.	74
Figura 11 – Cámara de rejas - desarenador.	77
Figura 12 – Tanque imhoff.	79
Figura 13 – Lecho de secado.....	79
Figura 14 – Filtro biológico.....	80
Figura 15 – Cámara de contacto de cloro.....	81
Figura 16 – Esquema hidráulico en planta del tanque imhoff.	84
Figura 17 – Esquema hidráulico en corte del tanque imhoff.	84

RESUMEN

La investigación propuesta tuvo como foco principal determinar los posibles resultados al contrastar la eficiencia del tanque séptico baffled con el tanque Imhoff, específicamente en el tratamiento de aguas residuales en el distrito de Tapo. Esta inquisición surgió a partir de una hipótesis central que sugería que el tanque baffled podría tener una mayor eficiencia en comparación con el tanque Imhoff. El estudio adoptó un enfoque aplicado, orientándose hacia un nivel descriptivo-explicativo. A pesar de la naturaleza comparativa del estudio, es importante destacar que el diseño de investigación no se basó en experimentos directos. Las muestras de agua para el análisis provinieron directamente de las aguas residuales tratadas para los habitantes de los Anexos de Pichuynioc y Huaripampa. Estas áreas se beneficiaron de la existencia de los mencionados tanques como parte de sus sistemas de tratamiento de aguas residuales, situados en el distrito de Tapo, perteneciente a la provincia de Tarma en la Región Junín. El veredicto final de la investigación arrojó algunos hallazgos clave. Uno de los más notables fue que, si bien los procedimientos y ecuaciones utilizadas para diseñar ambos tanques presentan similitudes notables, el agua tratada por el tanque Imhoff demostró tener menores niveles de contaminantes. Específicamente, se registraron reducciones en aspectos como la demanda bioquímica de oxígeno, la demanda química de oxígeno, así como en la presencia de aceites, grasas y sólidos suspendidos. Esta diferencia en la calidad del agua tratada podría tener implicaciones significativas para la elección de sistemas de tratamiento en futuros desarrollos o mejoras.

Palabras Claves: Aguas Servidas, Tanque Séptico, Tanque Imhoff.

ABSTRACT

The proposed research focused primarily on determining the potential outcomes when contrasting the efficiency of the baffled septic tank with the Imhoff tank, specifically in the treatment of wastewater in the Tapo district. This inquiry arose from a central hypothesis suggesting that the baffled tank might exhibit greater efficiency compared to the Imhoff tank. The study adopted an applied approach, leaning towards a descriptive-explanatory level. Despite the comparative nature of the study, it's essential to emphasize that the research design wasn't based on direct experiments. Water samples for analysis were sourced directly from the wastewater treated for the residents of the Pichuynioc and Huaripampa Annexes. These areas benefited from the presence of the aforementioned tanks as part of their wastewater treatment systems, located in the Tapo district, belonging to the province of Tarma in the Junín Region. The final verdict of the research revealed some key findings. One of the most notable was that, while the procedures and equations used to design both tanks show notable similarities, the water treated by the Imhoff tank demonstrated lower levels of contaminants. Specifically, reductions were recorded in aspects such as biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, as well as in the presence of oils, fats, and suspended solids. This difference in treated water quality could have significant implications for the choice of treatment systems in future developments or enhancements.

Keywords: Sewage, Septic Tank, Imhoff Tank.

INTRODUCCIÓN

Desde los albores de la civilización, el manejo adecuado de las aguas residuales ha sido esencial para garantizar la salud y el bienestar de las comunidades. Los avances urbanos, acompañados de un aumento exponencial en la generación de residuos, han puesto de manifiesto la necesidad de tecnologías de tratamiento de agua más sofisticadas y adaptadas a las distintas realidades geográficas y demográficas. La imperante necesidad de tratar estos residuos no solo se basa en la protección de la salud pública, sino también en la preservación de ecosistemas acuáticos y terrestres que pueden verse gravemente afectados por el vertido inadecuado de aguas servidas.

A pesar de los esfuerzos nacionales, como los desplegados en Perú en la última década, las deficiencias en el tratamiento y gestión del agua son palpables. Las cifras emitidas por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento en 2016, que indican que solo una pequeña fracción de las plantas de tratamiento en el país cumplen con los estándares necesarios, son un claro indicativo de la gravedad de la situación. Las consecuencias de estas deficiencias son multifacéticas, desde la contaminación de fuentes de agua vitales hasta la aparición y propagación de enfermedades infecciosas en la población.

Los tratamientos descentralizados de aguas residuales emergen como una solución prometedora, especialmente para zonas periurbanas y comunidades más pequeñas. Estos sistemas, que se caracterizan por su proximidad a las fuentes de generación de aguas residuales y su menor dependencia de infraestructuras complejas, ofrecen ventajas en términos de coste, eficiencia y sostenibilidad. Así, tecnologías como el Tanque Baffled o Anaerobic Baffled Reactor (ABR) y el Tanque Imhoff surgen como alternativas viables para estas comunidades.

El Tanque Baffled, concebido en la década de 1980, ha demostrado su efectividad en diversas situaciones, ofreciendo un sistema de tratamiento

en múltiples etapas que optimiza la eliminación de contaminantes. Su diseño y características lo posicionan como una opción potencialmente más eficiente que los sistemas convencionales, como el tanque séptico tradicional.

El Tanque Imhoff, por su parte, se ha consolidado en diversas regiones, como en ciertos estados de México, por su habilidad para combinar la sedimentación y la digestión en una sola unidad, simplificando así el proceso de tratamiento y maximizando su eficacia.

Con estas consideraciones en mente, el distrito de Tapo presenta un escenario propicio para investigar y comparar estas tecnologías. Esta investigación se propone analizar, diseñar y evaluar la aplicabilidad y eficiencia del Tanque Baffled en comparación con el Tanque Imhoff para el tratamiento de aguas servidas en dicho distrito.

La estructura del presente estudio se ha organizado meticulosamente para facilitar una comprensión profunda del problema y de las soluciones propuestas. A través de capítulos bien definidos, abordaremos desde el planteamiento del problema y sus fundamentos teóricos, pasando por la metodología y análisis de resultados, hasta llegar a conclusiones que, esperamos, guíen futuras iniciativas y proyectos en el campo del tratamiento de aguas residuales en comunidades similares. Es imperativo que, a través de este trabajo, se sienten las bases para decisiones informadas y soluciones sostenibles en el distrito de Tapo y más allá.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) desempeñan un papel crucial en la administración y provisión de servicios relacionados con el agua y el saneamiento. Según Tchobanoglous et al. (2003), estas entidades son esenciales para garantizar la adecuada disposición y tratamiento de las aguas residuales.

El agua para consumo humano debe ser sometida a tratamientos específicos para garantizar su calidad y seguridad. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2011), el suministro de agua potable y el tratamiento adecuado de las aguas residuales son pilares fundamentales para la prevención de enfermedades transmitidas por el agua.

Las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) tienen como objetivo principal remover contaminantes de las aguas residuales antes de su descarga en el medio ambiente. A lo largo de los años, se han desarrollado diversas tecnologías de tratamiento, cada una adaptada a las características específicas del agua residual y las necesidades de la comunidad (Metcalf & Eddy, 2003).

Por lo general, las aguas tratadas son descargadas en cuerpos de agua naturales. La EPA (Environmental Protection Agency, 2012) señala que las descargas deben cumplir con normativas estrictas para proteger la vida acuática y prevenir la contaminación de fuentes de agua potable.

El diseño y construcción de una PTAR deben considerar características geográficas, demográficas y del tipo de agua a tratar. Según Tchobanoglous et al. (2003), la elección de la tecnología es esencial para garantizar un tratamiento eficiente y sostenible.

El Tanque Baffled, o Anaerobic Baffled Reactor (ABR), es una solución que ha ganado notoriedad en las últimas décadas. Según Von Sperling (2007), el ABR es particularmente eficaz para el tratamiento anaeróbico de aguas residuales, gracias a su diseño multicámara que facilita la sedimentación y digestión de la materia orgánica.

En contraste, el Tanque Imhoff, tal como lo describe Imhoff (1909), quien lo introdujo por primera vez, combina en un solo tanque procesos de sedimentación y digestión anaeróbica, siendo muy efectivo para comunidades pequeñas y medianas.

Dada la diversidad de tecnologías y la particularidad del Distrito de Tapo, surge la pregunta: ¿Cuál de estas tecnologías ofrece un mejor rendimiento en el tratamiento de aguas servidas, considerando las condiciones específicas de la región?

La necesidad de abordar este problema radica en garantizar el acceso a servicios de saneamiento de calidad, proteger los ecosistemas acuáticos locales y contribuir al bienestar y salud de la comunidad del Distrito de Tapo.

1.2. Formulación y sistematización del problema

Considerando estas disposiciones se desarrolla la siguiente interrogante como problema general:

1.2.1. Problema general

¿Cómo se comparan los resultados entre el diseño y evaluación del tanque séptico baffled y el tanque imhoff en el tratamiento de aguas residuales en el distrito de Tapo?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Qué implicaciones se derivan al diseñar el tanque séptico baffled para manejar las aguas residuales en el distrito de Tapo?
- b) ¿Qué consecuencias surgen al proyectar el tanque imhoff para la gestión de aguas residuales en el distrito de Tapo?

c) ¿Qué se descubre al analizar la funcionalidad del tanque séptico baffled en el manejo de aguas residuales en el distrito de Tapo?

d) ¿Qué se revela al examinar la eficiencia del tanque imhoff en el tratamiento de aguas residuales en el distrito de Tapo?

1.3. Justificación

1.3.1. Práctica

La justificación práctica se refiere a la aplicabilidad y utilidad de una investigación en el contexto real. Es decir, cómo la investigación aborda un problema existente y cómo sus resultados pueden ser utilizados para beneficio práctico. Esta justificación se basa en la relevancia y necesidad de la investigación desde una perspectiva utilitaria. Según Hernández et al. (2010), la justificación práctica "responde a la utilidad y aplicabilidad que tendrán los resultados y conclusiones de la investigación para resolver problemas concretos en la realidad"

El tratamiento adecuado de las aguas residuales es esencial para proteger la salud pública y el medio ambiente. En el distrito de Tapo, existe una creciente preocupación por la gestión de aguas residuales y su impacto en la salud y el entorno. Evaluar y comparar la eficiencia del tanque séptico baffled con el tanque imhoff proporcionará una base sólida para tomar decisiones informadas sobre qué sistema adoptar o mejorar en la región. Los resultados de esta investigación serán de utilidad para las autoridades locales y las comunidades, al brindarles herramientas y conocimientos para mejorar la gestión de aguas residuales.

1.3.2. Teórica

La justificación teórica está vinculada al aporte que la investigación hace al corpus de conocimientos existente sobre un tema. Según Kerlinger y Lee (2002), la justificación teórica "se refiere a la contribución de la investigación a la teoría existente, es decir, cómo

la investigación puede llenar vacíos en el conocimiento o construir y validar teorías”.

Si bien hay múltiples estudios sobre tanques sépticos baffled e imhoff de manera individual, la comparativa directa en un contexto como el de Tapo puede ofrecer nuevas perspectivas y conocimientos en el campo de tratamiento de aguas residuales. Esta investigación proporcionará información valiosa sobre las ventajas y desventajas teóricas de cada sistema en dicho contexto, enriqueciendo el cuerpo teórico existente y sirviendo de referencia para futuros estudios en regiones con características similares.

1.3.3. Metodológica

La justificación metodológica hace referencia a la contribución que una investigación puede hacer en términos de métodos, técnicas o instrumentos empleados en el estudio. Según Babbie (2007), esta justificación "enfatisa cómo la investigación puede ofrecer nuevas formas o perspectivas metodológicas para abordar ciertos problemas o cuestiones".

La metodología propuesta para comparar el diseño y la evaluación de los tanques en cuestión puede servir como un modelo para futuras investigaciones en áreas similares o para la comparación de otras tecnologías de tratamiento. A través de este estudio, se pueden introducir o validar técnicas y herramientas que pueden ser útiles para investigadores y profesionales en el campo del tratamiento de aguas residuales.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Delimitación temporal

La delimitación temporal se refiere al periodo de tiempo que abarcará la investigación. Determina cuándo se realizarán las actividades y cuándo se espera obtener resultados. Establece un

marco temporal que permite organizar, programar y distribuir los recursos y actividades de la investigación de forma eficiente.

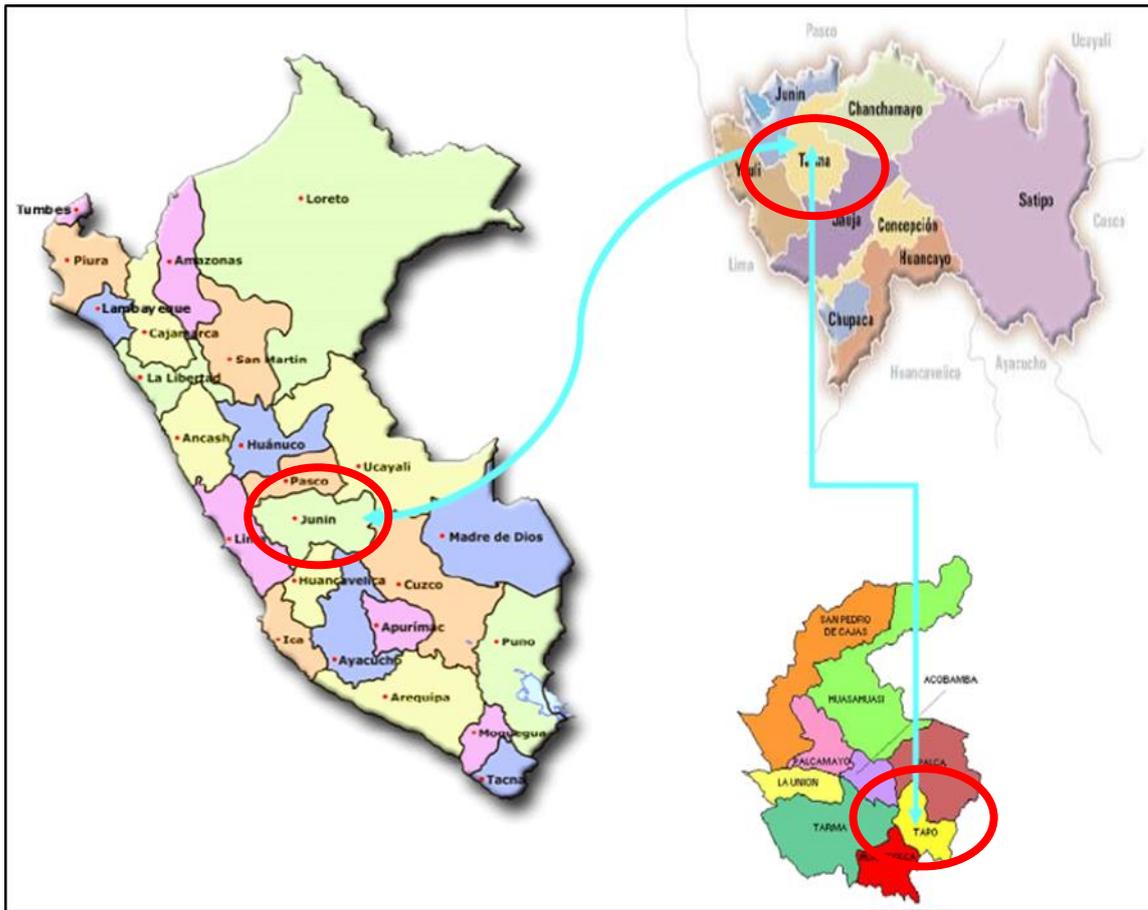
La investigación se llevará a cabo entre enero y diciembre de 2024. Durante este periodo, se realizarán las fases de diseño, recolección de datos, análisis y presentación de resultados.

1.4.2. Delimitación espacial

La delimitación espacial define el lugar o área geográfica donde se desarrollará la investigación. Esta delimitación permite concentrar los recursos y esfuerzos en una región específica, garantizando una mayor precisión en los resultados y facilitando la recopilación de datos.

El estudio se centrará exclusivamente en el distrito de Tapo. Dentro de este distrito, se seleccionarán puntos específicos donde se encuentran las instalaciones de tratamiento de aguas residuales y las áreas donde se liberan las aguas tratadas.

Figura 1 - Ubicación geográfica de la zona de investigación.



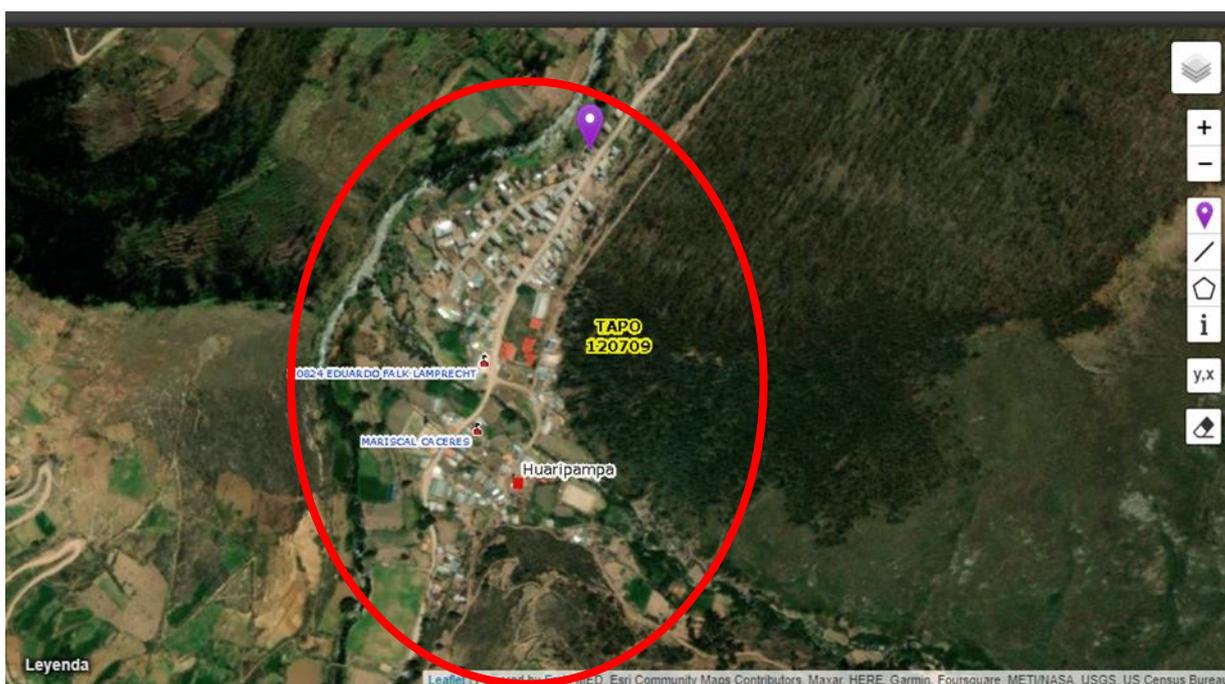
Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

Figura 2 - Ubicación del Anexo de Pichuynioc.



Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

Figura 3 - Ubicación del Anexo de Huaripampa.



Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

1.4.3. Delimitación económica

La delimitación económica se refiere a los recursos financieros que se han destinado o se prevén destinar para la realización de la investigación. Establece un presupuesto que incluye todos los gastos relacionados con la investigación, desde la remuneración del equipo investigador hasta los costos operativos y de equipamiento.

Se ha asignado un presupuesto total de 5,000 soles para la realización de esta investigación. Esta suma incluye la remuneración del equipo de investigación, los gastos relacionados con la recolección y análisis de datos, la adquisición de equipamiento y materiales, y otros gastos operativos. Se realizó un seguimiento estricto del presupuesto para garantizar que los recursos se utilicen de manera eficiente y para evitar excedentes innecesarios.

1.5. Limitaciones

Acceso a la información: No se tuvo acceso completo a todas las fuentes relacionadas con los sistemas de tratamiento de aguas en el distrito de Tapo debido a restricciones de privacidad y falta de documentación. Sin embargo, se compensó este obstáculo ampliando la búsqueda de información a fuentes académicas, literatura científica y entrevistas con expertos en el área.

Recursos financieros: El presupuesto destinado para la investigación resultó ser más limitado de lo esperado, restringiendo ciertas actividades planeadas. A pesar de ello, se priorizaron las actividades más críticas y se buscaron alternativas de bajo costo sin comprometer la calidad del estudio.

Factores climáticos: Durante el periodo de investigación, episodios climáticos adversos afectaron el desarrollo de pruebas en campo. Para sobrellevarlo, se ajustaron las fechas de recolección de datos y se implementaron protocolos para asegurar la integridad de las muestras y equipos.

Limitaciones temporales: El periodo asignado para la investigación no permitió explorar ciertos aspectos a largo plazo de los sistemas de tratamiento. Para contrarrestar esto, se concentraron los esfuerzos en obtener una visión detallada del funcionamiento actual de los tanques y se revisaron estudios previos que contemplaban periodos de tiempo más largos.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Realizar el diseño y comparar y contrastar la eficiencia y funcionalidad entre el tanque séptico baffled y el tanque imhoff en el tratamiento de aguas residuales en el distrito de Tapo.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Establecer las implicaciones técnicas, económicas y ambientales del diseño del tanque séptico baffled en el manejo de aguas residuales en el distrito de Tapo.

- b) Identificar las consecuencias relacionadas con la proyección y implementación del tanque imhoff en la gestión de aguas residuales en el distrito de Tapo.

- c) Evaluar y analizar la funcionalidad y eficacia del tanque séptico baffled en su capacidad para tratar y gestionar aguas residuales en el distrito de Tapo.

- d) Examinar y determinar la eficiencia del tanque imhoff en el proceso de tratamiento de aguas residuales, considerando su diseño, costos, y rendimiento en el distrito de Tapo.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

En 2017, Espitia presentó una investigación titulada "Diagnóstico, evaluación y propuestas de optimización para componentes de la PTAR en el municipio de Buenavista Boyacá". La finalidad principal de este estudio era proponer cambios beneficiosos para la PTAR de dicho municipio. La metodología empleada definió la naturaleza del estudio. Los habitantes de Buenavista conformaron la población estudiada. Se estableció que la unidad de análisis sería el tanque de aireación y el sistema de circulación de lodos, con el propósito de medir la concentración de sólidos volátiles suspendidos y estimar parámetros quincenalmente. Basándose en el análisis efectuado a la PTAR del municipio, se determinó que la planta no satisface las condiciones requeridas para efectuar descargas en la fuente destinataria. Como respuesta, se propuso un rediseño de ciertos componentes de la PTAR con el fin de ajustarse a las regulaciones vigentes. A raíz de este estudio, se identificó que la eliminación de contaminantes no es eficiente debido a defectos en los dispositivos, insuficiente aireación, negligencia en el mantenimiento y la falta de experiencia del encargado de la PTAR.

En 2018, Merchán destacó en su trabajo de investigación sobre la revisión y propuestas de optimización para la PTAR de la urbanización Fuentes del Río en el Cantón Daule. El propósito principal del estudio era analizar el estado presente de la PTAR de dicha urbanización, basándose en las directrices técnicas para asegurar su operación adecuada, y ofrecer sugerencias de optimización cuando se considerara pertinente. El enfoque metodológico adoptado combinó técnicas de campo con

investigación documental. El río en estudio conformó el grupo de interés. La unidad de análisis se centró en un sistema aerobio integrado por dos depósitos, y se complementó con un examen de los métodos de tratamiento, fundamentándose en la descripción de la calidad del agua antes y tras la intervención bacteriológica. De acuerdo con un análisis efectuado por el laboratorio químico Marcos, la DBO5 del agua sin tratar ascendió a 286,20 mg/l, mientras que el DQO alcanzó los 347,98 mg/l.

En 2019, Sánchez presentó su investigación titulada "Diagnóstico y recomendaciones de optimización para la PTAR de la inspección La Victoria en la municipalidad El Colegio, Cundinamarca". La principal finalidad del estudio consistía en analizar los procedimientos implementados en la PTAR de la mencionada inspección. El enfoque metodológico elegido fue un diseño descriptivo de corte transversal. Se determinó que la PTAR, en su estado actual, no está operativa y constituye un riesgo considerable para la salud de la comunidad que debería beneficiarse de ella. Por consiguiente, es esencial tomar medidas urgentes para reestablecer su operatividad. Actualmente, las aguas residuales se descargan sin recibir tratamiento adecuado y en contravención de las regulaciones en vigor. Debido a esta inoperancia, es inviable estimar la eficacia con la que se debería estar prestando el servicio.

En 2018, López y Mendoza presentaron un estudio titulado "Propuesta de optimización de la planta de tratamiento de aguas residuales para reducir la DQO y DBO en la compañía chocolatera Triunfo S.A.". Su principal objetivo radicaba en diseñar una estrategia para optimizar la PTAR con el fin de reducir los valores de DQO y DBO en dicho establecimiento. La metodología adoptada fue de carácter experimental. Al analizar las características del agua tratada, se obtuvo información detallada sobre la naturaleza y cantidad de contaminantes presentes. Los resultados mostraron que, si bien el proceso biológico usando los lodos activados

existentes alcanza una eficacia de más del 79%, no logra disminuir satisfactoriamente las concentraciones de DQO y DBO5.

Tilley et al. (2018) "publicaron el Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento para el Instituto Federal Suizo para la Ciencia y la Tecnología Acuática, Departamento de Saneamiento, Agua y Residuos Sólidos para el Desarrollo (Sandec) Dübendorf". En resumen, el tanque séptico con baffles es una mejora del tanque séptico convencional porque tiene más cámaras por las que fluyen las aguas residuales. Otros beneficios del tanque séptico con baffles son que no necesita energía eléctrica para funcionar, resiste las cargas orgánicas y los choques hidráulicos, tiene una vida útil prolongada y reduce el DBO, la producción de lodo es baja porque el lodo está estabilizado, no requiere mucho terreno porque se puede construir bajo tierra, requiere personal experimentado en el diseño y la construcción y la reducción de patógenos y nutrientes es baja. Los efluentes y el lodo requieren tratamientos adicionales y/o descargas apropiadas.

2.1.2. Nacionales

En 2015, Dueñas realizó un estudio titulado "Evaluación y estrategias de optimización de la PTAR en el centro poblado Quiquijana, Provincia de Quispicanchis, Región Cusco". El principal enfoque del estudio fue analizar la operatividad y eficacia de la planta, y proponer soluciones mejoradas que fueran más eficientes desde un enfoque económico, ambiental y técnico, asegurando que el efluente estuviera dentro de los límites permitidos. En cuanto a la metodología, se priorizó la observación directa. De acuerdo con los datos del INEI de 2007, Quiquijana cuenta con una población de 1030 residentes urbanos y 8854 en zonas rurales. Para 2011, el INEI proyecta una cifra de 2011 habitantes. Las conclusiones del estudio indican que la PTAR recibe un flujo promedio de 3.70 L/s, lo que refleja el consumo hídrico del centro poblado, siendo esta cifra corroborada con precisión. La asignación de agua, basada en

este caudal, es óptima, superando incluso las recomendaciones del reglamento nacional de edificaciones que establece 180 L/p/día ajustado por población y clima, abarcando cerca del 35% de la variación total. Este consumo elevado podría atribuirse a un uso inadecuado del agua por parte de la población y a infraestructuras domésticas deterioradas.

En 2019, Gutiérrez presentó un estudio titulado "Optimización de la PTAR San José para su reaprovechamiento en actividades agrícolas - Chiclayo-2015". Esta investigación buscó establecer cómo la optimización de la PTAR San José puede influir en el reuso del agua residual en actividades agrícolas en la región de Chiclayo. El estudio adoptó un enfoque correlacional y no experimental. Se centró en la PTAR San José, administrada por la Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Lambayeque S.A., como el principal objeto de análisis. Se identificó que, en la región estudiada, las actividades agrícolas y relacionadas demandan una mayor cantidad de agua que las actividades domésticas o industriales. En este contexto, la principal fuente de agua en la zona proviene de las viviendas del centro de Chiclayo. Un acuerdo existente entre la Comunidad Campesina de San José y EPSEL S.A. dicta que el agua proveniente de la PTAR San José será empleada por los residentes para riego, ganadería, consumo directo y producción de forraje. Sin embargo, el análisis de la calidad del agua reveló que sus características superan los límites permitidos para su reutilización.

En 2018, Blas presentó una investigación titulada "Análisis y optimización del sistema de filtrado biológico y tanque séptico de la PTAR en Jivia, Huánuco". El propósito principal de este estudio fue evaluar y potenciar la eficiencia del sistema de filtrado biológico y del tanque séptico para que las aguas tratadas en Jivia puedan ser reaprovechadas. La investigación adoptó un enfoque práctico utilizando el agua residual de la localidad como materia de estudio.

Se recolectaron muestras desde las entradas y salidas del tanque y del filtro biológico. A partir de los hallazgos, se sugirió una reestructuración del tanque séptico y del sistema de filtrado biológico. Esta renovación incluyó la adición de una cámara de rejillas y se propuso que la eficiencia podría aumentar mediante la sustitución de las tuberías y accesorios de PVC, optando por rociadores de 1 pulgada de diámetro para el lecho del filtro. Además, se recomendó la colocación de capas de grava, iniciando con gravas de 5 a 7 cm, seguidas de gravas de 2,5 a 5 cm. Finalmente, se efectuó una limpieza profunda, optimizando así el rendimiento del sistema.

En la investigación titulada "Análisis y Estrategias de Mejora para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Huaripampa, San Marcos, Áncash 2020", Chirinos y Ubaldo se enfocaron en determinar la eficiencia de la planta y formular recomendaciones para su optimización en Huaripampa, San Marcos, Áncash durante 2020. La naturaleza del estudio fue aplicada con un enfoque no experimental. Se consideraron todos los componentes de la planta para el análisis detallado. Para una evaluación adecuada y veraz, se tomó en cuenta cada elemento de la planta, adoptando un enfoque de muestreo censal. Los hallazgos revelaron que Huaripampa enfrenta serias deficiencias en relación con los estándares de diseño establecidos por la Norma OS 0.90. La PTAR mostró serios problemas y señales de un colapso inminente. Además, se identificó la necesidad de intervenciones urgentes y rediseños en áreas específicas, tales como el canal de acceso, las rejillas, el área de sedimentación y la cámara de contacto con cloro.

En la investigación llevada a cabo por Camones y Salas en 2019, denominada "Análisis y Recomendaciones de Optimización para la planta de tratamiento de aguas residuales Nueva Florida, Independencia, Huaraz - 2019", se propusieron determinar la eficacia de la mencionada planta en Nueva Florida, Independencia,

Huaraz durante ese año. Esta indagación, de naturaleza transversal y descriptiva, no fue experimental. Se consideraron todos los elementos de la PTAR para un análisis completo. Debido a que se necesitaba una evaluación exhaustiva, se empleó un enfoque de muestreo censal. A partir de los hallazgos, se determinó que la PTAR de Nueva Florida en general cumple con las regulaciones actuales, especialmente en términos de caudales, parámetros de diseño, y acciones de mantenimiento. Sin embargo, se identificaron problemas en el medidor Parshall y la cámara de rejillas en relación a los estándares de diseño. Una revisión más detallada reveló que varios componentes de la planta están en estado crítico y requieren intervención inmediata.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Teorías de la Investigación

2.2.1.1 Aguas residuales

Las aguas residuales se definen, en general, como el conjunto de aguas que han sido utilizadas en diversas actividades humanas y, como consecuencia, han sufrido una alteración en su composición original. Estas aguas, tras ser usadas en procesos domésticos, industriales, agrícolas, entre otros, contienen una variedad de sustancias químicas, biológicas y materiales suspendidos que pueden presentar impactos negativos si se descargan inmediatamente al entorno natural sin el debido tratamiento (Metcalf & Eddy, 2003).

Según Tchobanoglous y Burton (1991), las aguas residuales se clasifican según su origen. Las aguas residuales domésticas, por ejemplo, provienen principalmente de hogares y establecimientos comerciales. Estas generalmente contienen materias orgánicas, sólidos suspendidos, nutrientes como nitrógeno y fósforo, y microorganismos patógenos. Por

otro lado, las aguas residuales industriales varían en composición dependiendo de la naturaleza de la industria y pueden contener componentes tóxicos que exigen tratamientos específicos.

Las aguas residuales también tienen una dimensión ecológica y sanitaria. Cuando se descargan sin tratamiento al medio ambiente, pueden causar la eutrofización de cuerpos de agua, lo que lleva a la proliferación de algas y la consecuente disminución de oxígeno en el agua. Además, las aguas residuales sin tratar son una fuente de enfermedades, ya que contienen bacterias, virus y otros microorganismos patógenos que pueden afectar la salud de la población y de los ecosistemas (Metcalf & Eddy, 2003).

Por tanto, es fundamental entender la composición y características de las aguas residuales para determinar el tipo de tratamiento necesario. La adopción de tecnologías apropiadas para el tratamiento y la gestión adecuada de las aguas residuales es esencial para proteger tanto la salud pública como el medio ambiente.

2.2.1.2 Caracterización del agua residual doméstica

La caracterización de un agua residual doméstica es la “determinación de un conjunto de parámetros que pueden ser necesarios para el diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales o para su control” (Trapote, 2016). A continuación, se describen las características de las aguas residuales domésticas.

Características físicas:

Temperatura: Es una propiedad esencial que afecta la tasa de reacciones químicas y biológicas en el agua. La

temperatura del agua residual está influenciada por la geografía y las actividades domésticas, como duchas y cocina.

Densidad: Esta es una medida de la masa del agua por unidad de volumen y puede verse afectada por la concentración de sólidos en el agua.

Turbidez: Indica la claridad del agua. Una alta turbidez sugiere una alta concentración de partículas en suspensión, lo que puede ser problemático para algunos tratamientos.

Color y Olor: Estas características son indicativos de la presencia de materia orgánica, compuestos químicos y microorganismos. Un cambio en estos puede indicar contaminación.

Sólidos Totales: Referente a la cantidad total de materia suspendida o disuelta en el agua. Estos pueden ser orgánicos o inorgánicos.

Sólidos Disueltos: Son aquellos que se encuentran en solución en el agua, como sales y minerales.

Sólidos Suspendidos: Partículas que no están disueltas y pueden asentarse en el fondo si el agua está en reposo.

Características químicas: Entre las características químicas se tienen:

a.- pH: Indica el grado de acidez o alcalinidad del agua residual. Un pH neutral es 7, mientras que valores por debajo son ácidos y por encima son alcalinos.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Representa la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica e inorgánica en el agua.

Demanda Biológica de Oxígeno (DBO): Es el oxígeno requerido por los microorganismos para descomponer la materia orgánica.

Nitratos y Nitritos: Son formas de nitrógeno presentes en el agua residual, producto de la descomposición de proteínas y urea.

Fosfatos: Generalmente provienen de detergentes y procesos biológicos. Son esenciales para el crecimiento algal y pueden causar eutrofización en cuerpos de agua.

Características biológicas:

Bacterias: Muchas están presentes de forma natural, pero otras, como E. coli, pueden indicar contaminación fecal.

Virus: Pueden ser transmitidos a través de aguas contaminadas y causar enfermedades.

Protozoos y helmintos: Organismos que pueden causar enfermedades si se ingieren.

Algas: Su proliferación excesiva puede indicar niveles altos de nutrientes, como fosfatos y nitratos.

Compuestos Orgánicos:

Hidrocarburos: Estos pueden provenir de derrames de petróleo o combustibles.

Fenoles: Sustancias químicas que pueden provenir de desinfectantes y productos farmacéuticos.

Surfactantes: Componentes principales de los detergentes.

Plaguicidas y herbicidas: Residuos de productos utilizados para controlar plagas y malezas.

Gases:

Metano (CH₄): Producido durante la descomposición anaerobia de la materia orgánica.

Dióxido de Carbono (CO₂): Resultado de la respiración microbiana.

Sulfuro de Hidrógeno (H₂S): Producido a partir de la descomposición de proteínas que contienen azufre.

Compuestos Inorgánicos:

Sales: Como cloruro de sodio, cloruro de potasio, entre otras.

Metales pesados: Como mercurio, plomo, cadmio, y otros que pueden ser tóxicos en altas concentraciones.

Tabla 1 – Composición típica del agua residual doméstica.

Contaminantes	Concentración Débil (mg/L)	Concentración Media (mg/L)	Concentración Fuerte (mg/L)
Sólidos Totales	200	350	500
Sólidos Disueltos	100	175	250

Sólidos Suspendidos	100	175	250
Nitratos	10	30	50
Fosfatos	5	15	25
Materia Orgánica (DBO5)	110	220	330
Cloruros	30	50	70
Amonio	12	25	38

2.2.1.3 Tratamiento del agua residual

Metcalf & Eddy (2003): en su libro "Wastewater Engineering: Treatment and Reuse", definen el tratamiento de aguas residuales como un conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como objetivo la eliminación de contaminantes. El proceso busca lograr un efluente que cumpla con los estándares de calidad requeridos para su disposición o reutilización y la disposición segura del lodo generado.

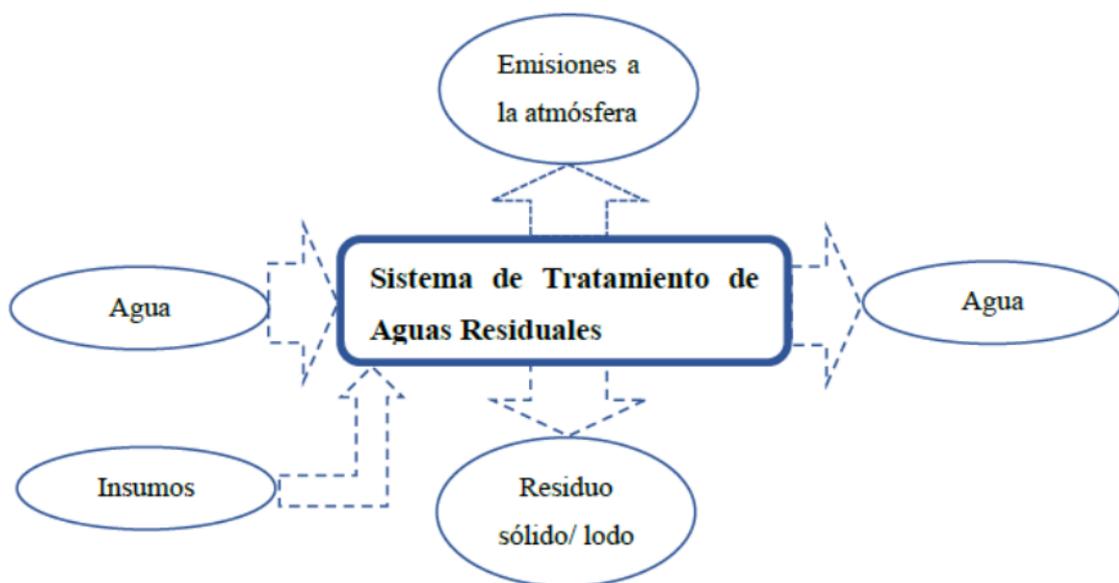
Tchobanoglous, G., Burton, F.L., & Stensel, H.D. (2002): En "Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse", el tratamiento de aguas residuales es conceptualizado como un medio para recuperar recursos valiosos, como agua, energía y nutrientes, de las corrientes de desecho. Estos autores enfatizan en la importancia de la sostenibilidad y el reúso del agua en el marco del tratamiento de aguas residuales.

Judd, S.J. (2011): En "The MBR Book: Principles and Applications of Membrane Bioreactors for Water and Wastewater Treatment", Judd destaca la relevancia de

los reactores biológicos con membrana (MBR) en el tratamiento moderno de aguas residuales. Estos sistemas combinan procesos convencionales de lodos activados con filtración por membrana, lo que permite obtener efluentes de alta calidad aptos para reutilización.

Cheremisinoff, N.P. (2002): En "Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies", se subraya que el tratamiento de aguas residuales no solo se centra en la eliminación de contaminantes, sino también en la prevención de la contaminación del agua en primer lugar. Cheremisinoff señala que la gestión y tratamiento adecuados de aguas residuales son fundamentales para proteger la salud humana y el medio ambiente.

Figura 4 - Esquema conceptual de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

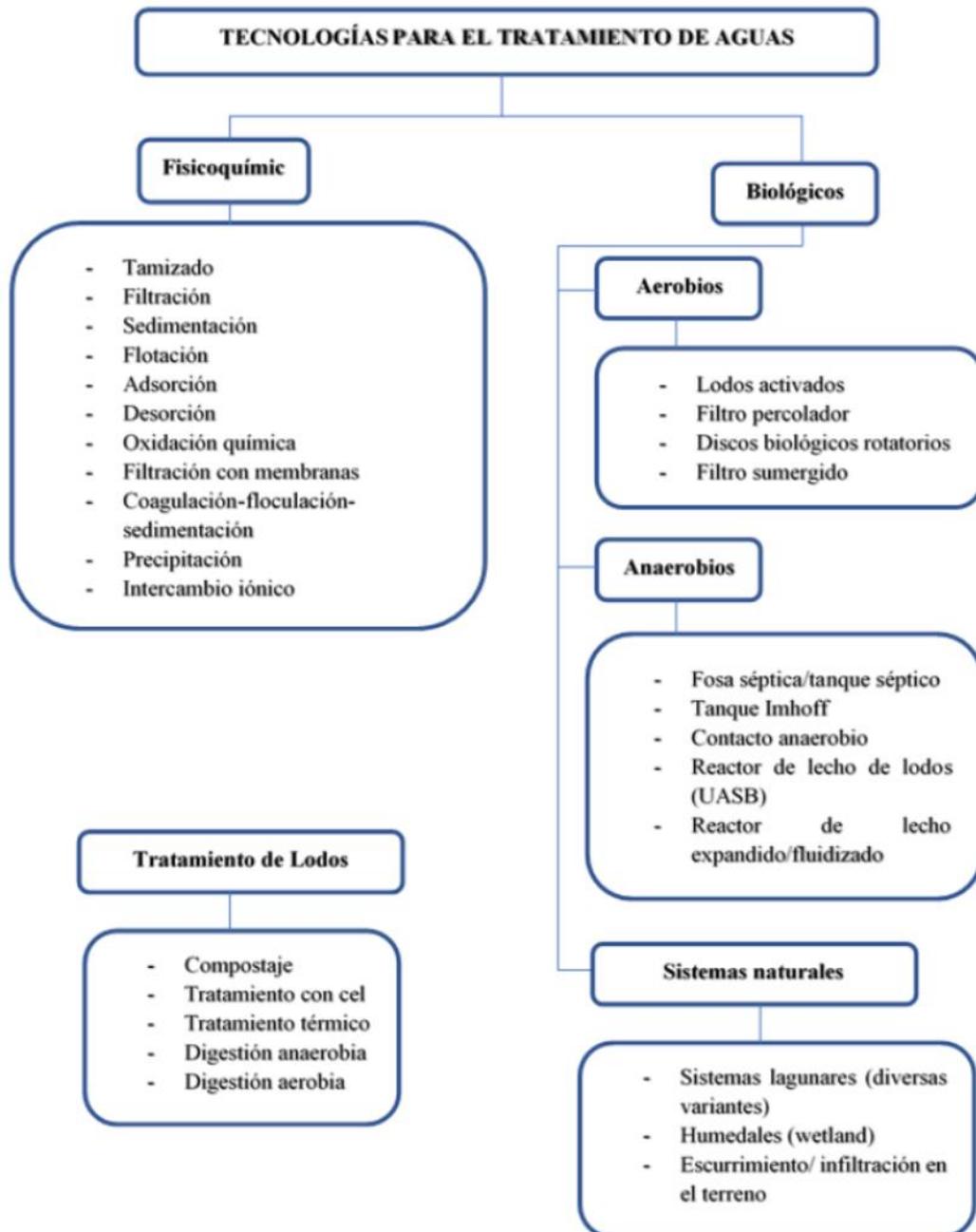


Fuente: Noyola et al., 2013.

El gráfico 5 ilustra técnicas utilizadas en el tratamiento de aguas servidas, según el tipo de procedimiento.

Tal como se observa en el gráfico 5, cada técnica proporciona habilidades para suprimir determinados contaminantes; y muestran pros y contras cuando se decide optar por una de ellas; estas cualidades se detallan en el cuadro 2.

Figura 5 - Tecnologías para el tratamiento de agua residual.



Fuente: Noyola et al., 2013.

Tabla 2 – Ventajas y desventajas de algunas tecnologías existentes.

Tipo	Naturaleza de las Aguas Residuales	Ventajas	Desventajas	Componentes eliminados
Humedales artificiales	Aguas residuales domésticas y agrícolas; pequeñas comunidades; tratamiento terciario para industrias	Baja o ninguna necesidad de energía; bajos costos de mantenimiento; proporciona valor estético, comercial y para el hábitat	Se debe cavar y usar grandes terrenos; se puede obstruir el sistema si no existe un adecuado mantenimiento	TSS, DQO, TN, TP.
Tratamiento biológico aeróbico (es decir, lodos activados)	Los aireadores de acero inoxidable son resistentes a las aguas residuales corrosivas y las hacen adecuadas para las plantas Industriales de pulpa y papel, la industria química y otros entornos extremos. Buena eliminación de la DBO y la planta se puede operar para facilitar la eliminación de nitrógeno y fósforo	Rápido, económico comparado con otros métodos, libre de olores. Requisitos de mantenimiento altos; ineficaces en aguas profundas (por lo tanto, son de poco profundas) y en condiciones climáticas de congelación	Poca eliminación de cargas bacterianas y alta producción de lodos	DBO, SS, TN, TP.
residuales domésticas e industriales Sistema de membrana microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, RO (Osmosis Inversa)	Aguas residuales depositadas previamente; pueden utilizarse en combinación con procesos biológicos (MBR, MBBR)	Procesos que cierran el ciclo del agua y producen agua de alta pureza para su reutilización	costos más altos y mayores requisitos en funcionamiento, mantenimiento y consumo de energía	La Microfiltración y la ultrafiltración eliminan todos los agentes biológicos y las Macromoléculas; la nanofiltración elimina las moléculas orgánicas simples; la ósmosis inversa elimina los iones inorgánicos

Fuente: Informe mundial de las Naciones sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017.

- **DBO (Demanda Biológica de Oxígeno):** Indicador de la cantidad de oxígeno que se requiere para que los microorganismos descompongan la materia orgánica presente en una muestra de agua bajo condiciones específicas.
- **DQO (Demanda Química de Oxígeno):** Medición que refleja la cantidad de oxígeno necesario para oxidar químicamente las sustancias orgánicas en una muestra de agua, ofreciendo una idea del grado de contaminación.
- **MBBR (Reactor de Lecho Móvil con Biofilm):** Tecnología de tratamiento avanzado en la que microorganismos adheridos a medios móviles descomponen contaminantes en aguas residuales mientras estos medios flotan libremente en el reactor.
- **MBR (Reactores Biológicos de Membrana):** Sistemas combinados que integran procesos microbiológicos y de filtración, utilizando membranas para separar y tratar eficientemente las aguas residuales.
- **RO (Osmosis Inversa):** Proceso de purificación del agua que utiliza una membrana semipermeable para separar y eliminar solutos no deseados, especialmente sales disueltas.
- **SS (Sólidos en Suspensión):** Partículas y sedimentos presentes en el agua que no están disueltos, y pueden incluir materiales tanto orgánicos como inorgánicos.
- **TDS (Total de Sólidos Disueltos):** Conjunto de todos los compuestos inorgánicos y orgánicos disueltos en agua, reflejando la concentración general de sustancias disueltas.
- **TN (Nitrógeno Total):** Medida de la suma de todas las formas de nitrógeno, tanto orgánicas como inorgánicas, presentes en una muestra de agua.

- **TP (Fósforo Total):** Indicador que refleja la cantidad acumulada de todas las formas de fósforo, tanto orgánicas como inorgánicas, en una muestra de agua.
- **TSS (Total de Sólidos en Suspensión):** Cantidad total de partículas no disueltas que flotan en una muestra de agua, que pueden estar compuestas de materiales orgánicos e inorgánicos.
- **RAFA (Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente):** Sistema de tratamiento que utiliza bacterias anaeróbicas para descomponer materia orgánica en aguas residuales, con un flujo que se mueve de abajo hacia arriba en el reactor.

2.2.1.4 Procesos para el tratamiento de aguas residuales

El tratamiento efectivo de aguas residuales se basa en combinaciones de procedimientos físicos, biológicos y químicos. Esta amalgama de métodos busca reciclar las aguas para su posible reutilización o, en su defecto, garantizar una descarga segura en el medio ambiente (López y García, 2015).

Estos tratamientos pueden dividirse en etapas de pre-tratamiento, tratamiento primario y secundario, y en ciertas situaciones, se puede considerar un paso terciario.

1.- Pre-tratamiento: Esta fase consiste en la eliminación de residuos sólidos de gran tamaño y en la preparación del agua para las siguientes etapas. Se utilizan mecanismos como rejillas, tamices y desarenadores. En algunas ocasiones, se implementan tanques homogeneizadores y dispositivos reguladores de pH, dependiendo de las características específicas del agua en cuestión (Serrano, 2006).

Tabla 3 – Concentraciones típicas encontradas en aguas residuales pre-tradas.

Parámetro	Unidad	Valores promedio
Temperatura	°C	25.9
pH	Und.	7.1-7.18
Conductividad eléctrica	mmhos/cm	1.61
Turbidez	NTU	265.8
Demanda química de oxígeno	mg/l	252.72
Demanda biológica de oxígeno	mg/l	252.72
Sólidos suspendidos totales	mg/l	194.23-194.53
Nitrógeno total	mg/l	-
Amonio	mg/l	-
Fósforo total	mg/l	-
Fosfato	mg/l	-
Coliformes fecales	NMP/100ml	9.3E+07 - 1.00e+08

Fuente: Adaptado de Rojas, Vera y Vidal (2013), y Vera, Araya, Andrés, Sáez y Vidal (2014). Citado en Gómez, 2017.

2.- Tratamiento primario: Esta fase se centra en la sedimentación de materiales sólidos mediante procesos físicos. Se utilizan tanques sedimentadores o lagunas anaerobias de estabilización. Durante este proceso, es esencial mantener un flujo lento, alrededor de 1 - 2 cm/s, para favorecer la decantación de sólidos (Castro y Solís, 1970).

3.- Tratamiento secundario: Aquí, el foco está en abordar la materia orgánica disuelta que no fue sedimentada en etapas previas. Se emplean herramientas como tanques de aireación, lodos activados y filtros biológicos (Gutiérrez y Ramos, 1995).

4.- Tratamiento terciario: Esta etapa, reservada para las situaciones que lo requieren, tiene como objetivo eliminar componentes específicos del agua, como nitrógeno y fósforo. Estos pueden ser abordados con el uso de humedales diseñados específicamente o mediante

procesos de nitrificación-desnitrificación y tratamientos químicos (Salinas y Martínez, 2000).

2.2.1.5 Tanque séptico baffled

El tanque séptico baffled es una variante del tradicional tanque séptico, concebido para mejorar la separación de sólidos y líquidos y optimizar la degradación de materia orgánica. Esta mejora se logra gracias a la implementación de particiones o "baffles" en su diseño.

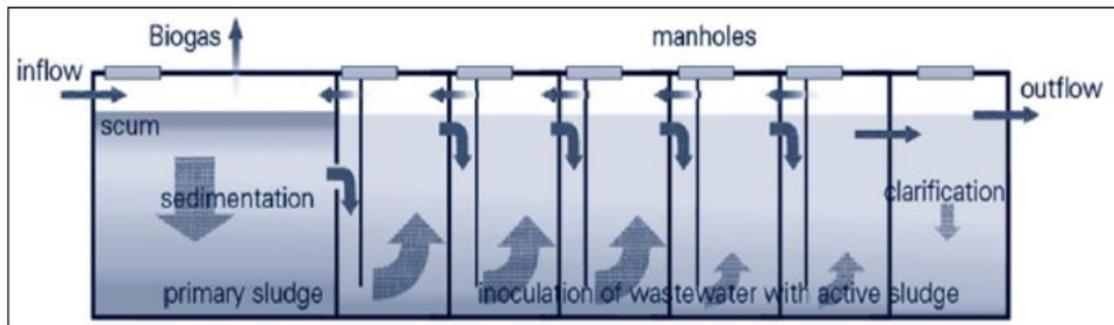
Según García y Ruiz (2010), el tanque séptico baffled está diseñado con múltiples compartimentos que sirven para dirigir el flujo de las aguas residuales, incrementando el tiempo de retención y, por ende, facilitando la sedimentación de los sólidos y la flotación de grasas y aceites. Estas subdivisiones, además, reducen la posibilidad de que los sólidos no digeridos se desplacen hacia el campo de absorción, protegiendo de este modo los sistemas de infiltración.

Por otro lado, Hernández y Romero (2012) señalan que los tanques baffled, al incrementar el tiempo de retención, proporcionan un ambiente más propicio para la actividad bacteriana. Esta actividad resulta crucial para la descomposición de la materia orgánica. En consecuencia, este diseño puede ofrecer una mejor eficiencia en la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO) en comparación con tanques sépticos tradicionales.

A pesar de las ventajas que ofrece el tanque séptico baffled, es esencial que este sistema se diseñe adecuadamente, teniendo en cuenta las cargas hidráulicas y orgánicas específicas. Asimismo, la necesidad de mantenimiento es algo inherente a estos

sistemas. Un vaciado y limpieza periódicos son esenciales para garantizar su eficiencia y prolongar su vida útil.

Figura 6 - Tanque baffled o reactor baffled anaeróbico.



Fuente: (Gutterer, B. et al., 2009).

El depósito con deflector es apto para el procesamiento de cualquier clase de agua servida; no obstante, su rendimiento se potencia a medida que la carga orgánica es mayor. Los datos del tratamiento indican una disminución de 65 % a 90 % en DQO; 70 % a 90 % en la DBO". (Gutterer, B. y colaboradores, 2009).

1.- Consideraciones de diseño: De acuerdo con Foxon y Buckley (s.f.), hay escasa documentación accesible acerca del diseño del depósito con deflector. Ellos toman en cuenta 6 criterios para la configuración:

Capacidad y Tamaño: El tamaño del tanque séptico baffled debe calcularse en función de la carga diaria de aguas residuales que se espera recibir. Típicamente, se considera el número de habitantes y el uso promedio de agua por persona. Es crucial que el tanque esté diseñado para manejar las cargas pico sin comprometer su funcionamiento (Ortega y Sánchez, 2011).

Número y Ubicación de Baffles: La eficacia del tanque séptico baffled radica en sus divisiones internas. Los

baffles deben ser colocados estratégicamente para maximizar la sedimentación de sólidos y minimizar el paso de éstos al siguiente compartimento. Generalmente, se recomienda que el primer compartimento (donde ingresa el agua residual) tenga entre el 40% y 50% del volumen total del tanque (González y Ramírez, 2013).

Material de Construcción: Los tanques sépticos baffled pueden construirse con una variedad de materiales, incluyendo hormigón armado, fibra de vidrio o plástico reforzado. La elección del material dependerá de factores como la durabilidad requerida, condiciones del suelo y presupuesto disponible (Ortega y Sánchez, 2011).

Accesibilidad y Mantenimiento: Es esencial diseñar el tanque de manera que facilite las operaciones de mantenimiento. Debe haber tapas o puntos de acceso adecuados en cada compartimento para permitir la inspección, bombeo y limpieza (González y Ramírez, 2013).

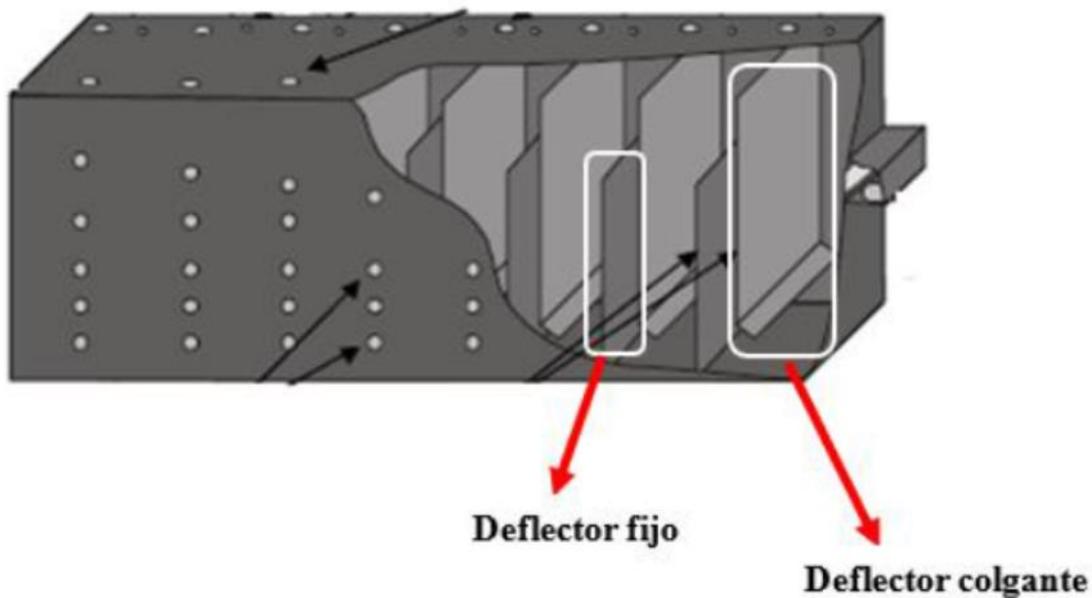
Salidas y Desbordamientos: El diseño debe asegurar que el efluente tratado pueda salir del tanque sin obstrucciones. Adicionalmente, es prudente tener un sistema de desbordamiento o alarma en caso de que el tanque llegue a su capacidad máxima, para evitar desbordamientos y posibles contaminaciones (Ortega y Sánchez, 2011).

Ventilación: Como en todo sistema séptico, la ventilación es crucial para permitir la salida de gases generados durante el proceso de descomposición anaeróbica. El diseño debe incluir conductos de ventilación adecuados que eviten la acumulación de

gases como el metano y el sulfuro de hidrógeno (González y Ramírez, 2013).

Protección del Medio Ambiente: A pesar de que el tanque séptico baffled proporciona un nivel superior de tratamiento en comparación con tanques convencionales, es vital asegurarse de que su ubicación y diseño no representen un riesgo para fuentes de agua subterránea o superficiales cercanas.

Figura 7 - Deflector fijo y colgante.



Fuente: Adaptado de Foxon y Buckley s.f

A continuación, se presenta la Tabla 4 de rangos recomendados para el diseño de un Tanque Baffled.

Tabla 4 – Rangos recomendados y ecuaciones para parámetros en el diseño de un Tanque Baffled para el tratamiento de aguas residuales.

Parámetros	Símbolo	Unidad	Rango de Parámetros recomendados o ecuación
Caudal	Q	m ³ /d	-
Tiempo de Retención Hidráulico	TRH	h	20 a 60, pero de 40 a 60 durante la puesta en marcha
Volumen de trabajo del Tanque	V _w	m ³	QxTRH/24
Velocidad Máxima de flujo ascendente	V _p	m/h	0.54
Velocidad de Diseño de flujo ascendente	V _d	m/h	V _p /1.8 = 0.30
Número de Cámaras	N	-	4 a 6
Holgura del Baffled Colgante con la base	d _b	m	0.15 a 0.20
Área de Flujo ascendente de la cámara	A _u	m ²	Q/(V _d x 24)
Relación de flujo ascendente a flujo descendente	R _{U/D}	m ² /m ²	2 a 3
Relación ancho-largo	C _{W:L}	m/ m	3 a 4
Área total de las cámaras	A _C	m ²	A _U x (1+ R _{U/D})/ R _{U/D}
Profundidad del Tanque	r _D	m	1 a 3 (La profundidad del reactor se regirá en gran medida por el costo de la excavación)
Ancho del Tanque	r _w	m	$\approx \sqrt{\frac{V_w \times C_{W:L}}{N \times r_D}}$
Largo del Tanque	r _L	m	N x r _w / C _{W:L}

Fuente: (Foxon y Buckley, s.f).

2.- Operación y mantenimiento: Para un funcionamiento correcto y para que opere de manera óptima, es necesario un periodo de inicio o arranque.

Operación Diaria:

Monitoreo Continuo: Es esencial supervisar regularmente el nivel del líquido en el tanque para evitar sobrellenados. También, se debe observar cualquier signo de mal funcionamiento, como olores desagradables, desbordamiento o acumulación inusual de sólidos (Torres y Valdés, 2012).

Control de Influyentes: Aunque el tanque séptico baffled está diseñado para tratar aguas residuales domésticas, se debe evitar la descarga de sustancias químicas peligrosas, aceites o sólidos no biodegradables, ya que pueden perturbar el proceso anaeróbico (Pérez y Soto, 2014).

Mantenimiento Rutinario:

Inspección: Al menos una vez al año, es necesario realizar una inspección completa del tanque, verificando el estado de los baffles, la acumulación de lodos en el fondo y la capa de grasa en la superficie (Torres y Valdés, 2012).

Limpieza y Bombeo: Dependiendo del uso y la carga del tanque, los lodos acumulados en el fondo deben ser bombeados cada 2-5 años. Esta frecuencia puede variar según la capacidad del tanque y el número de usuarios (Pérez y Soto, 2014).

Mantenimiento Preventivo:

Revisión de Baffles: Los baffles son esenciales para el correcto funcionamiento del tanque. Deben ser revisados para detectar daños o desplazamientos que podrían comprometer la eficiencia del sistema (Torres y Valdés, 2012).

Verificación de Sellos y Tapas: Para evitar filtraciones o la entrada de aguas superficiales, es crucial asegurar que las tapas y sellos estén en buenas condiciones (Pérez y Soto, 2014).

Consideraciones Ambientales:

Gestión de Lodos: Una vez extraídos del tanque, los lodos deben ser tratados y dispuestos adecuadamente. Esto puede implicar su deshidratación, compostaje o disposición en un vertedero autorizado (Torres y Valdés, 2012).

Control de Olores: Si bien la adecuada operación del tanque minimizará la producción de olores, es posible que en ciertas circunstancias se generen. En estos casos, se deben revisar y ajustar las ventilaciones, y si es necesario, instalar filtros de carbón activado (Pérez y Soto, 2014).

Emergencias y Solución de Problemas:

Desbordamientos: En caso de desbordamiento, se debe interrumpir la entrada de aguas residuales al tanque, identificar y resolver la causa del problema, y limpiar y desinfectar las áreas afectadas (Torres y Valdés, 2012).

Restauración del Proceso: Si se detecta una reducción en la eficiencia del proceso anaeróbico, se pueden tomar medidas como la adición de inoculantes bacterianos para

restaurar el equilibrio microbiano del sistema (Pérez y Soto, 2014).

2.2.1.6 Tanque Imhoff

El tanque Imhoff, desarrollado por el ingeniero alemán Karl Imhoff en 1906, es un sistema de tratamiento de aguas residuales primario que combina las funciones de sedimentación y digestión anaeróbica en una sola estructura (González y Martínez, 2015). Se compone de dos cámaras, la superior para sedimentación de sólidos y la inferior para digestión anaeróbica de los lodos decantados (Villa y Salinas, 2017).

1.- Funcionamiento:

Operación Diaria:

Monitoreo Continuo: Al igual que otros sistemas, se debe supervisar regularmente el nivel de líquido en el tanque, el funcionamiento del sistema de ventilación, y cualquier signo de mal funcionamiento.

Control de Influyentes: Es crucial evitar la descarga de químicos peligrosos, aceites y sólidos no biodegradables en el tanque Imhoff (González y Martínez, 2015).

Mantenimiento Rutinario:

Inspección Anual: Se debe realizar una revisión completa del estado de los compartimentos, la acumulación de lodos y la capa de grasa.

Limpieza y Bombeo: Los lodos acumulados en el compartimento inferior deben ser bombeados aproximadamente cada 2-4 años, aunque esta frecuencia

varía según la carga del tanque y la calidad del influente (Villa y Salinas, 2017).

Mantenimiento Preventivo:

Revisión de Compartimentos y Baffles: Es fundamental asegurar que las divisiones y baffles estén en buenas condiciones para garantizar un tratamiento efectivo.

Verificación de Sellos y Tapas: Asegurar que las tapas y sellos estén en buenas condiciones es vital para prevenir filtraciones (González y Martínez, 2015).

Consideraciones de Diseño:

Dimensiones: Las dimensiones dependen del volumen de aguas residuales a tratar. A menudo, se diseñan para tener una profundidad de 3 a 4.5 metros y un tiempo de retención de 2 a 4 horas.

Ventilación: Una adecuada ventilación es esencial para controlar los olores y liberar los gases producidos durante la digestión anaeróbica.

Ubicación: Es recomendable ubicar el tanque en un lugar de fácil acceso para su inspección y mantenimiento, pero también lo suficientemente lejos de zonas residenciales para evitar molestias por olores (Villa y Salinas, 2017).

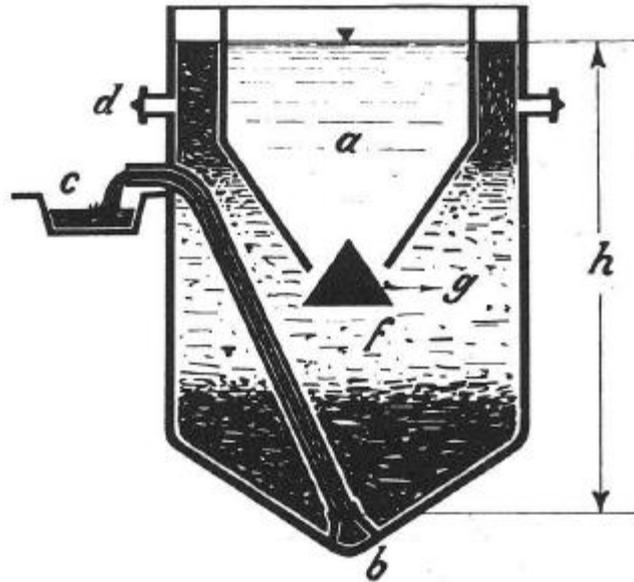
Emergencias y Solución de Problemas:

Desbordamientos: En caso de desbordamiento, se debe interrumpir la entrada de aguas residuales, identificar y solucionar la causa del problema.

Restauración del Proceso: Si se detecta una caída en la eficiencia de la digestión anaeróbica, se pueden tomar

medidas para restaurar el equilibrio del sistema (González y Martínez, 2015).

Figura 8 - Diagrama de partes del tanque Imhoff.



Fuente: Emscherbrunnen, erfunden 1907.

De acuerdo con la norma OS.090 2006, son tanques de sedimentación primarios que incorporan la digestión de lodos en un área situada en la parte inferior.

Para diseñar la zona de sedimentación, se utilizarán los siguientes estándares:

- a. El área del proceso se calculará utilizando una carga superficial de 1 m³ por metro cuadrado por hora, calculada con base en el caudal medio.
- b. El tiempo de retención promedio es de 1,5 a 2,5 horas. La carga superficial y el período de retención determinarán la profundidad.

c. El fondo del tanque será en forma de V con una pendiente de 50 a 60 grados con respecto al eje horizontal.

d. Se mantendrá una apertura de 15 m a 20 m en el borde central para facilitar el desplazamiento de residuos. Es esencial extender un lado para prevenir la transferencia de gases al decantador, con una extensión horizontal de entre 0,15 y 0,20 metros. El margen sin obstrucciones debe ser al menos de 0,30 m.f. Las infraestructuras de entrada y salida, junto con otros criterios de diseño, coincidirán con los de los decantadores rectangulares estándar. De acuerdo con la regulación OS.090 2006, para la planificación del compartimento de retención y fermentación de sedimentos (área de fermentación), se considerarán los criterios siguientes: El espacio de los sedimentos se determinará disminuyendo el 50% de los residuos volátiles. Con una densidad de 1,05 kg/l y una concentración promedio de residuos del 12,5% (por peso), se determinará el espacio de los sedimentos. Estableceremos el lugar para retener los sedimentos durante el ciclo de fermentación. Se aplicarán los datos siguientes:

Tabla 5 – Valores de temperatura y tiempo de digestión.

TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE DIGESTIÓN (DIAS)
5	110
10	76
15	55
20	40
≥25	30

Fuente: Norma OS.090, 2006

De acuerdo con la norma OS.090 2006, Alternativamente, se calculará el volumen del compartimiento de lodos utilizando 70 litros por persona y a 15°C. Para diferentes temperaturas, este volumen unitario se debe multiplicar por un factor de capacidad relativa según los valores que se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 6 – Valores de temperatura y factor de capacidad relativa.

TEMPERATURA (°C)	FACTOR DE CAPACIDAD RELATIVA
5	2,0
10	1,4
15	1,0
20	0,7
≥25	0,5

Fuente: Norma OS.090, 2006

De acuerdo con la norma OS.090 2006, los lodos no pueden tener una altura superior a 0,50 metros por debajo del fondo del sedimentador.

El fondo del compartimiento será como una pirámide con paredes inclinadas de 15 a 30 grados hacia la horizontal.

Para diseñar la superficie libre entre las paredes del sedimentador y las paredes del digester, también conocida como zona de espumas, se seguirán los siguientes criterios:

- a) El espaciamiento libre será de 1,00 m como mínimo.
- b) La superficie libre total será por lo menos 30% de la superficie total del tanque.

De acuerdo con la norma OS.090 2006, las instalaciones para extraer lodos digeridos deben diseñarse de manera

similar a las de los sedimentadores primarios, teniendo en cuenta que los lodos deben retirarse para secarse intermitentemente. Las siguientes recomendaciones deben tenerse en cuenta para el efecto.

- a) Las tuberías de remoción de lodos deben tener un diámetro mínimo de 200 mm.
- b) La tubería para extraer lodos debe estar 15 cm por encima del fondo del tanque.
- c) Se requiere una carga hidráulica de al menos 1,80 metros para eliminar el lodo por hidráulica.

Beneficios:

- ✓ Favorece la digestión del sedimento más eficientemente que en un depósito séptico, produciendo un líquido de desecho con mejores propiedades.
- ✓ No liberan sedimento en el fluido de salida.
- ✓ El sedimento tiene una humedad del 90 al 95%, por lo que es más fácil de secar y deshacerse que el sedimento de los depósitos sépticos.
- ✓ Los líquidos residuales introducidos en los depósitos Imhoff no requieren una preparación previa, salvo filtrar con una malla gruesa y apartar los sedimentos arenosos.
- ✓ Estas estructuras demandan un periodo de retención menor que las charcas.
- ✓ El gasto de edificación y mantenimiento es reducido.
- ✓ Frente a las charcas de estabilización, su edificación demanda menos espacio.

- ✓ Son aptos para localidades pequeñas y para zonas donde no se precise de una supervisión regular y meticulosa, y donde el líquido de salida cumpla con ciertas normas para prevenir la polución de los ríos (OPS, 2005).

Desventajas:

- ✓ Son construcciones de considerable hondura (superiores a 6m).
- ✓ Es complicado edificar en terreno arenoso o rocoso, y es necesario tener cuidado cuando el nivel del agua subterránea es elevado para evitar que el depósito se desplace o levante al estar desocupado.
- ✓ El líquido que sale del depósito muestra una calidad orgánica y microbiológica reducida.
- ✓ Por momentos, puede originar aromas desagradables, incluso si opera adecuadamente.

Las fortalezas y debilidades del tanque Imhoff serán evaluadas por el profesional a cargo del proyecto, quien determinará si es pertinente usar esta estructura en el área destinada para el tratamiento de aguas domésticas. Es vital subrayar que esta opción es idónea si no se dispone de amplias extensiones de tierra para establecer un sistema de purificación de aguas domésticas, como sucede con las lagunas de estabilización. Además, el tanque Imhoff debería ubicarse distante de los núcleos habitacionales debido a los olores desagradables que emite. El tanque Imhoff reduce la DBO entre un 25 y 35 % y retira entre un 40 y 50 % de partículas en suspensión. Los sedimentos acumulados en el digestor del tanque Imhoff son retirados a intervalos consistentes y se

trasladan a camas para su secado. Es aconsejable dirigir el desagüe hacia una laguna facultativa para una efectiva erradicación de microbios debido a la insuficiente reducción de DBO y coliformes.

2.2.2. Marco normativo

A nivel del país, las regulaciones legales que supervisan el recurso acuático y la vigilancia del tratamiento de aguas servidas son las siguientes:

1.- El apartado 20 de la Carta Magna del Perú señala: De acuerdo al artículo 66 de la Carta Fundamental del Perú de 1993, los bienes naturales, sean renovables o no, pertenecen a la nación y es deber del Estado su administración. La normativa básica define las condiciones para su explotación y concesión a particulares.

2.- La Normativa N° 29338, en las páginas 21 a 22, artículo 75, establece que la Entidad Nacional, en colaboración con el Comité de Cuenca, tiene la responsabilidad de asegurar la defensa del agua. Esto abarca la conservación y resguardo de sus orígenes, ecosistemas y recursos naturales asociados, conforme a la normativa y otros reglamentos en vigor. La Entidad Nacional concede la descarga de aguas residuales procesadas en un reservorio natural, ya sea terrestre o marino, tras obtener la valoración técnica positiva de las Autoridades de Medio Ambiente y Salud en relación al cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y los Límites Máximos Permitidos (LMP).

3.- El Artículo 90 de la Ley de Medio Ambiente, detallado en las páginas 54 y 62, señala: "Mediante la administración unificada del recurso acuático, el Gobierno fomenta y supervisa el uso sustentable de las aguas interiores, evitando el deterioro de su calidad ecológica y las características naturales de su contexto, considerándolas parte del ecosistema donde residen. Asimismo,

determina su distribución basándose en metas sociales, ecológicas y económicas, e incentiva la inversión y colaboración del sector privado en el uso del recurso".

4.- La Ley Principal de Servicios de Saneamiento, Ley N. 26338, en la página 16, menciona lo siguiente: a) Servicios de agua purificada, que abarcan los sistemas de elaboración (recolección, resguardo, transporte de agua sin tratar y su procesamiento), de acuerdo con la Ley N 26338 "Normativa de Servicios de Saneamiento". b) Las redes de drenaje de aguas residuales y de lluvia, que comprenden el sistema de acumulación, procesamiento y liberación de aguas usadas. c) Gestión higiénica de desechos humanos: cavidades sépticas y estructuras de retretes.

5.- La página 12 del Decreto Supremo No 003-2010-MINAM dicta los umbrales máximos aceptables para las descargas de las instalaciones de procesamiento de aguas residuales hogareñas o municipales. 1. Ratificación de umbrales máximos aceptables (LMP) para las descargas de PTAR hogareñas o comunales. Avalar los umbrales máximos tolerables para las descargas de las instalaciones de procesamiento de aguas residuales hogareñas o comunales, que se detallan en el anexo de este Decreto Supremo y son aplicables en toda la nación.

6.- La "Instalación de Procesamiento de Aguas Residuales", conforme a la Normativa Técnica OS.090 del Código Nacional de Construcciones: La regulación vigente aborda las estructuras que necesitan una instalación de procesamiento de aguas residuales comunales, así como los protocolos que las aguas residuales deben cumplir antes de ser liberadas al ente receptor o reutilizadas.

7.- La Directriz Técnica I.S.020 del Código Nacional de Construcciones dicta lo siguiente acerca de los "Depósitos Sépticos": Esta directriz define los criterios generales para el

diseño, edificación y funcionamiento de un depósito séptico como alternativa para el tratamiento de aguas residuales.

2.3. Definición de términos

1. **Afluente:** "Líquido que llegan una unidad o lugar determinado, como el agua que llegan una laguna de estabilización". (OS.090/2016)
2. **Aguas servidas:** Todas las aguas de alcantarilla, ya sean domésticas (aguas de habitaciones, edificios comerciales, etc.) o industriales, una vez que han sido utilizadas por el hombre. (OS.090/2016)
3. **Cámara de digestión:** "Unidad de los tanques Imhoff, donde se almacena y procesa el lodo". (OS.090, 2016)
4. **Cámara de sedimentación:** "El tanque Imhoff es el lugar donde se remueven la mayoría de los sólidos sedimentables". (OS.090, 2016)
5. **Caudal:** "El volumen de agua que fluye a través de un punto específico en una unidad de tiempo. La forma más común de expresarlo es en l/seg o m³ /seg.". (OS.090, 2016)
6. **Demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O.):** "La cantidad de oxígeno empleada para oxidar químicamente un compuesto orgánico en un intervalo temporal y a una temperatura específica. Está directamente ligada a la presencia de materia aprovechable como nutriente biológico y al volumen de oxígeno consumido por los microbios durante el proceso de oxidación". (OS.090, 2016)
7. **Deshidratación de lodos:** "El proceso de extracción de agua de los lodos". (OS.090, 2016)
8. **Eficiencia:** "Relación entre la capacidad real de una unidad o equipo y su capacidad teórica total. Normalmente se expresa en porcentaje.". (OS.090, 2016)
9. **Efluente:** "Líquido que proviene de una unidad o lugar específico, como el agua que proviene de una laguna de estabilización". (OS.090, 2016)

- 10. Infiltración:** “El impacto de la infiltración del agua en el suelo”. (OS.090, 2016)
- 11. Lecho de lodo:** “Lugar donde se deshidratan los lodos estabilizados del tanque Imhoff”. (OS.090, 2016)
- 12. Lodos:** “Los sólidos que se encuentran en el fondo del tanque Imhoff son transportados a una cama de secado”. (OS.090, 2016)
- 13. Nata:** “La sustancia espesa que se forma sobre el agua almacenada en el tanque Imhoff se compone de desechos grasos y otros desechos flotantes orgánicos e inorgánicos”. (OS.090, 2016)
- 14. PH:** “Concentración de iones de hidrógeno”. (OS.090, 2016)
- 15. Sólido sedimentable:** “Partícula que se precipita fácilmente en el agua residual”. (OS.090, 2016)

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El diseño y evaluación del tanque séptico baffled presentan mayor eficiencia en términos de remoción de contaminantes y costo operativo en comparación con el tanque imhoff para el tratamiento de aguas residuales en el distrito de Tapo.

2.4.2. Hipótesis específicos

a) El diseño del tanque séptico baffled en el distrito de Tapo conlleva a una mayor adaptabilidad y flexibilidad en su implementación debido a las características topográficas y volumétricas de las aguas residuales de la región.

b) Al proyectar el tanque imhoff para la gestión de aguas residuales en el distrito de Tapo, se presenta una mayor necesidad de espacio y una inversión inicial más alta, pero se garantiza una mayor durabilidad y menos mantenimiento a largo plazo.

c) La funcionalidad del tanque séptico baffled en el distrito de Tapo se destaca por su capacidad de adaptarse a variaciones en el caudal de entrada y su robustez en condiciones de sobrecarga, garantizando una operación más estable durante picos de demanda.

d) Al examinar la eficiencia del tanque imhoff en el distrito de Tapo, se revela que dicho sistema proporciona una remoción de contaminantes más consistente y uniforme, pero puede requerir intervenciones periódicas para asegurar su óptimo funcionamiento.

2.5. Variables

De acuerdo con Carrasco (2006), "las variables se pueden describir como facetas de los problemas investigativos que manifiestan un conjunto de atributos, cualidades y rasgos detectables de las unidades de estudio, como personas, colectivos, acontecimientos, procedimientos y sucesos sociales o naturales".

Según Arias (1999), "una variable es una característica susceptible a la alteración". Por lo tanto, un sistema de variables consiste en una serie de características que se deben estudiar y que se definen de manera operacional, es decir, en función de sus indicadores o unidades de medida.

2.5.1. Definición conceptual de la variable

La descripción teórica de la variable, de acuerdo con Carrasco (2006), "implica definir la variable respondiendo a la pregunta ¿qué es?, esto es, detallar y teorizar la variable utilizando diferentes palabras".

Según Palella y Martins (2012), "la definición conceptual de la variable se limita a explicar su significado con palabras conocidas". De acuerdo con una convención lingüística, esta definición utiliza un enunciado general para describir un objeto o fenómeno. Se refiere simplemente a un fenómeno u objeto de una manera específica, sin hacer ninguna afirmación sustantiva sobre él.

Variable independiente: Según Carrasco (2006), las variables causales son aquellas que "tienen un impacto, provocan un resultado o establecen a otras subordinadas y facilitan su interpretación".

"Las variables independientes son las causas que generan y explican los cambios en la variable dependiente", afirma Arias (2012).

El tanque imhoff y el tanque séptico baffled se consideraron variables independientes para la investigación desarrollada.

Variable dependiente: Según Carrasco (2006), las variables dependientes "son las que perciben el impacto, la consecuencia o son la consecuencia de otras variables o circunstancias concretas, es decir, se entienden a partir de otras".

Según Arias (2012), "las variables dependientes son aquellas que se modifican por la acción de la variable independiente". constituyen los efectos o consecuencias que se miden y dan origen a los resultados de la investigación.

Para el estudio realizado, se consideró como variable dependiente a las siguientes: Administración de aguas servidas.

2.5.2. Definición operacional de la variable

Según Carrasco (2006), la definición operacional de una variable es "aquella que permite observar y medir la manifestación empírica de las variables, en otras palabras, es la definición por desagregación o descomposición de las variables en sus referentes empíricos, mediante un proceso de deducción, es decir, de lo más general a lo más específico".

Las siguientes definiciones operacionales de las variables se han considerado para la investigación.

Tanque séptico baffled y tanque imhoff: Para el tratamiento primario de aguas residuales en comunidades de 200 a 2 500 habitantes, el tanque séptico baffled es un tanque séptico mejorado. Su mejora principal es el mayor número de compartimientos, que permite que el agua se contacte más con los lodos sedimentados, lo que aumenta la remoción de materia orgánica. Por otro lado, el tanque Imhoff es un tipo de tanque para aguas residuales de doble función (recepción y procesamiento). Se utiliza principalmente para tratar las aguas residuales, reduciendo su contenido en sólidos en suspensión, tanto flotantes como sedimentables.

Tratamiento de aguas servidas: El tratamiento de aguas servidas o aguas residuales consiste en una serie de procesos que eliminan los contaminantes físicos, químicos y biológicos, lo que la hace adecuada para el riego o el suministro a ríos, mares y lagos.

2.5.3. Operacionalización de la Variable

En la investigación científica, según Arias (2012), "la operacionalización de la variable se utiliza para designar el proceso mediante el cual se transforma la variable de conceptos abstractos a términos concretos, observables y medibles, es decir, dimensiones e indicadores".

Según Moreno (1999), "la operativización de la variable implica realizar un control operacional específico de cada variable, o sea, establecer los indicativos y medidas mediante los cuales se manifestará de forma tangible la variable, apoyándose en los conceptos y componentes que forman parte del dilema investigativo".

Tabla 7 – Operacionalización de las variables.

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSION	INDICADORES
Tratamiento de aguas servidas	El tratamiento de aguas servidas o aguas residuales consiste en una serie de procesos que eliminan los contaminantes físicos, químicos y biológicos, lo que la hace adecuada para el riego o la entrega a ríos, mares y lagos.	Pre tratamiento. Tratamiento primario. Tratamiento secundario. Tratamiento terciario.	Componentes de cada etapa.
Tanque baffled y tanque imhoff.	Para el tratamiento primario de aguas residuales en comunidades de 200 a 2 500 habitantes, el tanque séptico baffled es un tanque séptico mejorado. Su mejora principal es el mayor número de compartimientos, que permite un mayor contacto del agua con los lodos sedimentados, lo que aumenta la remoción de materia orgánica. El tanque Imhoff es un tipo de tanque para aguas residuales con doble función (recepción y procesamiento). Se utiliza principalmente para tratar las aguas residuales, reduciendo su contenido en sólidos en suspensión, tanto flotantes como sedimentables.	Tanque baffled. Tanque Imhoff.	Diseño. Evaluación.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

"El método científico se caracteriza por ser reflexivo, sistemático y metódico; tiene como objetivo obtener información relevante y confiable para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento", según Quezada (2015).

El método científico se empleó en la investigación porque el conocimiento científico busca establecer relaciones causales entre variables expresadas, primero en forma de hipótesis y luego en forma de leyes y teorías. La investigación científica solo puede justificarse mediante el uso riguroso de métodos y procedimientos que integran el método científico, cuya estructura básica es la única garantía del conocimiento científico. Pimenta y De la Orden.

El método analítico se utilizó como método específico porque la investigación se basó en la lógica de los acontecimientos que exponen la realidad actual de la planta de tratamiento de aguas residuales con un tanque baffled en comparación con el tanque imhoff.

3.2. Tipo de Investigación

Según Carrasco (2006), la investigación aplicada "se distingue por tener propósitos prácticos inmediatos bien definidos, es decir, se investiga para actual, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad".

La definición conceptual del tipo de investigación indica que se consideró el tipo de investigación aplicada al desarrollar la investigación. Esto se debe a que este tipo de investigación se enfoca en la aplicación de los conocimientos teóricos a situaciones específicas y las consecuencias prácticas que se derivan de estas aplicaciones. La investigación aplicada

busca conocer para hacer, actuar, construir y modificar. Prioriza la aplicación inmediata de la realidad circunstancial en lugar de la creación de un conocimiento universal.

3.3. Nivel de investigación

Según Carrasco (2006), el nivel de investigación descriptivo "responde a la pregunta "cómo son?", "dónde están?", "cuántos son?", "quiénes son?", etc; es decir, nos dice y refiere a las características, cualidades internas y externas, propiedades y rasgos esenciales de los hechos y fenómenos de la realidad, en un momento y tiempo De acuerdo con Carrasco (2006), el nivel de investigación explicativa "responde a la pregunta ¿por qué?, es decir, con este estudio podemos conocer por qué un hecho o fenómeno de la realidad tiene tales y cuales características, cualidades, propiedades, etc., en síntesis, por qué la variable en estudio es como es".

En las definiciones conceptuales del nivel de investigación, se menciona que se consideró el nivel de investigación descriptivo-explicativo durante todo el proceso de investigación porque el objetivo de la investigación era medir y recopilar información sobre la situación actual de la zona de estudio.

3.4. Diseño de investigación

Según Carrasco (2006), los enfoques de investigación no experimentales se caracterizan por no tener un grupo de control ni una manipulación intencional en sus variables independientes. Analizan y estudian los hechos y fenómenos de la realidad después de que ocurrieron.

Según la definición conceptual del diseño de investigación, la investigación se desarrolló utilizando un diseño no experimental porque las variables no fueron manipuladas y el enfoque de la investigación era analizar el nivel o modalidad de las variables en un momento dado.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Fracica (1988) define la población como "el conjunto de todos los elementos a los cuales se refiere la investigación". También se puede usar para describir el conjunto de todas las unidades de muestreo. La población, por otro lado, se define como "la totalidad de elementos o individuos que tienen ciertas características similares y sobre las cuales se desea hacer inferencia o bien, unidad de análisis", según Jany (1994). Por otro lado, según Silvia (2012), "la población es el conjunto de todas las unidades de análisis (individuos, eventos, sucesos, objetos, entre otros), en las cuales se pretende realizar una investigación de acuerdo a posibles características en común entre ellos, los cuales se encuentran en un tiempo y espacio dado.

Según la definición conceptual de población, la cantidad de habitantes y las aguas residuales generadas por la población en los Anexos de Pichuynioc y Huaripampa, del Distrito de Tapo en la Provincia de Tarma, departamento de Junín, son los factores que determinan la población.

3.5.2. Muestra

"Es la parte de la población que se selecciona, de la cual realmente se obtiene la información para el desarrollo de la investigación y sobre la cual se efectuaran la medición y la observación de las variables objeto de estudio", afirma Bernal (2016). Según Silvia (2012), "la muestra es un conjunto representativo de la población que se determina de acuerdo con la investigación realizada y tomando ciertos criterios de selección que permiten extraer unidades de estudio representativas".

La muestra de estudio para la investigación fue de tipo no probabilística discrecional y se tomó en cuenta la cantidad de pobladores activos y las aguas residuales obtenidas de los tanques sépticos baffled y Imhoff, que pertenecen a las plantas de

tratamiento de aguas residuales de los Anexos de Pichuynioc y Huaripampa del distrito de Tapo en la provincia de Tarma, Región Junín.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según Bavaresco (2001), "las técnicas de recolección de datos son procedimientos y actividades que permiten comprobar el problema planteado de la variable estudiada en la investigación, por lo que el tipo de investigación determinará la técnica a emplear y las herramientas a emplear para obtener los datos de la realidad que se estudia".

Mientras que para Arias (2020): "Las técnicas son las respuestas al ¿Cómo hacer?, permiten el desarrollo científico y metodológico de la investigación, en este caso las técnicas no son el fin, sino el medio, y los instrumentos son las herramientas que sirven como apoyo para lograr el propósito del estudio, en el caso de un músico, su instrumento es una guitarra o un piano, su técnica es la afinación o la interpretación, en el caso de un pintor, sus instrumentos se aplican a la población y/o muestra del estudio. Todo estudio debe tener al menos una técnica e instrumentos, pero puede tener más dependiendo del alcance y tiempo del estudio, solo las encuestas y los test deben ser validados para poder ser aplicados".

De la definición de técnicas e instrumentos de recolección de datos, para el desarrollo de la investigación se utilizó como:

Técnicas:

La observación: Esta estrategia consistió en visitar las áreas donde se encuentran las plantas de tratamiento de aguas residuales, donde se encuentran el tanque baffled y el tanque Imhoff, y se realizó un reconocimiento visual de las partes, el estado actual y otros aspectos.

Muestreo y evaluación de las aguas residuales: Cada tipo de componente (tanque baffled y tanque Imhoff) recibió dos muestras de efluente de salida para su análisis fisicoquímico y evaluación de la calidad del agua en comparación con los límites máximos permisibles (LMP) para

los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales según el DS N°003-2010-MINAM.

Medición física de la infraestructura: La infraestructura de la planta de tratamiento de aguas residuales se construyó utilizando una wincha métrica y otros instrumentos. Se utilizará la norma OS-090 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) para obras de saneamiento y PTAR para el diseño y el proceso de construcción.

Instrumentos:

Ficha de observación: Este dispositivo recopiló datos de observación y medición de infraestructura física, así como información de campo adicional.

Programa AutoCAD Civil 3D: Después de completar las mediciones de la infraestructura de la planta de tratamiento de aguas residuales, los datos se transmitirán an AutoCAD Civil 3d.

Hojas de cálculo Excel: Los procedimientos de operaciones matemáticas, calculo y otros se realizaron en hojas de cálculo de Excel.

3.7. Procesamiento de la información

El procesamiento de la información, según Munch y Ángeles (2009), implica examinar la información con el fin de identificar inconsistencias o faltantes, tratarlos y estructurarlos de la manera más comprensible, armonizarlos de forma coherente, descartar respuestas incoherentes o incorrectas y disponerlos para simplificar su tabulación. Usualmente, se lleva a cabo paralelamente a la codificación.

El procesamiento de la información es el proceso de agrupar y estructurar datos individuales para responder a:

- ✓ Problema de Investigación
- ✓ Objetivos
- ✓ Hipótesis del estudio

Los modelos tabulares, numéricos y gráficos, junto con el software aplicativo de ingeniería que se consideró, se utilizaron para el análisis y procesamiento de datos.

Microsoft Excel: Durante el proceso de desarrollo del presente trabajo de suficiencia profesional, se exportaron cuadros, datos estadísticos de los resultados y datos obtenidos de las diferentes etapas.

Microsoft Word: fue utilizado para crear la sección descriptiva del trabajo de suficiencia profesional actual.

3.8. Técnicas y análisis de datos

"Las técnicas y el análisis de datos describen las distintas operaciones a las que serán sometidos los datos que se obtengan: clasificación, registro, tabulación y, si es necesario, codificación", según Arias (1999).

Según Munch y Ángeles (2009), después de recopilar y tabular la información, es necesario analizarla para presentar los resultados. El análisis de datos dependerá de la complejidad de la hipótesis y de cómo se diseñó el plan de investigación, ya que, si se diseñó adecuadamente, los resultados de la investigación proporcionarán el análisis casi automáticamente".

Según la definición de técnicas y análisis de datos, la presente investigación se enfocó en la estadística descriptiva e inferencial, utilizando modelos tabulares gráficos y numéricos

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados específicos

4.1.1. Resultados del diseño del tanque séptico baffled para el tratamiento de aguas residuales

1.- La planta de tratamiento de aguas residuales de Pichuynioc

Anexo: Los siguientes componentes están presentes en esta planta de tratamiento:

1.1.- Construcción de la cámara de rejillas: "Se construyó esta primera unidad de tratamiento para retener sólidos gruesos o de dimensiones relativamente grandes que estén en suspensión o flotantes. Esta estructura está construida con concreto armado.

1.2.- Un desarenador fue construido para retener la arena y otros desechos minerales pesados que se encuentran en las aguas residuales. Este desarenador está hecho de concreto armado.

1.3.- Tanque baffled: Se construyó un tanque baffled que tiene una operación muy sencilla y no requiere partes mecánicas, pero para que las aguas residuales sean utilizadas correctamente, deben pasar por procesos de tratamiento preliminares de cribado y remoción de arena.

Figura 9 – Tanque séptico baffled.



Fuente: Elaboración propia.

1.4.- Lecho de secado de lodos: Las camas de secado de lodos suelen ser más sencillas y costeables que la deshidratación de lodos estabilizados (lodos procesados), y probablemente sea la única alternativa factible en zonas reducidas. La cama de secado se segmenta en secciones de distintas dimensiones. Un sistema de drenaje en esta cama facilita la recolección del líquido que se filtra.

1.5.- Filtro biológico: Se está evaluando la posibilidad de edificar un filtro biológico, que consiste en una edificación de concreto reforzado con grava o roca esférica como medio filtrante, para proseguir con el proceso empezado en el tanque Imhoff.

1.6.- Cámara de contacto de cloro: Para seguir con el proceso iniciado en el tanque Imhoff, se edificó una cámara de contacto con cloro. Esta construcción de concreto reforzado cuenta también con compartimientos que facilitan la mezcla y un tratamiento más eficiente del agua residual.

Figura 10 – PTAR del Anexo de Pichuynioc.



Fuente: Elaboración propia.

2.- Diseño del tanque séptico baffled:

2.1.- Información requerida: La tabla a continuación presenta los datos necesarios para el diseño adecuado del tanque séptico baffled.

Tabla 8 – Datos iniciales de diseño del tanque séptico baffled.

A) <u>PARAMETROS DE DISEÑO</u>		Numero de viviendas	66 vivienda
		Densidad	5.41 hab/vivienda
01)	Poblacion Actual	357	hab
02)	Tasa de Crecimiento	0.9	
03)	Periodo de Diseño	20	Años
04)	Poblacion de Diseño	421	hab
05)	Dotacion de desague	80.00	lt/(habxdia)
06)	Factor de Retorno	0.80	
07)	Long. de la red	2,689.90	m
08)	N° Buzones red colectora	75.00	
07)	Dot. Infiltracion tuberia	0.00	lt/mxdia
08)	Dot. Infiltracion buzones	380.00	lt/buzonxdia
B) <u>RESULTADOS</u>			
	Caudal medio	33.68	m ³ /dia
		0.00039	m ³ /seg
	Caudal maximo diario	0.00051	m ³ /seg
	Caudal maximo horario contribuyente	0.00062	m ³ /seg
	Caudal de infiltracion tuberia	0.00000	m ³ /dia
		0.00000	m ³ /seg
	Caudal de infiltracion lluvia buzón	28.50000	m ³ /dia
		0.00033	m ³ /seg
	Q _{diseño}	0.00095	m ³ /seg

Fuente: Elaboración propia.

2.2.- Parámetros de diseño: En la siguiente tabla se muestra los parámetros de diseño del tanque séptico baffled.

Tabla 9 – Datos iniciales de diseño del tanque séptico baffled.

Población	357.00	hab
Caudal promedio (Qp)	33.68	M3/s
Caudal máx. (Qmh)	0.00062	M3/s
	5.20	m3/h
Calidad del afluyente		
Viene de unidad preliminar		
DBO5	225.00	mg/L
DQO	450.00	mg/L
Sólidos en suspensión	250.00	mg/L
Coliformes fecales	1.00E+06	UF/100ml

Fuente: Elaboración propia.

2.3.- Resultado del diseño: En la siguiente tabla se muestra los resultados de diseño del tanque séptico baffled.

Tabla 10 – Resultados de diseño del tanque imhoff.

Número de unidades	1	und
Numero de cámaras	6	und
Velocidad de ascenso (caudal máximo)	1.50	m/h
Altura de agua a la salida	1.6	m
Área de C/cámara	1.9	m2
Longitud de cámara (<mitad de la altura)	0.80	m
Longitud seleccionada	0.75	m
Long. adicional por tubeiras ingr. 10cm	0.05	m
Longitud final	0.80	m
Ancho de cámara	2.53	m
Ancho seleccionado	2.00	m
Velocidad de ascenso final	1.78	m/h
Volumen total	12.80	m3
Área total	7.50	m2
Tiempo de retención hidráulico Qp	8.08	horas

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Resultados del diseño del tanque Imhoff para el tratamiento de aguas residuales

1.- Planta de tratamiento de aguas residuales del Anexo de Huaripampa: Esta planta de tratamiento cuenta con los siguientes componentes:

1.1.- Construcción de cámara de rejillas: Esta primera unidad de tratamiento se construyó con el propósito de retener sólidos gruesos o de dimensiones relativamente grandes que estén en suspensión o flotantes. Esta estructura de concreto armado tiene dimensiones que cumplen con los parámetros de diseño y se detalla en los planos y memoria de cálculo correspondientes.

1.2.- Desarenador: Se construyó un desarenador de concreto armado con el fin de retener la arena y otros detritos minerales pesados en las aguas residuales. La estructura cumple con los parámetros de diseño y se detalla en la memoria de cálculo y los planos correspondientes.

Figura 11 – Cámara de rejillas - desarenador.



Fuente: Elaboración propia.

1.3.- Tanque Imhoff: Un tanque Imhoff se construyó y no requiere partes mecánicas, pero las aguas residuales deben pasar por un

tratamiento preliminar de cribado y remoción de arena antes de ser utilizadas.

El tanque imhoff construido es de forma rectangular de concreto armado; se divide en tres compartimentos:

- ✓ Cámara de sedimentación
- ✓ Cámara de digestión de lodos
- ✓ Un área para ventilación y acumulación de natas.

"Las aguas residuales circulan por la cámara de sedimentación, en la que se eliminan muchos de los sólidos que se asientan. Estos descienden por las superficies inclinadas del fondo de esta cámara y se desplazan hacia la cámara de digestión a través de un orificio solapado ubicado en la base de la cámara de sedimentación"

La función del traslape es evitar que los gases o partículas suspendidas de sólidos, "producto de la digestión", impidan el proceso de sedimentación. Inevitablemente, durante el proceso de digestión, los gases y partículas ascendentes son desviados hacia la cámara de natas o el área de ventilación.

Los lodos acumulados en el digestor se extraen de vez en cuando y se llevan a lechos de secado, donde se reduce la cantidad de humedad por filtración. Luego, se retiran y se pueden utilizar para mejorar el suelo o enterrarlos.

Figura 12 – Tanque imhoff.



Fuente: Elaboración propia.

1.4.- Lecho de secado de lodos: Los lechos de secado de lodos son generalmente más fáciles y económicos que deshidratar los lodos estabilizados (lodos digeridos), y es probablemente la única opción viable en pequeñas áreas.

El lecho de secado se divide en parcelas de diferente largo y ancho. Un drenaje en este lecho permite recolectar el líquido filtrado.

Figura 13 – Lecho de secado.



Fuente: Elaboración propia.

1.5.- Filtro biológico: Se contempla la edificación de un filtro biológico, una construcción de concreto reforzado que utiliza grava o rocas redondeadas como medio filtrante, con el fin de proseguir con el proceso de tratamiento que comenzó en el tanque Imhoff.

Figura 14 – Filtro biológico.



Fuente: Elaboración propia.

1.6.- Cámara de contacto de cloro: Para dar seguimiento al proceso comenzado en el tanque Imhoff, se erigió una cámara de contacto con cloro. Esta edificación, hecha de concreto reforzado, cuenta con compartimentos diseñados para optimizar la mezcla y tratamiento del agua residual.

Figura 15 – Cámara de contacto de cloro.



Fuente: Elaboración propia.

2.- Diseño del tanque imhoff:

2.1.- Información requerida: En la siguiente tabla se muestra la información que se requiere para el respectivo diseño del tanque Imhoff.

Tabla 11 – Datos iniciales de diseño del tanque Imhoff.

POBLACION ACTUAL SERVIDA				
		Habitantes para diseño de PTAR (107 Viviendas)	343	Habitantes
		Escuela (6 docentes)	6	Habitantes
		Escuela (69 alumnos)	69	Habitantes
		Colegio (7 docentes)	7	Habitantes
		Colegio (90 alumnos)	90	Habitantes
POBLACION DE DISEÑO SERVIDA/ DEMANDA DE USO.				
		Habitantes para diseño de PTAR	388	Habitantes
		Docentes Escuela	7	Habitantes
		Alumnos Escuela	78	Habitantes
		Docentes Colegio	8	Habitantes
		Alumnos Colegio	102	Habitantes
DOTACION DE AGUA				
		Habitantes	80.0	lt/hab/día
		Dotacion Alumnos Escuela	25.0	lt/hab/día
		Dotacion Alumnos Colegio	25.0	lt/hab/día
		Dotacion Docentes	50.0	lt/hab/día
TASA DE CRECIMIENTO			0.65%	%
PERIODO OPTIMO DE DISEÑO			20	años
CONTRIBUCIONES				
	DE DESAGUE		80.00%	%
	DE D.B.O.5	a 20°C	50.00	grDBO/(hab.día)
PÉRDIDAS			20.00%	
CAUDAL PROMEDIO DE CONTRIBUCION DE DISEÑO			0.42	lt/seg.
TEMPERATURA DEL AMBIENTE EN EL MES MAS FRIO			5.00	°C
TEMPERATURA DEL DESAGUE EN EL MES MAS FRIO			5.00	°C

Fuente: Elaboración propia.

2.2.- Parámetros de diseño: En la siguiente tabla se muestra los parámetros de diseño del tanque Imhoff.

Tabla 12 – Datos iniciales de diseño del tanque imhoff.

A	PARAMETROS DE DISEÑO					
1.-	Población actual	343	habitantes	poblacion servida actual		
2.-	Tasa de crecimiento (%)	0.65%				
3.-	Período de diseño (años)	20				
4.-	Población futura de diseño	388	habitantes	Poblacion servida de diseño		
5.-	Dotación de agua, l/(habx día)	80	L/(hab x día)			
6.-	Perdidas	20.00%				
7.-	Factor de retorno	0.8				
8.-	Altitud promedio, msnm	3370	m.s.n.m.			
9.-	Temperatura promedio del mes más frío, en °C	5.00	°C			
10.-	Tasa de sedimentación, m ³ /(m ² xh)	1	m ³ /(m ² x h)}			
11.-	Periodo de retención, horas	2	horas	(1.5 a 2.5)		
12.-	Borde libre, m	0.3	m			
13.-	Volumen de digestión, l/hab	140	L/hab a 5°C	Volumen de digestión a 15°C = 70 l/hab		
14.-	Relación L/B (teorico)	4.00		> a 3		
15.-	Espaciamento libre pared digestor al sedimentador	1.80	m	1.0 mínimo		
16.-	Angulo fondo sedimentador, radianes	50°		(50° - 60°)		
		0.8727	radianes			
17.-	Distancia Fondo Sedimentador a altura máxima de lodos (zona neutra), m	0.5	m	Factores de capacidad relativa y tiempo de digestión de lodo		
				Temperatura	Tiempo digestión	Factor capacidad
18.-	Factor de capacidad relativa	2.00		°C	(días)	relativa
19.-	Espesor muros sedimentador,m	0.25	m	5	110	2
	Inclinación de tolva en digestor	15°	(15° - 30°)	10	76	1.4
		0.2618	radianes	15	55	1
20.-	Numero de troncos de piramide en el largo	1		20	40	0.7
21.-	Numero de troncos de piramide en el ancho	1		> 25	30	0.5
22.-	Altura de lodos en digestor, m	2.20	m			
23.-	Requerimiento lecho de secado	0.05	m ² /hab.			

Fuente: Elaboración propia.

2.3.- Resultado del diseño: En la siguiente tabla se muestra los resultados de diseño del tanque Imhoff.

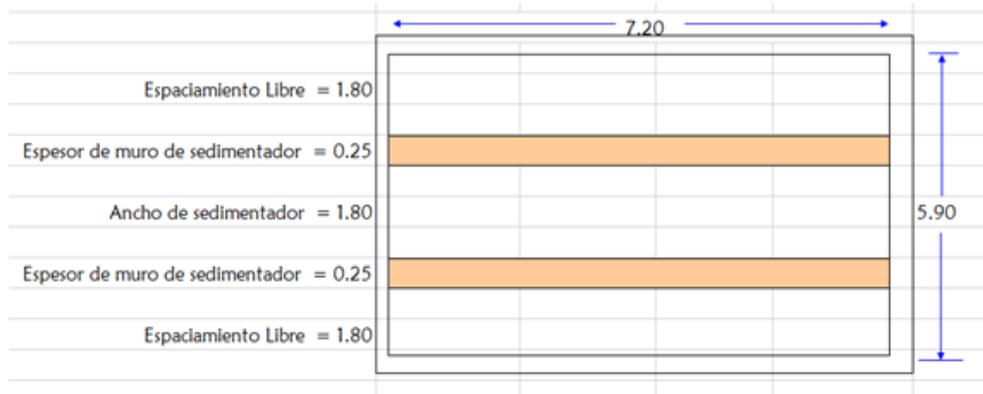
Tabla 13 – Resultados de diseño del tanque imhoff.

B	RESULTADOS			Del Proyecista (Sedimentador)	
24.-	Caudal medio, l/día	31.01	m ³ /día	L = 8.50	L/B = 5.00
25.-	Area de sedimentación, m ²	1.29	m ²	B = 1.70	
26.-	Ancho zona sedimentador (B), m	1.80	m		
27.-	Largo zona sedimentador (L), m	7.20	m	L/B = 4.00	(3 a 10)
28.-	Prof. zona sedimentador (H), m	2.00	m		
29.-	Altura del fondo del sedimentador	1.07	m		
30.-	Altura total sedimentador, m	3.37	m		
31.-	Volumen de digestión requerido, m ³	108.53	m ³		
32.-	Ancho tanque Imhoff (Bim), m	5.90	m	L/Bim = 1.22	debe ser mayor a 1
33.-	Volumen de lodos en digestor, m ³	110.25	m ³		
34.-	Superficie libre, %	61%		(min. 30%)	
35.-	Carga hidráulica	3.57	m	(min. 1.80)	
36.-	Altura del fondo del digestor, m	0.70	m		
37.-	Altura total tanque imhoff, m	6.77	m		
38.-	Area de lecho de secado, m ²	19.38	m ²		

Fuente: Elaboración propia.

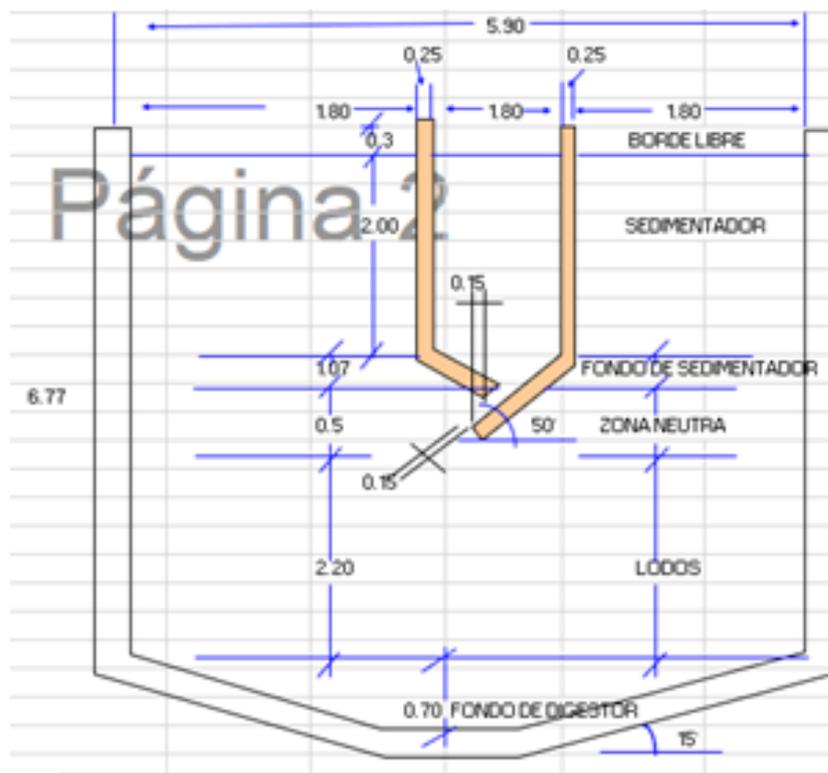
2.4.- Esquema del tanque imhoff: En la siguiente figura se muestra el esquema hidráulico según los resultados de diseño del tanque Imhoff.

Figura 16 – Esquema hidráulico en planta del tanque imhoff.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 17 – Esquema hidráulico en corte del tanque imhoff.



Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Resultados de la evaluación del tanque séptico baffled en el tratamiento de aguas residuales

"Se efectuó un análisis fisicoquímico de las muestras de agua residual tanto en la entrada (afluente) como en la salida (efluente) del tanque séptico baffled, con el propósito de evaluar su eficacia en el tratamiento de dichas aguas"

La tabla 14 presenta los hallazgos del análisis fisicoquímico realizado en la muestra de agua residual en la entrada (afluente) del tanque séptico baffled.

Tabla 14 – Resultado del análisis fisicoquímico del afluente del tanque séptico baffled.

PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA DE AGUA RESIDUAL
DBO ₅	mg/lt	171.00
DQO	mg/lt	294.00
Aceites y Grasas	mg/lt	13.20
pH		5.48
Solidos Totales en Suspensión	mg/lt	398.00
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	685.00
Temperatura	°C	14.10
Sulfatos	mg/lt	76.00

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 15 muestra los resultados del análisis fisicoquímico de la muestra de aguas residuales en el punto de salida (efluente) del tanque séptico baffled, que se muestra a continuación.

Tabla 15 – Resultado del análisis fisicoquímico del efluente del tanque séptico baffled.

PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA DE AGUA RESIDUAL
DBO ₅	mg/lit	162.00
DQO	mg/lit	220.00
Aceites y Grasas	mg/lit	10.40
pH		8.54
Solidos Totales en Suspensión	mg/lit	390.00
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	606.00
Temperatura	°C	14.00
Sulfatos	mg/lit	70.00

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4. Resultados de la evaluación del tanque Imhoff en el tratamiento de aguas residuales

Para evaluar el tanque Imhoff en el tratamiento de aguas residuales, "fue necesario llevar a cabo un análisis fisicoquímico a las muestras de aguas residuales a la entrada (afluente) y salida (efluente) del tanque Imhoff".

La Tabla 16 muestra los resultados del análisis fisicoquímico de la muestra de aguas residuales en la entrada (afluente) del tanque Imhoff.

Tabla 16 – Resultado del análisis fisicoquímico del afluente del tanque imhoff.

PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA DE AGUA RESIDUAL
DBO ₅	mg/lt	165.00
DQO	mg/lt	287.00
Aceites y Grasas	mg/lt	11.00
pH		5.64
Solidos Totales en Suspensión	mg/lt	440.00
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	690.00
Temperatura	°C	14.20
Sulfatos	mg/lt	60.00

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 17 muestra los resultados del análisis fisicoquímico de la muestra de aguas residuales en el punto de salida (efluente) del tanque Imhoff.

Tabla 17 – Resultado del análisis fisicoquímico del efluente del tanque imhoff.

PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA DE AGUA RESIDUAL
DBO ₅	mg/lt	140.00
DQO	mg/lt	220.00
Aceites y Grasas	mg/lt	9.50
pH		8.32
Solidos Totales en Suspensión	mg/lt	300.00
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	610.00
Temperatura	°C	14.00
Sulfatos	mg/lt	51.00

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Discusión de resultados específicos

1.- El primer objetivo específico propuesto fue: "Diseñar un tanque séptico baffled para tratar aguas servidas en el distrito de Tapo". Para llevar a cabo este diseño, se consideraron diversos parámetros, tales como la tasa de crecimiento, el periodo de diseño, la población estimada, la provisión de drenaje, el coeficiente de retorno, la extensión de la red de alcantarillado, y la cantidad de puntos de acceso en dicha red. Además, se tuvo en cuenta la infiltración en tuberías y puntos de acceso para determinar los caudales promedio y máximo. Con base en estos datos, se definió la cantidad de tanques sépticos baffled necesarios, el número de cámaras con sus respectivas dimensiones y el volumen total del sistema.

2.- El segundo objetivo específico propuesto fue: "Diseñar un tanque Imhoff para tratar aguas servidas en el distrito de Tapo". Para este diseño, se tomaron en cuenta varios datos relevantes del Anexo de Huaripampa, como la población actual, la demanda de consumo, la asignación de agua, la tasa de crecimiento y las contribuciones en términos de caudales. Se consideraron también posibles pérdidas y el caudal promedio de las aportaciones diseñadas. Además, fue esencial considerar la temperatura ambiental en el mes más frío y la temperatura de las aguas residuales durante ese mismo periodo. A partir de esta información, se determinaron aspectos clave del diseño del tanque Imhoff, como el área de sedimentación, definida por su ancho, largo y profundidad; el volumen, obtenido a través de la integral tridimensional de digestión; y la carga hidráulica que soportará el sistema.

3.- Como objetivo específico 3, se ha propuesto "realizar una evaluación de la fosa séptica desconcertada en el distrito de tapo para el tratamiento de aguas servidas". De acuerdo a los resultados, podemos decir que los parámetros como demanda de oxígeno (bioquímica y química), demanda

de oxígeno (química y física), aceites y grasas, sólidos suspendidos totales y sulfatos se encuentran más contaminados en las aguas residuales y efluentes de los Tanque Imhoff que en los del Tanque.

4.- Se ha propuesto como meta específica número cuatro: “Realizar la evaluación del Tanque Imhoff en el tratamiento de agua que se presta en el Distrito de Tapo”. De acuerdo a los resultados podemos concluir que las aguas residuales y efluentes del tanque séptico son más más contaminadas que las aguas equivalentes del tanque imhoff en términos de demanda de oxígeno (bioquímica y química), demanda de oxígeno (química), aceites y grasas, sólidos suspendidos totales (SST) y sulfatos.

5.- Como objetivo general se ha especificado lo siguiente: “Realizar el diseño y evaluación de la fosa séptica desconcertada en comparación con la fosa imhoff para el tratamiento del agua abastecida en el distrito del tapo”. Podemos deducir de los resultados de la evaluación y el diseño que los requisitos y parámetros necesarios para el diseño de la sinapsis desconcertada son comparables a los de la sinapsis de Imhoff. Las características físicas y químicas de las aguas residuales en los puntos de entrada (afluente) y salida (efluente) del tanque séptico deflector y del tanque Imhoff muestran que, en comparación con las aguas residuales del tanque deflector, las aguas residuales del tanque Imhoff son menos contaminados en términos de la química de la demanda de oxígeno, demanda química de oxígeno, aceites y grasas, solidos Las tablas 18 y 19 muestran estos resultados comparativos.

Tabla 18 – Parámetros fisicoquímicos de los afluentes del tanque séptico baffled y del tanque imhoff.

PARAMETROS FISICOQUÍMICOS	UNIDAD	TANQUE SEPTICO CON BAFLES	TANQUE IMHOFF
DBO ₅	mg/l	171.00	165.00
DQO	mg/l	294.00	287.00
Aceites y Grasas	mg/l	13.20	11.00
pH		5.48	5.64

Solidos Totales en Suspensión	mg/lt	398.00	440.00
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	685.00	690.00
Temperatura	°C	14.10	14.20
Sulfatos	mg/lt	76.00	60.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19 – Parámetros fisicoquímicos de los efluentes del tanque séptico baffled y del tanque imhoff.

PARAMETROS FISICOQUÍMICOS	UNIDAD	TANQUE SEPTICO CON BAFLES	TANQUE IMHOFF
DBO ₅	mg/lt	162.00	140.00
DQO	mg/lt	220.00	220.00
Aceites y Grasas	mg/lt	10.40	9.50
pH		8.54	8.32
Solidos Totales en Suspensión	mg/lt	390.00	300.00
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	606.00	610.00
Temperatura	°C	14.00	14.00
Sulfatos	mg/lt	70.00	51.00

Fuente: Laboratorio – Asesoría y Consultoría “Andy”.

CONCLUSIONES

- A. Según el objetivo general de la investigación, el cual es llevar a cabo el diseño y la evaluación de un tanque séptico de clase baffled para finalmente comparar este con el tratamiento de aguas servidas propias del distrito de Tapo, se concluye entonces que el proceso, los parámetros y las ecuaciones necesarias para el diseño del tanque son parecidas. Y en base a esto la evaluación de las características fisicoquímicas de las aguas servidas de entrada o afluente y de salida o efluente, de las dos clases de tanque séptico baffled e Imhoff, los parámetros entonces se definen como la demanda bioquímica de oxígeno, la demanda química de oxígeno, los aceites y las grasas, los sólidos totales de suspensión, y los sulfatos que se encuentran altamente contaminados. Del mismo modo este es inferior en las aguas residuales efluentes del tanque Imhoff comparado con el de tanque baffled.
- B. En función con el objetivo específico 1 el cual se explica como realizar el diseño del tanque séptico baffled para tratar las aguas servidas en el distrito de tap, en base a este se concluye entonces que los parámetros de diseño del tanque séptico baffled son la población actual del anexo de pichuynioc, la tasa de crecimiento, un periodo adecuado de diseño, la población propia del diseño, la dotación parte del desagüe, el factor de retorno, la longitud propia del diseño, y todos los parámetros para dimensionar el tanque séptico baffled, del mismo modo, se necesitaron los valores de flujo promedio y máximo. Del procesamiento de la información se tiene como resultados el número de unidades (tanque séptico baffled), el número de cámaras (longitud y ancho de cámara) y volumen total del tanque séptico baffled.
- C. De acuerdo al segundo objetivo específico planteado, que es; Realizar el diseño del tanque imhoff para el tratamiento de aguas servidas en el distrito de tapo, se concluye que, el diseño del tanque imhoff, se tiene como parámetros de diseño a la población actual servida del Anexo de Huaripampa, población de diseño servida (demanda de uso), dotación de

agua, tasa de crecimiento, periodo óptimo de diseño, contribuciones, perdidas, caudal promedio de contribuciones de diseño, temperatura del ambiente en el mes más frío y temperatura de aguas del desagüe en el mes más frío, teniendo como resultado el área de sedimentación (ancho, largo y profundidad del sedimentador), volumen de digestión y carga hidráulica.

- D. Según el tercer objetivo específico planteado, que es "Realizar la evaluación del tanque séptico baffled en el tratamiento de aguas servidas del distrito de tapo, se concluye que las características fisicoquímicas de las aguas residuales afluentes y efluentes del tanque séptico baffled, el grado de contaminación de los parámetros como la demanda bioquímica de oxígeno, la demanda química de oxígeno, los aceites y grasas, sólidos totales y otros componentes es inferior en las aguas residuales que efluyen del tanque imhoff que con el tanque séptico baffled.

- E. Según el cuarto objetivo específico establecido, que es "Realizar la evaluación del tanque imhoff en el tratamiento de aguas servidas en el distrito de tapo, se concluye que las características fisicoquímicas de las aguas residuales afluentes y efluentes del tanque imhoff, el grado de contaminación de los parámetros como la demanda bioquímica de oxígeno, la demanda química de oxígeno, los aceites y grasas, los sólidos generales en suspensión es mayor o superior en las aguas residuales efluentes del baffled con respecto al tanque imhoff.

RECOMENDACIONES

1. La elección de una planta de tratamiento no siempre es la tarea más fácil. Muchas veces no sabemos qué tecnología o parámetros debemos tener en cuenta en nuestro diseño. Esto puede ser un problema importante porque un diseño inadecuado puede aumentar los costos de operación y mantenimiento además de no resolver el problema principal.
2. Se recomienda "diseñar los componentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales para cumplir con la calidad del agua tratada según la normativa declarada en un instrumento de gestión ambiental (LMP, VMA, etc.) o según los parámetros necesarios para ser reusados en algún proceso".
3. Es crucial "definir bien los parámetros de diseño de los componentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales, ya que el caudal y la carga contaminante de este definirán los procesos necesarios para lograr la calidad de agua requerida".
4. Se recomienda "realizar monitoreos a las aguas residuales tratadas y que puedan representar de manera fidedigna el comportamiento del afluente efluente y sus variaciones".
5. "Diseñar adecuadamente los componentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales, de lo contrario, los costos de operación durante el funcionamiento pueden aumentar para lograr las eficiencias requeridas de tratamiento, además de que su frecuencia de mantenimiento puede aumentar".

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arocutipa, J. (2013). Evaluación Y Propuesta Técnica De Una Planta De Tratamiento De Aguas Residuales En Massiapo Del Distrito De Alto Inambari – Sandia. Puno – Perú. 81.
- Ayala, R. y Gonzales, G. “Plantas de tratamiento de aguas residuales”. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba – Bolivia. 2003.
- Blas, C. (2018). Determinación Y Mejoramiento De La Eficiencia Del Sistema De Tanque Séptico Y Filtro Biológico De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales De La Localidad De Jivia – Departamento De Huánuco. Ancash – Perú. 97.
- Bautista, R. (2015). Diseño De Una Planta De Tratamiento De Aguas Residuales Para El Distrito De Chiara - Huamanga Ayacucho. Ayacucho – Perú. 111.
- Chiroboga, J. (2016). Evaluación De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales “Ubillus”, En La Parroquia Pintag E Implementación Del Sistema De Gestión Integrado. Quito – Ecuador. 191.
- Guerrero, H. (2014). Rediseño De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales De La Parroquia Pilahuín, Cantón Ambato. Riobamba – Ecuador. 154.
- Metcalf, & Eddy. “Ingeniería de las aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización”. Tercera edición, McGraw-Hill. Madrid. 1995.
- Moreno, J. (2017). Tratamiento De Aguas Residuales En El Tanque Imhoff Para Disminuir La Contaminación En La Quebrada Sicacate Del Distrito De Montero. Piura – Perú. 97.
- Miranda, M. (2013). Tratamiento De Aguas Residuales Con Fosa Séptica Convencional Y Fosa Séptica Prefabricada. Cajamarca – Perú. 59.
- Morlote, N. y Celiseo, R. “Metodología de la investigación”. Editorial McGraw-Hill Interamericana. México. 2004. ISBN 970-10-4611-0
- Norma Técnica I.S. 020. “Tanques sépticos”. Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima – Perú.
- Norma Técnica OS. 070. “Redes de aguas residuales”. Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima – Perú.

- Norma Técnica OS. 090. "Planta de tratamiento de aguas residuales". Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima – Perú.
- OEFA. "Fiscalización en aguas residuales". Perú. 2014
- Paniagua, C. I. G., & Martínez, J. A. F. (2015b). Evaluación Técnica De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales "Quinta Brasilia" Ubicada En El Municipio De Honda - Tolima. 101.
- Romero, J. "Tratamiento de aguas residuales". Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá. 2000. ISBN 958-8060-13-3
- Salazar, D. y Sánchez, E. (2015). Evaluación Y Propuesta De Rediseño De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales De La Comunidad De Churuguzo, Parroquia Tarqui, Cantón Cuenca, Provincia Del Azuay. Cuenca – Ecuador. 143.
- Vásquez, G. y Cesar, E. "Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales". Editorial Fundación ICA. México. 2003. ISBN 968-7508 05-4
- Vladimir, A. (2016). Evaluación Del Tanque Imhoff En El Tratamiento De Las Aguas Residuales En El Municipio De Colmenar, Málaga. Málaga – España. 16.

Anexo 01: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	JUSTIFICACIÓN	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p>Problema general ¿Cómo se comparan los resultados entre el diseño y evaluación del tanque séptico baffled y el tanque imhoff en el tratamiento de aguas residuales en el distrito de Tapo?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>a) ¿Qué implicaciones se derivan al diseñar el tanque séptico baffled para manejar las aguas residuales en el distrito de Tapo?</p> <p>b) ¿Qué consecuencias surgen al proyectar el tanque imhoff para la gestión de aguas residuales en el distrito de Tapo?</p> <p>c) ¿Qué se descubre al analizar la funcionalidad del tanque séptico baffled en el manejo de aguas residuales en el distrito de Tapo?</p> <p>d) ¿Qué se revela al examinar la eficiencia del tanque imhoff en el tratamiento de aguas residuales en el distrito de Tapo?</p>	<p>Objetivo general Realizar el diseño y comparar y contrastar la eficiencia y funcionalidad entre el tanque séptico baffled y el tanque imhoff en el tratamiento de aguas residuales en el distrito de Tapo.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>a) Establecer las implicaciones técnicas, económicas y ambientales del diseño del tanque séptico baffled en el manejo de aguas residuales en el distrito de Tapo.</p> <p>b) Identificar las consecuencias relacionadas con la proyección y implementación del tanque imhoff en la gestión de aguas residuales en el distrito de Tapo.</p> <p>c) Evaluar y analizar la funcionalidad y eficacia del tanque séptico baffled en su capacidad para tratar y gestionar aguas residuales en el distrito de Tapo.</p> <p>d) Examinar y determinar la eficiencia del tanque imhoff en el proceso de tratamiento de aguas residuales, considerando su</p>	<p>Justificación practica El tratamiento adecuado de las aguas residuales es esencial para proteger la salud pública y el medio ambiente. En el distrito de Tapo, existe una creciente preocupación por la gestión de aguas residuales y su impacto en la salud y el entorno. Evaluar y comparar la eficiencia del tanque séptico baffled con el tanque imhoff proporcionará una base sólida para tomar decisiones informadas sobre qué sistema adoptar o mejorar en la región. Los resultados de esta investigación serán de utilidad para las autoridades locales y las comunidades, al brindarles herramientas y conocimientos para mejorar la gestión de aguas residuales.</p> <p>Justificación teórica Si bien hay múltiples estudios sobre tanques</p>	<p>Hipótesis General El diseño y evaluación del tanque séptico baffled presentan mayor eficiencia en términos de remoción de contaminantes y costo operativo en comparación con el tanque imhoff para el tratamiento de aguas residuales en el distrito de Tapo.</p> <p>Hipótesis específicos</p> <p>a) El diseño del tanque séptico baffled en el distrito de Tapo conlleva a una mayor adaptabilidad y flexibilidad en su implementación debido a las características topográficas y volumétricas de las aguas residuales de la región.</p> <p>b) Al proyectar el tanque imhoff para la gestión de aguas residuales en el distrito de Tapo, se presenta una mayor necesidad de espacio y una inversión inicial más alta, pero se garantiza una mayor durabilidad y menos mantenimiento a largo plazo.</p> <p>c) La funcionalidad del tanque séptico baffled en el distrito de Tapo se destaca por su capacidad de adaptarse a variaciones en el caudal de entrada y su robustez en condiciones de sobrecarga,</p>	<p>Variable Independiente Tanque séptico baffled y tanque Imhoff.</p> <p>Variable dependiente: Tratamiento de aguas servidas.</p>	<p>Método de investigación Método científico.</p> <p>Tipo de estudio El tipo de investigación por la naturaleza del estudio es aplicado.</p> <p>Nivel de investigación El estudio por el nivel de descriptivo - explicativo.</p> <p>Diseño metodológico No experimental</p>

	<p>diseño, costos, y rendimiento en el distrito de Tapo.</p>	<p>sépticos baffled e imhoff de manera individual, la comparativa directa en un contexto como el de Tapo puede ofrecer nuevas perspectivas y conocimientos en el campo de tratamiento de aguas residuales. Esta investigación proporcionará información valiosa sobre las ventajas y desventajas teóricas de cada sistema en dicho contexto, enriqueciendo el cuerpo teórico existente y sirviendo de referencia para futuros estudios en regiones con características similares.</p> <p>Justificación metodológica La metodología propuesta para comparar el diseño y la evaluación de los tanques en cuestión puede servir como un modelo para futuras investigaciones en áreas similares o para la comparación de otras tecnologías de tratamiento. A través de este estudio, se pueden introducir o validar técnicas y herramientas que pueden ser útiles para investigadores y profesionales en el campo del tratamiento de aguas residuales.</p>	<p>garantizando una operación más estable durante picos de demanda.</p> <p>d) Al examinar la eficiencia del tanque imhoff en el distrito de Tapo, se revela que dicho sistema proporciona una remoción de contaminantes más consistente y uniforme, pero puede requerir intervenciones periódicas para asegurar su óptimo funcionamiento.</p>		
--	--	---	---	--	--

