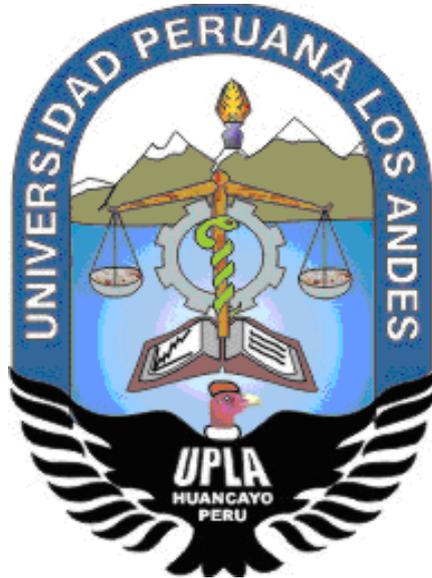


**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**COMPARACIÓN DEL TRATAMIENTO PRIMARIO DE  
AGUAS RESIDUALES ENTRE EL TANQUE BAFFLED  
Y EL TANQUE IMHOFF**

**PRESENTADO POR:**

Bach. ARROYO CURIÑAUPA, Yordan Aedo

**Línea de Investigación Institucional:**

Salud y Gestión de Salud

**Línea de Investigación de la Escuela Profesional:**

Hidráulica

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERU**

**2020**

## **CONTRATAPA**

---

**ING. MIGUEL ANTONIO CARDENAS ALARCON**  
**ASESOR**

## **DEDICATORIA**

La presente tesis es dedicada a Dios, por ser siempre mi guía en el andar de mi vida personal y profesional, de igual forma a mis padres, quienes me otorgaron su apoyo incondicional para la culminación de mis estudios de pre grado en la Universidad Peruana los Andes.

## **HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS**

---

**DR. CASIO AURELIO TORRES LOPEZ**

---

**ING. NATALY LUCIA CORDOVA ZORRILLA**

---

**ING. RANDO PORRAS OLARTE**

---

**ING. CARLOS ALBERTO GONZALES ROJAS**

---

**MG. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES**

# ÍNDICE

CONTRATAPA.....	II
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ACRONIMOS Y ABREVIATURAS.....	XI
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XIV
CAPITULO I.....	16
EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.1. Planteamiento del Problema.....	16
1.2. Formulación y Sistematización del Problema.....	17
1.2.1. Problema General.....	17
1.2.2. Problemas Específicos.....	17
1.3. Justificación.....	18
1.3.1. Práctica.....	18
1.3.2. Social.....	18
1.3.3. Ambiental.....	19
1.4. Delimitaciones.....	19
1.4.1. Espacial.....	19
1.4.2. Temporal.....	21
1.4.3. Económica.....	21
1.5. Limitaciones.....	21
1.6. Objetivos.....	21
1.6.1. Objetivo General.....	21
1.6.2. Objetivos Específicos.....	21
CAPITULO II.....	22
MARCO TEÓRICO.....	22
2.1. Antecedentes.....	22
2.1.1. Internacionales.....	22

2.1.2. Nacionales.....	25
2.2. Marco Conceptual.....	29
2.2.1. Teorías de la Investigación.....	29
2.2.1.1 Aguas Residuales.....	29
2.3.1.1. Fuentes de Aguas Residuales .....	30
2.2.1.2 Características Físicas y Químicas de las Aguas Residuales .....	31
2.2.1.3 Tratamiento de las Aguas Residuales .....	33
2.2.1.4 Unidades de Tratamiento de Aguas Residuales .....	36
2.2.1.5 Diseño de Tanque Séptico y Tanque Imhoff .....	37
2.2.2. Normatividad .....	39
2.3. Definición de Términos .....	41
2.4. Hipótesis .....	44
2.4.1. Hipótesis General.....	44
2.4.2. Hipótesis Específicos .....	44
2.5. Variables.....	44
2.5.1. Definición Conceptual de la Variable.....	44
2.5.2. Definición Operacional de la Variable.....	44
2.6 Operacionalización De Las Variables.....	45
CAPÍTULO III .....	46
METODOLOGÍA .....	46
3.1. Método de Investigación.....	46
3.2. Tipo de Investigación.....	46
3.3. Nivel de Investigación.....	46
3.4. Diseño de Investigación.....	46
3.5. Población y Muestra .....	47
3.5.1. Población.....	47
3.5.2. Muestra .....	47
3.6. Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos.....	47
3.6.1. Técnicas.....	47
3.6.2. Instrumentos.....	48
3.7. Procedimiento de la Información .....	48
3.8. Técnicas y Análisis de Datos .....	49
CAPÍTULO IV.....	50

RESULTADOS.....	50
4.1. Presentación de Resultados Específicos.....	50
CAPÍTULO V.....	72
DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	72
5.1. Discusión de Resultados Específicos .....	72
CONCLUSIONES .....	74
RECOMENDACIONES .....	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
ANEXOS .....	79

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Variables de Investigación. ....	45
Tabla 2 – Operacionalización de la Variable. ....	45
Tabla 3 – Valores Representativos del Análisis de Laboratorio Físicoquímico del Afluente del Tanque Baffled. ....	50
Tabla 4 – Valores Representativos del Análisis de Laboratorio Físicoquímico del Afluente del Tanque Imhoff. ....	51
Tabla 5 – Comparativo de Parámetros Físicoquímicos de los Afluentes del Tanque Baffled y del Tanque Imhoff. ....	51
Tabla 6 – Valores Representativos del Análisis de Laboratorio Físicoquímico del Efluente del Tanque Baffled. ....	52
Tabla 7 – Valores Representativos del Análisis de Laboratorio Físicoquímico del Efluente del Tanque Imhoff. ....	53
Tabla 8 – Comparativo de Parámetros Físicoquímicos de los Efluentes del Tanque Baffled y del Tanque Imhoff. ....	53
Tabla 9 – Calculo de la Población de Diseño de la Localidad de Maco. ....	55
Tabla 10 – Calculo del Caudal de Diseño la Localidad de Maco. ....	56
Tabla 11 – Dimensionamiento Hidráulico del Tanque baffled la Localidad de Maco. ....	57
Tabla 12 – Dimensionamiento Estructural del Tanque Baffled de la Localidad de Maco. ....	60
Tabla 13 – Calculo de la Población de Diseño de la Localidad de Pacchac. ...	63
Tabla 14 – Calculo del Caudal de Diseño de la Localidad de Pacchac. ....	64
Tabla 15 – Dimensionamiento Hidráulico del Tanque Imhoff del de la Localidad de Pacchac. ....	65
Tabla 16 – Diseño Estructural del Tanque Imhoff de la Localidad de Pacchac.	68
Tabla 17 – Comparativo de Parámetros de Dimensionamiento Hidráulico del Tanque baffled y del Tanque Imhoff. ....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Ubicación Geográfica de la Zona de Investigación.....	19
Figura 2- Ubicación del Centro Poblado de Maco.....	20
Figura 3- Ubicación del Centro Poblado de Pacchac.....	20
Figura 4- Planta del Tanque Séptico con Bafles. ....	58
Figura 5- Corte A-A del Tanque Séptico con Bafles.....	59
Figura 6- Corte B-B del Tanque Séptico con Bafles.....	59
Figura 7- Distribución de Acero en Planta del Tanque Séptico con Bafles. ....	61
Figura 8- Distribución de Acero en Corte A-A del Tanque Séptico con Bafles. 61	
Figura 9- Distribución de Acero en Corte B-B del Tanque Séptico con Bafles. 62	
Figura 10- Planta del Tanque Imhoff.....	66
Figura 11- Corte A-A del Tanque Imhoff. ....	67
Figura 12- Corte B-B del Tanque Imhoff. ....	67
Figura 13- Distribución de Acero en Planta del Tanque Imhoff.....	69
Figura 14- Distribución de Acero Corte A-A del Tanque Imhoff. ....	69
Figura 15- Distribución de Acero Corte B-B del Tanque Imhoff. ....	70

## ACRONIMOS Y ABREVIATURAS

ANA	: Autoridad Nacional del Agua.
C.P.	: Centro Poblado.
DBO <sub>5</sub>	: Demanda Bioquímica de Oxígeno.
DQO	: Demanda Química de Oxígeno.
DS	: Decreto Supremo.
EDAR	: Estación Depuradora de Aguas Residuales.
ECA	: Estándares de Calidad Ambiental del Agua.
Km	: Kilómetros.
Lts/seg	: Litros por Segundo.
LMP	: Límites Máximos Permisibles.
NMP /100 ml	: Numero más Probable por cada 100 mililitros.
MINAM	: Ministerio del Ambiente.
msnm	: Metros Sobre el Nivel del Mar.
mg/lit	: Miligramos por Litro.
mg O <sub>2</sub> /lit	: Miligramos de Oxígeno por Litro.
OEFA	: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
Ph	: Potencial de Hidrogeno.
PTAR	: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.
PVC	: Policloruro de Vinilo.
RAFA	: Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente.
RNE	: Reglamento Nacional de Edificaciones.
SS	: Sólidos en Suspensión.
SUNASS	: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.

## RESUMEN

La presente investigación presenta como problema general ¿Cuáles serán las diferencias en el tratamiento primario de aguas residuales entre el tanque baffled y el tanque imhoff?, planteando el objetivo general Determinar las diferencias en el tratamiento primario de aguas residuales entre el tanque baffled y el tanque imhoff.

En la investigación se utilizó el método científico, de tipo aplicada, con un nivel comparativo, siendo el diseño no experimental, se utilizó las técnicas de la observación, muestreo y evaluación. El instrumento fue fichas de observación, como población se tiene las aguas residuales producidos por la población de las Localidades de Maco y de Pacchac, considerándose como muestra el volumen de 1.0 lt de agua residual afluyente (ingreso) y efluente (salida) obtenida del tanque baffled y del tanque imhoff, pertenecientes a las plantas de tratamiento de aguas residuales de las Localidades de Maco y Pacchac.

Se concluye que el tratamiento primario de aguas residuales mediante el tanque baffled en comparación con el tanque imhoff, presenta similitud en cuanto a los parámetros de diseño utilizados para el diseño hidráulico y estructural, en el caso de los parámetros fisicoquímicos presentes en los afluentes y efluentes de dichas estructuras las del tanque baffled es mayor a los del tanque imhoff.

**Palabras claves:** Aguas Residuales, Tanque Baffled, Tanque Imhoff.

## ABSTRACT

The present investigation presents as a general problem: What will be the differences in the primary treatment of wastewater between the baffled tank and the imhoff tank?, Posing the general objective of Determining the differences in the primary treatment of wastewater between the baffled tank and the tank imhoff.

The research used the scientific method, applied type, with a comparative level, being the non-experimental design, the techniques of observation, sampling and evaluation were used. The instrument was observation files, as a population there is the wastewater produced by the population of the towns of Maco and Pacchac, considering as a sample the volume of 1.0 lt of effluent wastewater (input) and effluent (output) obtained from the tank baffled and imhoff tank, belonging to the wastewater treatment plants of the towns of Maco and Pacchac.

It is concluded that the primary treatment of wastewater through the baffled tank compared to the imhoff tank, presents similarity in terms of the design parameters used for the hydraulic and structural design, in the case of the physicochemical parameters present in the tributaries and effluents. of these structures, those of the baffled tank are greater than those of the imhoff tank.

**Keywords:** Wastewater, Baffled Tank, Imhoff Tank.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación cuyo título es: “Comparación del tratamiento primario de aguas residuales entre el tanque baffled y el tanque imhoff”, el cual fue elaborado en concordancia y aplicación a lo estipulado en el Reglamento de Grados y Títulos emitido por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana Los Andes.

Las aguas residuales son cualquier tipo de agua cuya calidad se vio afectada negativamente por la influencia antropogénica, así mismo estas aguas residuales vienen a ser la combinación de las aguas que fueron usadas, agua de uso doméstico, agua de origen urbano y las aguas industriales.

Como unidades de tratamiento primario de las aguas residuales se tienen al tanque baffled, que viene a ser un tanque séptico mejorado el cual consiste en el mayor número de compartimientos, este incremento de compartimientos permite que el agua entre en mayor contacto con los lodos sedimentados, y de esta forma se incremente la remoción de la materia orgánica. En el caso del tanque imhoff es un tipo de tanque de doble función, la primera de recepción y la segunda de procesamiento de las aguas residuales. Ambas unidades de tratamiento primario de aguas residuales se construyen con la finalidad de remover los sólidos suspendidos.

Para el desarrollo del trabajo de investigación se planteó como objetivo general; determinar las diferencias en el tratamiento primario de aguas residuales entre el tanque baffled y el tanque imhoff y como objetivos específicos se tiene; evaluar las características fisicoquímicas de las aguas residuales afluentes del tanque baffled en comparación con del tanque imhoff, evaluar las características fisicoquímicas de las aguas residuales efluentes del tanque baffled en comparación con del tanque imhoff y determinar los parámetros de diseño del tanque baffled en comparación con del tanque imhoff

Por lo que con el desarrollo del presente trabajo de investigación se pretende demostrar las ventajas del tanque baffled en comparación con el tanque imhoff

y ser considerado como una opción de tecnología válida en el tratamiento primario de aguas residuales.

Para el entendimiento del tema abordado durante el desarrollo de la investigación, la tesis se encuentra dividido mediante capítulos, explicándose cada capítulo de una manera enmarcada y concreta en relación al tema de investigación.

En el capítulo I, se describe el planteamiento del problema, formulación y sistematización del problema, la justificación, las delimitaciones, limitaciones y los objetivos de la investigación.

En el capítulo II, se describe la zona del proyecto, se redacta los antecedentes (internacionales y nacionales), el marco conceptual, la definición de términos, el planteamiento de las hipótesis y la identificación de variables de la investigación.

En el capítulo III, se redacta la metodología aplicada, describiéndose el método, tipo, nivel, diseño, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información y técnicas de análisis de datos de la investigación.

En el capítulo IV, se plasma los resultados obtenidos sobre el tratamiento primario de aguas residuales con el tanque baffled y tanque imhoff.

En el capítulo V, se da la discusión de los resultados obtenidos en el tratamiento primario de aguas residuales mediante el tanque baffled y tanque imhoff, y poder formular las respectivas conclusiones y recomendaciones a la investigación desarrollada, y finalmente redactar las referencias bibliográficas utilizadas en el desarrollo de la investigación.

En la parte final de la investigación, se anexan la documentación sustentatoria del desarrollo de la investigación.

Bach. Arroyo Curiñaupa, Yordan Aedo.

# CAPITULO I

## EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. Planteamiento del Problema

La ingeniería es la disciplina que utiliza con ingenio los principios científicos, las artes, y la tecnología, en los estudios, análisis y planes para la transformación óptima de los recursos naturales en estructuras, máquinas, productos, sistemas, obras y servicios para el beneficio de la humanidad, no siendo ajeno en este contexto la Ingeniería Civil que es una rama de la Ingeniería que busca el desarrollo y solución de problemas desde el punto de vista técnico, por lo que se encarga del diseño, construcción de obras de edificaciones, irrigaciones, carreteras, pavimentos y de saneamiento, y como tal debe proponer soluciones a los problemas que se presentan, uno de estos problemas se da por la producción de aguas residuales en las zonas urbanas y zonas rurales y su deficiente tratamiento, razón por la cual el trabajo de investigación se enmarco en la línea de investigación de Hidráulica, lo que se centra en el área de Salud y Gestión de Salud en el entorno de la sociedad.

El tanque baffled tiene tres funciones importantes las cuales son; la sedimentación, el almacenamiento y la digestión de la materia orgánica presente en las aguas residuales, por su parte el tanque imhoff es una unidad de tratamiento cuya finalidad es la remoción de los sólidos suspendidos, por lo que es necesario que las aguas residuales pasen por los procesos de tratamiento preliminar de cribado y de remoción de arenas.

Las Localidades de Maco y Pacchac pertenecientes al Distrito de Tapo, Provincia de Tarma y Departamento de Junín se han construido el sistema de alcantarillado que transportan las aguas residuales recolectadas y éstas se depositan en el tanque baffled y en el tanque imhoff respectivamente, en ambos casos se generan descargas de aguas efluentes tratadas de los cuales no se conoce la eficiencia en el tratamiento primario de las aguas afluentes con la calidad obtenida del agua tratada, teniendo en cuenta que

el tratamiento primario de aguas residuales se considera como un factor relevante en la protección de la salud pública y del medio ambiente, puesto que el vertimiento de éstas aguas residuales sin el tratamiento previo sobre un cuerpo receptor, es considerado como una fuente de contaminación altamente peligrosa.

Teniendo en cuenta que la solución tecnológica más adecuada es aquella que optimiza la eficiencia técnica en la forma más simple, por lo que es necesario realizar la comparación técnica y de funcionamiento del tanque baffled y el tanque imhoff y así determinar la eficiencia de dichas estructuras en el tratamiento primario de las aguas residuales y elegir la más eficiente tecnología o el método para el tratamiento primario de aguas residuales, y de esta forma minimizar el grado de impacto al medio ambiente y preservar su conservación.

## **1.2. Formulación y Sistematización del Problema**

Se eligió a las Localidades de Maco y Pacchac pertenecientes al Distrito de Tapo, Provincia de Tarma, Departamento de Junín, los cuales cuentan con la infraestructura para el tratamiento primario de sus aguas residuales; tanque baffled y tanque imhoff respectivamente, en ambos casos es necesario comparar e identificar las diferencias en dichos componentes en el tratamiento primario de las aguas residuales, razón por la cual se formuló las siguientes interrogantes.

### **1.2.1. Problema General**

¿Cuáles serán las diferencias en el tratamiento primario de aguas residuales entre el tanque baffled y el tanque imhoff?.

### **1.2.2. Problemas Específicos**

¿Cuáles serán las características fisicoquímicas de las aguas residuales afluentes del tanque baffled en comparación con el tanque imhoff?

¿Cuáles serán las características fisicoquímicas de las aguas residuales efluentes del tanque baffled en comparación con el tanque imhoff?

¿Cuáles serán los parámetros de diseño del tanque baffled en comparación con el tanque imhoff?

### **1.3. Justificación**

#### **1.3.1. Práctica**

Con la investigación se buscó determinar la eficiencia de cada componente en el tratamiento primario de aguas residuales de las Localidades de Maco y Pacchac pertenecientes al Distrito de Tapo, Provincia de Tarma en el Departamento de Junín (tanque baffled y tanque imhoff), para ello se evaluó su funcionamiento mediante la comparación de los análisis fisicoquímicos de las aguas residuales afluente (ingreso) y efluente (salida) de ambas estructuras, para así de esta forma demostrar cuál de los componentes es más eficiente el tratamiento primario de las aguas residuales.

#### **1.3.2. Social**

Con el fin de contribuir a preservar la salud de los pobladores de las Localidades de Maco y Pacchac, pertenecientes al Distrito de Tapo, Provincia de Tarma en el Departamento de Junín, fue necesario diagnosticar su funcionamiento y eficiencia de cada sistema (tanque baffled y tanque imhoff) mediante la medición del grado de contaminación del agua residual afluente y efluente, estos resultados ayudaron a resolver un problema de evaluación y cumplimiento de la cultura ambientalista y de necesidad social que se presenta en nuestro país, puesto que, se construyen plantas de tratamiento de aguas residuales las cuales “post construcción, no sabemos si a la actualidad funcionan eficientemente como fueron diseñados o como se espera que funcionen”.

### 1.3.3. Ambiental

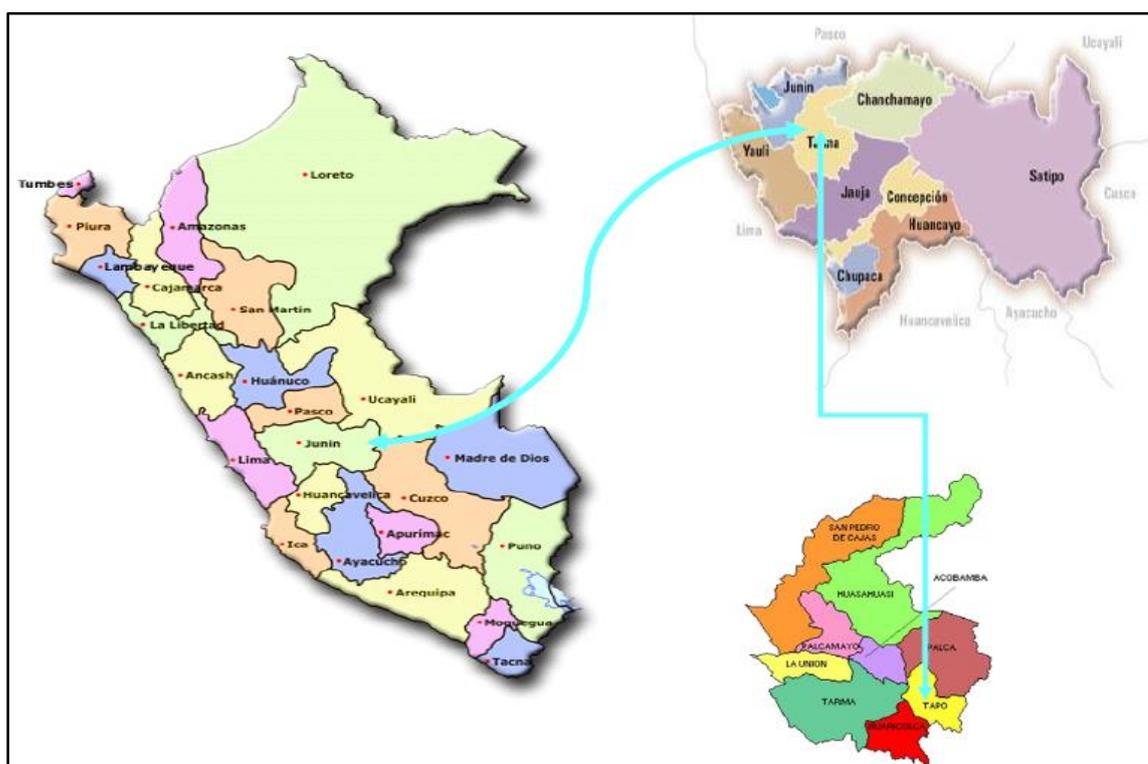
Al lograr determinar cuál de los componentes (tanque baffled y tanque imhoff) es más eficiente en el tratamiento primario de aguas residuales, directamente se logró promover el mejoramiento de estos sistemas de tratamiento de aguas residuales y prevenir la contaminación del ambiente, buscando preservar la salud humana.

## 1.4. Delimitaciones

### 1.4.1. Espacial

La investigación se realizó en las plantas de tratamiento de aguas residuales de las Localidades de Maco y Pacchac del Distrito de Tapo, Provincia de Tarma, Departamento de Junín.

**Figura 1- Ubicación Política de la Zona de Investigación.**



Fuente: Expediente Técnico: “Mejoramiento del Servicio de Agua Potable e Instalación del Servicio de Desagüe en el Centro Poblado de Maco, Distrito de Tapo – Tarma – Junín”.

**Figura 2- Ubicación de la Localidad de Maco.**



**Fuente: Expediente Técnico: “Mejoramiento del Servicio de Agua Potable e Instalación del Servicio de Desagüe en el Centro Poblado de Maco, Distrito de Tapo – Tarma – Junín”.**

**Figura 3- Ubicación de la Localidad de Pacchac.**



**Fuente: Expediente Técnico: “Mejoramiento del Servicio de Agua Potable e Instalación del Servicio de Saneamiento del Centro Poblado de Pacchac, Distrito de Tapo, Provincia de Tarma, Región de Junín”.**

### **1.4.2. Temporal**

Se recopilaron datos entre Setiembre - 2019 hasta Marzo - 2020, por lo que la investigación tuvo una duración de 08 meses.

### **1.4.3. Económica**

La investigación fue autofinanciada por el tesista, el cual comprendió en realizar los ensayos necesarios y accesibles a nuestra necesidad y realidad, pero que si son suficientes para determinar resultados confiables con respecto a la temática de la investigación.

## **1.5. Limitaciones**

Básicamente la limitación de la investigación se centró en la no accesibilidad a la información sobre los tanques baffled, por ello se recurrió a los diseños y cálculos establecidos en el expediente técnico de la planta de tratamiento de aguas residuales del Centro Poblado de Maco del Distrito de Tapo - Tarma - Junín.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo General**

Determinar las diferencias en el tratamiento primario de aguas residuales entre el tanque baffled y el tanque imhoff.

### **1.6.2. Objetivos Específicos**

Evaluar las características fisicoquímicas de las aguas residuales afluentes del tanque baffled en comparación con del tanque imhoff.

Evaluar las características fisicoquímicas de las aguas residuales efluentes del tanque baffled en comparación con del tanque imhoff.

Determinar los parámetros de diseño del tanque baffled en comparación con del tanque imhoff.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. Internacionales

**(Chiriboga Sisalema, 2016)**, Sustento su tesis sobre la evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales “Ubillus”, en la parroquia Pintag e implementación del sistema de gestión integrado, por Indira Jackeline Chiriboga Sisalema (2016), para la Escuela de Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica del Ecuador.

Al evaluar el diseño existente de la rejilla de cribado se concluyó que no satisface con la retención de material de arrastre que ingresa a la PTAR, el cual permite el ingreso de basuras a la fosa séptica, generando así problemas como obstrucciones en la misma, el investigador propone la implementación de un Sistema Integrado de Gestión que permita de una manera corta y sencilla a los operadores y técnicos encargados del mantenimiento y funcionamiento de la PTAR conocer cómo se debe realizar el mantenimiento de la misma.

**(Guerra Hidalgo, 2014)**, Sustento su tesis sobre el rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Pilahuin, Cantón Ambato, por Hitler Abdón Guerrero Hidalgo (2014), para la Carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental de la Escuela de Ciencias Químicas de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Para el Rediseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Parroquia Pilahuín, cantón Ambato provincia de Tungurahua, el investigador analizo el estado situacional de la planta y sus componentes, determinando el caudal de ingreso con la cual

vienen funcionando los componentes de la planta, esto con el fin de poder determinar el nivel de funcionamiento de las mismas, para determinar el caudal hizo uso de registros del caudal afluente y mediante el método volumétrico obtuvo mediciones propias para las distintas épocas del año. Del mismo modo obtuvo y analizó las muestras a la entrada y salida de la planta, cuyos valores obtenidos representan el grado de remoción de contaminantes.

El investigador concluye que la eficiencia de la planta es baja, ya que del análisis realizado a las muestras del efluente de la planta la concentración de contaminantes es alta, a ello se suma que el caudal que recibe la planta es de alrededor del 325% de la capacidad para la cual fue diseñada.

**(García Paniagua & Fonseca Martínez, 2015)**, Sustento su tesis sobre la evaluación técnica de la planta de tratamiento de aguas residuales “Quinta Brasilia” ubicada en el Municipio de Honda – Tolima, por Cesar García Paniagua y Joaquín Fonseca Martínez (2015), para la Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de Colombia.

El propósito de su investigación fue realizar el diagnóstico del estado de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales; y con ello determinar la mejora que se pueda dar a la infraestructura en general; determinar la eficiencia del tratamiento y calidad del agua residual tratada. Del resultado de la investigación se constató que algunas estructuras de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Quinta Brasilia se encuentran deterioradas, lo que conlleva a un funcionamiento inadecuado en el tratamiento de aguas residuales, por lo que se genera malos olores y la aparición de vectores; por otra parte, se constató la falta de registros de los análisis de calidad de agua tratada por la planta, finalmente el investigador indica que la planta viene operando de manera temporal y que las aguas no tratadas viene siendo vertidas directamente al Río Gualí.

**(Tilley, y otros, 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 el compendio se indica que el tanque baffled constituye una mejora al tanque séptico convencional, esto debido a que consta de una mayor cantidad de cámaras por donde las aguas residuales fluyen, dentro de las ventajas del tanque baffled indican que resisten las cargas orgánicas y los choques hidráulicos, no requieren el uso de energía eléctrica, su operación es de bajo costo, larga vida útil, mayor reducción de DBO, la producción de lodo es baja (el lodo está estabilizado), no requiere extensos espacios de terreno (se puede construir bajo tierra), en su diseño y construcción se requiere personal conocedor, la reducción de patógenos y nutrientes es baja, para el efluente y el lodo se requiere tratamientos adicionales y/o descarga apropiada.

**(Vladimir León, 2016)**, publicó su artículo de investigación sobre la evaluación del tanque Imhoff en el tratamiento de las aguas residuales en el Municipio de Colmenar, Málaga, por Alfonso Menacho Vladimir León (2016), para la Universidad de Málaga - España.

El artículo de investigación evalúa la capacidad depuradora del sistema de tanque Imhoff, para ello realiza el análisis de parámetros fisicoquímicos durante un período de tiempo determinado en diferentes puntos del sistema. Esta evaluación se enmarca en el estudio de caracterizar macroscópicamente los fangos del sistema. El investigador llega a la conclusión, la depuradora cumple con los parámetros de vertimiento, pero no en todos los meses, esto debido a que la carga contaminante en la entrada de la EDAR es alta. El tanque Imhoff opera deficientemente, el rendimiento es nulo y negativo de la DBO5 en el decantador primario y en cuanto a los sólidos en suspensión, el

contenido de materia orgánica y la DQO no cuentan con las características apropiadas para la buena operación y funcionamiento durante la totalidad de los meses.

**(Salazar Serrano & Sánchez Merchán, 2015)**, sustentaron su tesis sobre la 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, por David Santiago Salazar Serrano y Esteban Andrés Sánchez Merchán (2015), para la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Cuenca - Ecuador.

Los investigadores realizaron una evaluación preliminar, luego complementaron con el análisis del agua residual afluyente al sistema, ambos concluyeron que la PTAR de Churuguzo se encuentra operativa y en funcionamiento, y producto de ello puede obtener remociones significativas hasta cierto punto de operación y funcionamiento, ambos evidenciaron que el rendimiento de la PTAR no es de satisfacción en el momento de realizar la comparación de las remociones que se logran alcanzar con los valores establecidos en las normativas ambientales internacionales, razón a ello los investigadores proponen la alternativa de rediseñar y seleccionar un sistema que guarde relación directa con las características del agua residual a ser tratada como a las condiciones físicas del lugar.

### **2.1.2. Nacionales**

**(Arocutipa Lorenzo, 2013)**, sustento su tesis sobre evaluación y propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales en Massiapo del Distrito de Alto Inambari - Sandia, por Juan Hipólito Arocutipa Lorenzo (2013), para la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola de la Facultad de Ingeniera Agrícola de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno.

La investigación consiste en determinar cómo influyen los parámetros físicos, químicos y biológicos en la calidad de aguas

residuales de la laguna de estabilización, para luego plantear técnicamente el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales cuyo fin es la de reducir la contaminación que causan las descargas de las aguas residuales, que vienen siendo vertidos directamente al cuerpo receptor.

De la evaluación al sistema de laguna de estabilización, el investigador concluye que este sistema opera y funciona deficientemente, esto debido a que el sistema ha cumplido su vida útil, a ello se suma la falta de mantenimiento, razón por la cual se evidenciaron la presencia de filtraciones y el colapso del sistema de laguna de estabilización.

**(Bautista Gómez, 2015)**, sustento su tesis sobre diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para el Distrito de Chiara – Huamanga Ayacucho, por Rony Bautista Gómez (2015), para la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

El estudio tiene como objetivo general diseñar una planta de tratamiento de las aguas residuales con el fin de reducir la concentración de los contaminantes que generan la población urbana de Chiara. En el diseño de la planta de tratamiento de las aguas residuales para la población urbana de Chiara se ha considerado una rejilla de limpieza manual, 02 desarenadores de sección rectangular de flujo horizontal de funcionamiento en paralelo, 02 unidades de lagunas facultativas de funcionamiento en paralelo, 01 laguna de pulimento con el uso de mamparas. Este sistema permitirá reducir los valores de los contaminantes de salida en el efluente de la planta hasta 10,6 mg/L de DB05 y 893,4 NMP /100 mL de coliformes fecales.

**(Blas Cerda, 2018)**, sustento su tesis sobre eficiencia del sistema de tanque séptico y filtro biológico de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Localidad de Jibia Departamento de

Huánuco, por Antonio Raymundo Blas Cerda (2018), para la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.

La planta de tratamiento de aguas residuales de la Localidad de Jivia, es un sistema existente de fácil operación y de bajo costo, en la operación y funcionamiento de dicha planta el Tanque Séptico y Filtro Percolador por sí solo no puede alcanzar los estándares de calidad que exige la Ley General de Ambiente para el efluente de plantas de tratamiento de aguas residuales, por lo que el investigador vio por conveniente mejorar el sistema del tanque séptico y filtro biológico, con la construcción de una cámara de rejas y con los resultados de los cálculos, se ha mejorado con el cambio de las tuberías y accesorios de PVC de diámetro a 1" a los roseadores al lecho del filtro, así como también con la instalación de gravas de filtro por dos capas, la primera capa de gravas de 5 a 7 cm y la segunda capa de gravas 2.5 a 5 cm, además con la limpieza y manteniendo de los componentes de la planta de tratamiento se ha obtenido la mejora en el funcionamiento del sistema.

**(Gómez Lordan, 2017)**, sustento su tesis sobre evaluación de la eficiencia de humedales artificiales verticales empleando cyperus alternifolius y chrysopogon zizanioides para el tratamiento de aguas servidas (2017), para la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

En la investigación se indica que el tanque baffled es una unidad mejorada de tanque séptico convencional, que es utilizado en la etapa primaria del tratamiento de aguas residuales para comunidades que cuentan entre 200 a 2 500 habitantes, la mejora consiste en el incremento del número de compartimientos, lo que el agua tenga mayor contacto con los lodos sedimentados y por ende su remoción de la materia orgánica sea mayor.

**(Moreno Jabo, 2017)**, sustentó su tesis sobre tratamiento de aguas residuales en el tanque Imhoff para disminuir la contaminación en la quebrada Sicacate del Distrito de Montero, por Staci Nicole Moreno Jabo (2017), para la Escuela Profesional de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Piura.

La investigación se desarrolló sobre el análisis realizado al agua que ingresa al tanque de Imhoff, para luego ser comparado con el análisis al agua que sale (efluente). En la investigación se usó bacterias degradantes, las cuales se cultivaron bajo condiciones específicas con el fin de lograr la reducción de la carga orgánica que se encuentra presente en el efluente. Por otro lado también se utilizó concentraciones de hipoclorito de calcio, ello para lograr reducir la carga microbiológica en el efluente. Los investigadores demostraron que el uso de hipoclorito de calcio y bacterias degradantes mejora la calidad del agua a la salida del tanque Imhoff, por lo que se reduce la contaminación del cuerpo de agua de vertimiento (Quebrada Sicacate). Demostraron que con este tratamiento, es posible reducir la contaminación del agua, a su vez plantearon la propuesta de implementar otros sistemas de tratamientos complementarios como las lagunas aireadas, humedales, los que ayudarían en el tratamiento de aguas residuales urbanas; así como darle una utilización al lodo obtenido del tanque Imhoff, producto del tratamiento (sedimentación).

**(Miranda Medina, 2013)**, sustentó su informe técnico sobre tratamiento de aguas residuales con fosa séptica convencional y fosa séptica prefabricada, por Marleny Elizabeth Miranda Medina (2013), para la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca.

El investigador realizó el diseño de una fosa séptica del tipo convencional y otra del tipo prefabricado para una capacidad base

de 10 personas, en el desarrollo de la investigación calculo los costos de ambas alternativas, luego realizo una comparación técnica y económicamente, el investigador calculo como costo total del sistema convencional un monto S/. 18,535.31 y un tiempo de ejecución de 15 días y para el sistema séptico prefabricado un determino un costo total de S/. 15,250.20 con un tiempo de ejecución de 12 días.

El investigador al analizar el diseño de la fosa séptica convencional en comparación al sistema séptico prefabricado determino las diferencias entre ambos sistemas, tales como; la sencillez, efectividad y rapidez con la que se instala el sistema prefabricado en comparación la instalación de las fosas séptica convencional, esta diferencia se debe a los sistemas de tratamiento prefabricados son herméticos, que constan de una sola pieza, por lo que de esta forma aseguran que no haya filtraciones y contaminación del suelo.

## **2.2. Marco Conceptual**

### **2.2.1. Teorías de la Investigación**

#### **2.2.1.1 Aguas Residuales**

(Romero Rojas, 2010), define a las aguas residuales como aquellas aguas que fueron usadas y que contienen sólidos que por uno u otro medio se introdujeron en las cloacas y que son transportados mediante los sistemas de alcantarillado.

Según la (Norma técnica de edificación OS.090, 2016), define al agua residual como aquella agua que fue usada por una comunidad o industria y que a su vez contiene material orgánico o inorgánico ya sea disuelto o suspendidos.

Para (Metcalf & Eddy, 1995), las aguas residuales son aguas del que se desprenden las comunidades una vez que han sido contaminadas durante los diferentes usos para los cuales han sido empleadas.

Finalmente para la (OEFA, 2014), las aguas residuales son aguas que han sufrido modificaciones de sus características iniciales a causa de la actividad humana y que por ende requieren un tratamiento previo, antes de puedan ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado.

### **2.3.1.1. Fuentes de Aguas Residuales**

(Metcalf & Eddy, 1995), indica como fuentes de las aguas residuales a las siguientes:

- ✓ **Agua Residual Domestica o Sanitarias:** Tienen su origen en las zonas residenciales o instalaciones comerciales, públicas y similares.
- ✓ **Agua Residual Industrial:** Agua residual de origen industrial.
- ✓ **Infiltración y Aportaciones Incontroladas:** Agua que ingresa a la red de alcantarillado ya sea de manera directa o indirecta. La infiltración conlleva a que el agua se introduce en el sistema por medio de las juntas defectuosas, fracturas y grietas, o paredes porosas. Las aportaciones incontroladas provienen de las aguas pluviales que ingresan a la red a través de las alcantarillas pluviales, drenes de cimentaciones, bajantes de edificios y tapas de pozos de registro.
- ✓ **Aguas Pluviales:** Agua resultante de la escorrentía superficial.

(Romero Rojas, 2010), considera como fuentes de las aguas residuales a los siguientes:

- ✓ **Aguas Residuales Domesticas:** Son líquidos que provienen de las viviendas, residencias, edificios comerciales e institucionales.
- ✓ **Aguas Residuales Municipales:** Vienes a ser los líquidos que son transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y tratados en una planta de tratamiento municipal.
- ✓ **Aguas Residuales Industriales:** Estas aguas provienen de las descargas de industrias de manufactura.
- ✓ **Aguas Negras:** Son las aguas residuales que provienen de inodoros, es decir son aquellas que transportan excrementos humanos y orinas, las cuales son ricas en solidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales.
- ✓ **Aguas Grises:** Son aguas provenientes de tinas, duchas, lavamanos y lavadoras, los cuales aportan demanda bioquímica de oxigeno (DBO), solidos suspendidos, fosforo, grasas y coliformes fecales.

### **2.2.1.2 Características Físicas y Químicas de las Aguas Residuales**

(Ayala Fanola & Gonzales Marquez, 2008), indica que las aguas residuales están compuestas por un 99.9% de agua y un 0.1% de materiales en suspensión y solución que le imparten características indeseables. Las sustancias que se han agregado al agua durante su uso comprenden:

**Materia Orgánica:** El vertimiento de materia orgánica a cursos de agua rebaja las concentraciones de oxígeno disuelto y afecta adversamente, la biota natural hasta hacer desaparecer especies sensibles, como los peces que requieren niveles altos de oxígeno disuelto, 5 o más mg/l.

**Materia en Suspensión:** La descomposición anaerobia de la materia orgánica en el fondo afecta adversamente la biota natural de los cuerpos de agua. En los productos de la descomposición anaerobia son devueltos a las capas superiores de agua gases (metano, dióxido de carbono, hidrogeno, etc.), compuestos nitrogenados y de fósforo solubles y material orgánico.

**Metales Pesados y Compuestos Tóxicos:** Rebajan el valor comercial de la pesca y en ocasiones imposibilitan su consumo por razones de salud pública. Ejemplo: mercurio, cadmio, níquel, cromo, cobre y zinc.

**Color y Turbiedad:** Crean problemas estéticos y hacen al agua inadecuada para su uso doméstico e industrial. Disminuye la penetración de la luz y modifica la zona eufótica en lagos.

**Nitrógeno y Fósforo:** Fertilizan las aguas, pueden dar origen a crecimientos masivos de algas principalmente, los cuales trastornan el equilibrio ecológico y crean condiciones desagradables en lugares de recreación. Estos compuestos afectan principalmente a los lagos y estuarios.

**Aceite y Materia Flotante:** Generan condiciones desagradables a la vista, restringen la transferencia de oxígeno del aire al agua y afectan la biota.

**Compuestos Orgánicos:** Dan origen a sabores desagradables, Ejemplo: los fenoles sumados al cloro forman cloro fenoles. Los compuestos de carácter refractario no sufren transformación alguna por la acción de los microorganismos, por lo cual persisten en el medio acuático y vienen acumulándose en la cadena alimentaría del ecosistema. Estos compuestos tienen su origen en la actividad industrial.

La (Norma técnica de edificación OS.090, 2016), en su acápite 4.3.2, indica que para la caracterización de las aguas residuales domésticas se deberá determinar como mínimo los siguientes parámetros:

- ✓ Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) 5 días y 20°C.
- ✓ Demanda química de oxígeno (DQO).
- ✓ Coliformes fecales y totales.
- ✓ Parásitos (principalmente nematodos intestinales).
- ✓ Sólidos totales y en suspensión incluidos el componente volátil.
- ✓ Nitrógeno amoniacal y orgánico.
- ✓ Sólidos sedimentables.

### **2.2.1.3 Tratamiento de las Aguas Residuales**

(Metcalf & Eddy, 1995), establece como niveles de tratamiento de las aguas residuales a la etapa de pretratamiento y tratamiento primario, ambas etapas hacen referencia a las operaciones físicas unitarias; la etapa de tratamiento secundario, el cual hace referencia a los procesos químicos o biológicos unitarios, y la etapa

de tratamiento terciario y/o avanzado, el cual hace referencia a las combinaciones de las tres etapas.

- ✓ **Pretratamiento:** En esta etapa de tratamiento se da la eliminación de los constituyentes de las aguas residuales, la sola presencia de estos constituyentes puede provocar problemas en el mantenimiento y funcionamiento de los demás procesos, operaciones y sistemas auxiliares.

Entre los componentes de operación en esta etapa podemos citar; el desbaste y dilaceración cuyo fin de instalación es eliminar los sólidos gruesos y trapos, la flotación cuyo fin de instalación es eliminar las grasas y aceites y el desarenado cuyo fin de instalación es eliminar la materia en suspensión gruesa que pueda causar obstrucciones en los equipos y un desgaste excesivo de los mismos.

- ✓ **Tratamiento Primario:** En esta etapa se da la eliminación de una parte de los sólidos suspendidos y de la materia orgánica presentes en el agua residual. Tanto la eliminación de los sólidos suspendidos como de la materia orgánica se da mediante las operaciones físicas de tamizado y sedimentación. Usualmente el efluente del tratamiento primario contiene una cantidad considerable de materia orgánica y una DBO (demanda bioquímica de oxígeno) alta.
- ✓ **Tratamiento Secundario:** Esta etapa de tratamiento se encuentra principalmente direccionado a la eliminación de los sólidos suspendidos y de los compuestos orgánicos biodegradables, usualmente se considera también una etapa de desinfección como parte del tratamiento secundario.

- ✓ **Tratamiento Terciario o Avanzado:** A esta etapa se le considera como el nivel de tratamiento necesario, más allá del tratamiento secundario, para poder eliminar los constituyentes de las aguas residuales, tales como los nutrientes, los compuestos tóxicos y los excesos de materia orgánica o sólidos en suspensión.

(Vásquez Gonzáles & Cesar Valdéz, 2003), divide al tratamiento de aguas residuales en tratamiento primario, secundario y terciario.

- ✓ **Tratamiento Primario:** El propósito del tratamiento primario es la remoción de los materiales sólidos del afluente a la planta. El despojo grande puede evacuarse a través de rejillas o bien reducir de tamaño a través de dispositivos de molienda o desbaste. La remoción de los sólidos inorgánicos se da a través de canales desarenadores, y buena parte de los sólidos suspendidos orgánicos se remueve por sedimentación.
- ✓ **Tratamiento Secundario:** Este tratamiento consiste en la conversión biológica de los compuestos orgánicos que se encuentran disueltos y coloidales en biomasa, la misma que pueden ser removidos por el proceso de sedimentación. El contacto entre los microorganismos y los compuestos orgánicos se logra suspendiendo la biomasa en el agua residual, o bien haciendo pasar el agua residual sobre una película de biomasa adherida a una superficie sólida.
- ✓ **Tratamiento Terciario:** Este tratamiento considera la remoción adicional de sólidos suspendidos y/o remoción de nutrientes. La remoción de sólidos puede llevarse a cabo mediante filtración, y los compuestos

de fósforo y nitrógeno pueden removerse mediante una combinación de procesos físicos, químicos y biológicos.

#### **2.2.1.4 Unidades de Tratamiento de Aguas Residuales**

(Ayala Fanola & Gonzales Marquez, 2008), considera las siguientes unidades durante el tratamiento de las aguas residuales:

##### **a) En el Tratamiento Preliminar:**

- ✓ Rejas
- ✓ Desarenador

##### **b) En el Tratamiento Primario:**

- ✓ Tanques Sépticos
- ✓ Tanques Imhoff

##### **c) En el Tratamiento Secundario:**

- ✓ Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (RAFA):
- ✓ Lagunas de Estabilización
- ✓ Lodo Activado Convencional
- ✓ Zanjas de oxidación
- ✓ Biodiscos
- ✓ Filtro Anaerobio
- ✓ Filtros Percoladores (Rociadores)
- ✓ Humedales

##### **d) En el Tratamiento Terciario:**

- ✓ Microcribado
- ✓ Coagulación-floculación
- ✓ Filtros rápidos
- ✓ Adsorción oxidación química
- ✓ Electrodialisis
- ✓ Intercambio iónico

- ✓ Precipitación química
- ✓ Nitrificación-desnitrificación
- ✓ Precipitación con cal

### **2.2.1.5 Diseño de Tanque Séptico y Tanque Imhoff**

**Tanque Séptico:** (Ayala Fanola & Gonzales Marquez, 2008), define al tanque séptico como un depósito que es de uno o más compartimientos, es impermeable, de escurrimiento continuo y de sección rectangular o de forma cilíndrica que recibe las excretas y aguas residuales que provienen de los inodoros, aguas grises de origen doméstico.

De acuerdo a la (Norma Técnica I.S.020 , 2016), los principios que han de orientar para el diseño de un tanque séptico se describen a continuación:

- ✓ Prever un tiempo de retención de las aguas servidas, en el tanque séptico, que sea suficiente para separar los sólidos y estabilizar los líquidos.
- ✓ Prever condiciones para estabilizar hidráulicamente los sólidos y lograr un proceso eficiente de sedimentación y flotación de los mismos.
- ✓ Asegurar que el tanque cuente con las dimensiones adecuadas para la acumulación de los lodos y espuma.
- ✓ Prevenir las obstrucciones y garantizar una adecuada ventilación de los gases.

Así mismo para el dimensionamiento del tanque séptico se tiene en cuenta la metodología de diseño indicada en la (Norma Técnica I.S.020 , 2016):

- ✓ Artículo 6°.- tiempo de retención.

- ✓ Artículo 7°.- volumen del tanque séptico (volumen de sedimentación y el volumen de digestión y almacenamiento de lodos).
- ✓ Artículo 9°.- materiales.
- ✓ Artículo 10°.- accesos.
- ✓ Artículo 11°.- dispositivo de entrada y salida del agua.
- ✓ Artículo 12°.- muro o tabique divisorio.
- ✓ Artículo 13°.- ventilación del tanque.
- ✓ Artículo 14°.- fondo del tanque séptico.

**Tanque Imhoff:** (Ayala Fanola & Gonzales Marquez, 2008), define al tanque imhoff como una unidad de dos niveles para el confinamiento de sedimentación, se usa como estanque de sedimentación y como cámara de digestión. El estanque de sedimentación se encuentra por encima de la cámara de digestión. El material que se sedimenta se desvía para que pueda deslizarse directamente hacia la cámara de digestión. El dispositivo de retención en la superficie de deslizamiento impide que el gas ascienda y altere el proceso de sedimentación. Los tanques Imhoff se construyen de formas cuadradas y circulares.

Para el dimensionamiento de tanque imhoff se tiene en consideración los criterios de la (Norma técnica de edificación OS.090, 2016):

- ✓ Acápites 5.4.2.2 - diseño de la zona de sedimentación.
- ✓ Acápites 5.4.2.3 - diseño del compartimiento de almacenamiento y digestión de lodos (zona de digestión).
- ✓ Acápites 5.4.2.4 - diseño de la superficie libre entre las paredes del digestor y las del sedimentador (zona de espumas).

- ✓ Acápito 5.4.2.5 – diseño de la remoción de lodos digeridos.

## 2.2.2. Normatividad

Las bases legales que regulan el recurso hídrico y el control y fiscalización del tratamiento de aguas residuales, a nivel nacional son:

- ✓ **La Constitución Política del Perú, p.20:** La Constitución Política del Perú de 1993, que su artículo 66 establece que: “Los Recursos naturales renovables y no renovables, son patrimonio de la nación, El Estado es soberano en su aprovechamiento”. Por ley orgánica se fijan las condiciones de su utilización y de su otorgamiento a sus particulares.
- ✓ **Ley de Recursos Hídricos: Ley N° 29338, pp.21 a 22:** Artículo 75°. Protección del agua; “La Autoridad Nacional, con opinión del Consejo de Cuenca, debe velar por la protección del agua, que incluye la conservación y protección de sus fuentes, de los ecosistemas y de los bienes naturales asociados a ésta en el marco de la Ley y demás normas aplicables.

Artículo 79°. Vertimiento de agua residual; “La Autoridad Nacional autoriza el vertido del agua residual tratada hacia un cuerpo natural de agua continental o marina, previamente se debe contar con la opinión técnica favorable de las Autoridades Ambiental y de Salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y Límites Máximos Permisibles (LMP).

- ✓ **La Ley del Ambiente: Ley 28611, pp.54 y 62:** Artículo 90.- “El Estado promueve y controla el aprovechamiento sostenible de las aguas continentales a través de la gestión integrada del recurso hídrico, previniendo la afectación de su calidad

ambiental y de las condiciones naturales de su entorno, como parte del ecosistema donde se encuentran, regula su asignación en función de objetivos sociales, ambientales, económicos, y promueve la inversión y participación del sector privado en el aprovechamiento del recurso.”

- ✓ **Ley General de Servicios de Saneamiento: Ley N. 26338, p.16:** La Ley N 26338 “Ley de Servicios de Saneamiento” en su artículo 10 se establecen los sistemas que integran los servicios de saneamiento son: a) Servicios de agua potable, que incluyen a los sistemas de producción (captación, almacenamiento, conducción de agua cruda y tratamiento). b) Alcantarillado sanitario y pluvial, que incluye al sistema de recolección y tratamiento y disposición de las aguas servida. c) Disposición sanitaria de excretas: sistemas de letrinas y fosas sépticas.
  
- ✓ **Decreto Supremo Nº 003-2010-MINAM: Límite Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas o Municipales, p.12:** Artículo 1.- Aprobación de Límite Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas o Municipales (PTAR). Aprobar los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, los que en anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo y que son aplicables en el ámbito nacional.
  
- ✓ **Norma Técnica OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones, “Planta de Tratamiento de Aguas Residuales”:** La presente norma está relacionada con las instalaciones que requiere una planta de tratamiento de aguas residuales municipales y los procesos que deben experimentar las aguas residuales antes de su descarga al cuerpo receptor o a su reutilización.

- ✓ **Norma Técnica I.S.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones, “Tanques Sépticos”:** La presente norma establece los criterios generales de diseño, construcción y operación de un tanque séptico, como una alternativa para el tratamiento de aguas residuales.

### 2.3. Definición de Términos

**Aguas Residuales:** Son aguas que tienen su origen en los domicilios, centros comerciales e instituciones, éstas aguas contienen desechos ya sean fisiológicos y otros que proviene de la actividad humana. (Norma técnica de edificación OS.090, 2016)

**Aguas Grises:** Las aguas grises o aguas usadas son de origen doméstico, provienen del lavado de utensilios y de ropa así como del baño de las personas. Se pueden reutilizar directamente en el inodoro, para ahorrar agua. (Norma técnica de edificación OS.090, 2016)

**Aguas Negras:** Las aguas negras son los fluidos que provienen de vertidos cloacales, de instalaciones de saneamiento; son líquidos que contienen materia orgánica, fecal y orina, que circulan por el alcantarillado. (Norma técnica de edificación OS.090, 2016)

**Afluente:** Aguas negras o parcialmente tratado, que entra a un depósito, estanque. (Norma técnica de edificación OS.090, 2016)

**Aceites y Grasas:** Estos componentes presentes en las aguas residuales es determinada mediante la extracción previa con un apropiado disolvente, para luego evaporar el disolvente y obtener el residuo mediante el respectivo pesaje. (Norma técnica de edificación OS.090, 2016)

**Coliformes Totales:** Los coliformes totales son aquellas bacterias aerobias y anaerobias facultativas, G (-) no formadoras de esporas, con forma de bacilos, que fermentan la lactosa con producción de gas dentro de las 48 horas a la temperatura de 35°C. (Norma técnica de edificación OS.090, 2016)

**Coliformes Fecales:** Son aquellos coliformes de origen fecal, y están incluidos aquellos microorganismos que tienen la propiedad de fermentar la lactosa a la temperatura de 44.5°C. (Norma técnica de edificación OS.090, 2016)

**Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 Días (DBO5):** Para oxidar biológicamente la materia orgánica de las aguas residuales es necesario determinar la cantidad de oxígeno disuelto (mg O<sub>2</sub>/l) durante los cinco días del ensayo, durante este ensayo se consume aproximadamente el 70 % de las sustancias biodegradables. (Norma técnica de edificación OS.090, 2016)

**Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Para oxidar los componentes del agua residual es necesario determinar la cantidad de oxígeno (mg O<sub>2</sub>/l), para ello es necesario recurrir a reacciones químicas. (Norma técnica de edificación OS.090, 2016)

**Efluente:** Agua de salida de un depósito o termina una etapa o el total de un proceso de tratamiento. (Norma técnica de edificación OS.090, 2016)

**Materia Orgánica:** Son sólidos que proviene del reino animal y vegetal, así como también de la actividad humana que tienen relación con las síntesis de compuestos orgánicos. (Norma técnica de edificación OS.090, 2016)

**Materia Inorgánica:** Son varios los componentes inorgánicos de las aguas residuales y naturales que tienen importancia para la determinación y control de la calidad del agua. (Norma técnica de edificación OS.090, 2016)

**Sólidos Totales:** Es el contenido de los sólidos totales como la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación con una temperatura entre 103 a 105 °C. No se define como sólida aquella materia que se pierde durante la evaporación debido a su alta presión de vapor. (Norma técnica de edificación OS.090, 2016)

**Sólidos en Suspensión:** Sólidos que no pasan a través de una membrana filtrante de un tamaño determinado (0,45 micras). Dentro de los sólidos en suspensión se encuentran los sólidos sedimentables, que decantan por su

propio peso y los no sedimentables. (Norma técnica de edificación OS.090, 2016)

**Tanque Séptico:** Es un tanque de sedimentación de acción simple, en el que los lodos sedimentados están en contacto inmediato con las aguas negras que entran al tanque, mientras los sólidos orgánicos se descomponen por acción bacteriana anaerobia. (Norma técnica de edificación OS.090, 2016)

**Tanque Imhoff:** Es una unidad de tratamiento primario cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos. (Norma técnica de edificación OS.090, 2016)

**Tratamiento de Aguas Residuales:** El Tratamiento de Aguas residuales son procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos que se encuentran en el agua efluente del uso humano. (Norma técnica de edificación OS.090, 2016)

**Tratamiento Primario:** Es un proceso fisicoquímico, que incluye la sedimentación de los sólidos en suspensión, u otros procesos en los que la DBO5 de las aguas que entren se reduzca, por lo menos, en un 20% antes del vertido, y el total de sólidos en suspensión en las aguas residuales de entrada se reduzca, por lo menos, en un 50%. (Norma técnica de edificación OS.090, 2016)

**Tratamiento Secundario:** El tratamiento de las aguas residuales urbanas mediante un proceso que incluya un tratamiento biológico con sedimentación secundaria. (Norma técnica de edificación OS.090, 2016)

**Tratamiento Terciario:** Tratamiento adicional al secundario. (Norma técnica de edificación OS.090, 2016)

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis General**

Del comparativo del tratamiento primario de aguas residuales entre el tanque baffled y el tanque imhoff, el primer sistema es más eficiente que el segundo.

### **2.4.2. Hipótesis Específicos**

Las características fisicoquímicas de las aguas residuales afluentes del tanque baffled es similar en comparación con el del tanque imhoff.

Las características fisicoquímicas de las aguas residuales efluentes del tanque baffled es inferior en comparación con el del tanque imhoff.

Los parámetros de diseño del tanque baffled es similar en comparación con el del tanque imhoff.

## **2.5. Variables**

### **2.5.1. Definición Conceptual de la Variable**

Se considera variable a aquella que presenta una característica, cualidad o propiedad sobre un fenómeno o hecho que tiende a variar y que puede ser medido y/o evaluado.

X = Aguas Residuales (Calidad).

Y = Tratamiento Primario de Aguas Residuales (Con Tanque baffled y Tanque Imhoff).

### **2.5.2. Definición Operacional de la Variable**

Para la investigación se ha considerado las siguientes variables:

**Tabla 1 – Variables de Investigación.**

<b>Variable Independiente</b>	<b>Variable Dependiente</b>
Aguas Residuales (Calidad).	Tratamiento Primario de Aguas Residuales (Con Tanque baffled y Tanque Imhoff)

Fuente: Elaboración propia.

## 2.6 Operacionalización De Las Variables

**Tabla 2 – Operacionalización de la Variable.**

<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>FUENTE</b>
<b>Aguas Residuales (Calidad)</b>	Estándares de calidad de agua.	Informe de evaluación de agua.		de Insitu
	Límites máximos permisibles para PTAR.	Ficha de evaluación.		de Insitu
<b>Tratamiento Primario de Aguas Residuales (Con tanque Baffled y Tanque Imhoff)</b>	Volumen de agua ingreso y salida.	Fichas de observación (puntos de monitoreo).		de Insitu
	Componentes del sistema (Diseño)	Número de componentes.	Ficha de observación.	de Insitu
	Tanque baffled.	Dimensión del tanque y componentes.		de Insitu
	Tiempo de tratamiento del afluente.	Tiempo (Días/horas).	Ficha de observación.	de Insitu
<b>Tanque imhoff.</b>	Componentes del sistema (Diseño)	Número de componentes.	Ficha de observación.	de Insitu
	Dimensión del tanque y componentes.			de Insitu
	Tiempo de tratamiento del afluente.	Tiempo (Días/horas).	Ficha de observación.	de Insitu

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método de Investigación**

En la investigación se usó el método científico como método general, el cual reside en una serie de etapas que se debe recorrer con el fin de alcanzar un conocimiento válido desde una perspectiva científica, haciendo uso de instrumentos que resulten fiables.

Como método específico se utilizó el método Analítico, puesto que la investigación se basó en la lógica de los acontecimientos que exponen la realidad actual de la planta de tratamiento de aguas residuales con tanque baffled en comparación con el tanque imhoff.

#### **3.2. Tipo de Investigación**

La investigación que se realizó fue del tipo aplicada, ya que la investigación tiene como finalidad la resolución de problemas prácticos.

Para (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2010), la investigación del tipo aplicada tiene como objetivo el de resolver problemas prácticos, con un margen de generalización limitado. De este modo genera pocos aportes al conocimiento científico desde un punto de vista teórico.

#### **3.3. Nivel de Investigación**

La investigación que se realizó alcanzó el nivel comparativo, ya que con este nivel de investigación se describe similitudes y disimilitudes, compara objetos que pertenecen al mismo género, se basa en el criterio de homogeneidad y por ende se diferencia de la mera comparación.

#### **3.4. Diseño de Investigación**

El diseño de investigación fue el no experimental, puesto que la investigación se basó en la observación de los hechos en pleno

acontecimiento, ello implica no alterar en lo más mínimo ni el entorno ni el fenómeno estudiado.

Para (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2010), la Investigación no experimental son estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos.

### **3.5. Población y Muestra**

#### **3.5.1. Población**

La población lo conformaron las aguas residuales producidos por la población de las Localidades de Maco y de Pacchac, del Distrito de Tapo en la Provincia de Tarma en el Departamento de Junín.

#### **3.5.2. Muestra**

La muestra para la investigación fue seleccionada por muestreo de tipo intencionado no probabilístico, la muestra definida fue: el volumen de 1.0 lt de agua residual afluyente (ingreso) y efluente (salida) obtenida del tanque baffled y del tanque imhoff, pertenecientes a las plantas de tratamiento de aguas residuales de las Localidades de Maco y Pacchac del Distrito de Tapo en la Provincia de Tarma, Departamento de Junín, respectivamente.

### **3.6. Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos**

#### **3.6.1. Técnicas**

**La Observación:** Esta técnica consistió en visitar los lugares donde se encuentran las plantas de tratamiento de aguas residuales las cuales cuentan con el tanque baffled y tanque imhoff, del cual se hizo el reconocimiento visual de dichos componentes, del estado actual y otros.

**Muestreo y Evaluación de las Aguas Residuales:** Se realizó la toma de muestra del agua residual afluyente (ingreso) y efluente (a la salida) para cada tipo de componente (tanque baffled y tanque imhoff), para luego ser llevadas al laboratorio para su respectivo análisis fisicoquímico, y evaluar el nivel de calidad de agua en el tratamiento primario en comparación entre ambas unidades de tratamiento primario (tanque baffled y tanque imhoff).

**Medición Física de la Infraestructura:** Con la ayuda de una wincha métrica y otros se realizó la medición de los componentes, diseño y proceso constructivo de la infraestructura de la planta de tratamiento de aguas residuales, para ello se hará uso de la norma OS-090 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) para obras de saneamiento y PTAR.

### **3.6.2. Instrumentos**

**Ficha de Observación:** Este instrumento sirvió para la recopilación de los datos de observación y medición de la infraestructura física y para alguna otra información de campo.

**Programa Autocad Civil 3D:** Después de realizado la medición de la infraestructura de la planta de tratamiento de aguas residuales, se plasmara los datos en el programa de autocad civil 3d.

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

### **3.7. Procedimiento de la Información**

Para el caso del comparativo de los sistemas de tanque baffled y tanque imhoff en el tratamiento primario de aguas residuales, se trabajó cuadros y figuras estadísticas. Las figuras y cuadros sirvieron para presentar en forma ordenada el análisis de las variables. Se usó la hoja de cálculo Excel, Autocad Civil 3D, dichos programas permitieron procesar datos obtenidos con los instrumentos de recolección, de modo que la información resultante

nos explique el comportamiento de las variables en la ocurrencia del problema.

### **3.8. Técnicas y Análisis de Datos**

Una vez obtenidos los datos documentales y de campo, se procedió al procesamiento de los mismos con la finalidad de obtener la eficiencia sistemas de tanque baffled y tanque imhoff en el tratamiento primario de aguas residuales respetando los parámetros y normas del RNE (IS.020 “Tanques Sépticos”, OS.070 “Redes de aguas residuales”, y OS.090 “Plantas de tratamiento de aguas residuales”), ANA, SUNASS y MINAM.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Presentación de Resultados Específicos

##### A) Características Físicoquímicas de las Aguas Residuales Afluentes del Tanque Baffled y del Tanque Imhoff

**Aguas Residuales Afluentes del Tanque Baffled de la Planta de Tratamiento de la Localidad de Maco:** Acorde con el primer objetivo específico de este trabajo de investigación se presenta los resultados del análisis de laboratorio físicoquímico efectuado al afluente de las aguas residuales tratadas en el tanque baffled de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Localidad de Maco, estos resultados son presentados en la siguiente tabla (Ver Anexo N°02).

**Tabla 3 – Valores Representativos del Análisis de Laboratorio Físicoquímico del Afluente del Tanque Baffled.**

PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA 01
DBO <sub>5</sub>	mg/lt	610.00
DQO	mg/lt	732.00
Aceites y Grasas	mg/lt	92.00
Densidad de Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 ml	558.00
Densidad de Bacterias Coliformes Fecales	UFC/100 ml	425.00
Temperatura	°C	16.00

Fuente: Laboratorio – Asesoría y Consultoría “Andy”.

**Aguas Residuales Afluentes del Tanque Imhoff de la Planta de Tratamiento de la Localidad de Pacchac:** Acorde con el primer objetivo específico de este trabajo de investigación se presenta los resultados del análisis de laboratorio físicoquímico efectuado al afluente de las aguas residuales tratadas en el tanque imhoff de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Localidad de

Pacchac, estos resultados son presentados en la siguiente tabla (Ver Anexo N°02).

**Tabla 4 – Valores Representativos del Análisis de Laboratorio Físicoquímico del Afluente del Tanque Imhoff.**

PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA 01
DBO <sub>5</sub>	mg/lit	560.00
DQO	mg/lit	640.00
Aceites y Grasas	mg/lit	85.00
Densidad de Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 ml	530.00
Densidad de Bacterias Coliformes Fecales	UFC/100 ml	370.00
Temperatura	°C	16.00

Fuente: Laboratorio – Asesoría y Consultoría “Andy”.

**Tabla 5 – Comparativo de Parámetros Físicoquímicos de los Afluentes del Tanque Baffled y del Tanque Imhoff.**

PARAMETROS FÍSICOQUÍMICOS	UNIDAD	TANQUE BAFFLED	TANQUE IMHOFF
DBO <sub>5</sub>	mg/lit	610.00	560.00
DQO	mg/lit	732.00	640.00
Aceites y Grasas	mg/lit	92.00	85.00
Densidad de Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 ml	558.00	530.00
Densidad de Bacterias Coliformes Fecales	UFC/100 ml	425.00	370.00
Temperatura	°C	16.00	16.00

Fuente: Elaboración Propia.

De los resultados mostrados, podemos mencionar que en la determinación de las características físicoquímicas de las aguas residuales afluentes del tanque baffled y del tanque imhoff, el grado de contaminación de los parámetros como son demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, aceites y grasas, densidad de bacterias coliformes totales y densidad de bacterias coliformes

fecales es inferior en las aguas residuales afluentes del tanque imhoff en comparación con las del tanque baffled.

## **B) Características Físicoquímicas de las Aguas Residuales Efluentes del Tanque Baffled y del Tanque Imhoff**

**Aguas Residuales Efluentes del Tanque Baffled de la Planta de Tratamiento de la Localidad de Maco:** Acorde con el segundo objetivo específico de este trabajo de investigación se presenta los resultados del análisis de laboratorio físicoquímico efectuado al efluente de las aguas residuales tratadas en el tanque baffled de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Localidad de Maco, estos resultados son presentados en la siguiente tabla (Ver Anexo N°03).

**Tabla 6 – Valores Representativos del Análisis de Laboratorio Físicoquímico del Efluente del Tanque Baffled.**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>MUESTRA 01</b>
DBO <sub>5</sub>	mg/lt	390.00
DQO	mg/lt	456.00
Aceites y Grasas	mg/lt	67.00
Densidad de Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 ml	320.00
Densidad de Bacterias Coliformes Fecales	UFC/100 ml	287.00
Temperatura	°C	16.50

**Fuente: Laboratorio – Asesoría y Consultoría “Andy”.**

**Aguas Residuales Efluentes del Tanque Imhoff de la Planta de Tratamiento de la Localidad de Pacchac:** Acorde con el segundo objetivo específico de este trabajo de investigación se presenta los resultados del análisis de laboratorio físicoquímico efectuado al efluente de las aguas residuales tratadas en el tanque imhoff de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Localidad de

Pacchac, estos resultados son presentados en la siguiente tabla (Ver Anexo N°03).

**Tabla 7 – Valores Representativos del Análisis de Laboratorio Físicoquímico del Efluente del Tanque Imhoff.**

PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA 01
DBO <sub>5</sub>	mg/lit	280.00
DQO	mg/lit	370.00
Aceites y Grasas	mg/lit	40.00
Densidad de Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 ml	310.00
Densidad de Bacterias Coliformes Fecales	UFC/100 ml	236.00
Temperatura	°C	16.00

Fuente: Laboratorio – Asesoría y Consultoría “Andy”.

**Tabla 8 – Comparativo de Parámetros Físicoquímicos de los Efluentes del Tanque Baffled y del Tanque Imhoff.**

PARAMETROS FÍSICOQUÍMICOS	UNIDAD	TANQUE BAFFLED	TANQUE IMHOFF
DBO <sub>5</sub>	mg/lit	390.00	280.00
DQO	mg/lit	456.00	370.00
Aceites y Grasas	mg/lit	67.00	40.00
Densidad de Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 ml	320.00	310.00
Densidad de Bacterias Coliformes Fecales	UFC/100 ml	287.00	236.00
Temperatura	°C	16.50	16.00

Fuente: Elaboración Propia.

De los resultados mostrados, podemos mencionar que en la determinación de las características físicoquímicas de las aguas residuales efluentes del tanque baffled y del tanque imhoff, el grado de contaminación de los parámetros como son demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, aceites y grasas, densidad de bacterias coliformes totales y densidad de bacterias coliformes

fecales es inferior en las aguas residuales efluentes del tanque imhoff en comparación con las del tanque baffled.

### C) **Parámetros de Diseño en el Dimensionamiento Hidráulico del Tanque Baffled y del Tanque Imhoff**

**Diseño del Tanque Baffled:** Acorde con el tercer objetivo específico de este trabajo de investigación, se realizó la descripción de los parámetros técnicos que se utilizan para el diseño del tanque baffled en la planta de tratamiento de aguas residuales de la Localidad de Maco, de los cuales se describe continuación:

- **Periodo de Diseño:** Es el periodo de tiempo en el cual la capacidad de servicio del sistema de tratamiento de aguas residuales cubre la demanda proyectada minimizando el valor actual de costos de inversión, operación y mantenimiento durante el periodo de análisis del proyecto. De acuerdo a la norma OS.090 “Planta de Tratamiento de Aguas Residuales” en su acápite 4.3.9. se indica que para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales se considerará un horizonte de diseño (período de diseño) entre 20 y 30 años, para lo cual para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Localidad de Maco se ha considerado 20 años como periodo de diseño (Ver Anexo N° 04).
- **Población de Diseño:** La población de diseño viene a ser la población futura servida, la misma que es calculada para determinar la proyección demográfica durante el periodo de diseño (20 años), el método de interés compuesto es la que se utilizó en el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales la Localidad de Maco, para el cual se usó la siguiente la fórmula (Ver Anexo N° 04):

$$P_f = P_o * (1 + r)^n$$

Donde:

$P_f$  = Población Futura (Habitantes)  
 $P_o$  = Población Actual (731 Habitantes)  
 $r$  = Tasa de Crecimiento (0.51%)  
 $n$  = Periodo en Años (Entre  $P_f$  y  $P_o$ )

En la tabla que se muestra a continuación se muestra el cálculo de la población de diseño durante el periodo de diseño (20 años):

**Tabla 9 – Calculo de la Población de Diseño de la Localidad de Maco.**

Año		Población Total	Año		Población Total
0	2016	731	11	2027	773
01	2017	735	12	2028	778
02	2018	739	13	2029	782
03	2019	742	14	2030	785
04	2020	747	15	2031	789
05	2021	750	16	2032	793
06	2022	754	17	2033	798
07	2023	758	18	2034	802
08	2024	762	19	2035	806
09	2025	766	20	2036	810
10	2026	769			

**Fuente: Expediente Técnico: “Mejoramiento del Servicio de Agua Potable e Instalación del Servicio de Desagüe en el Centro Poblado de Maco, Distrito de Tapo – Tarma – Junín”.**

- **Caudal de Diseño:** Hace referencia al caudal en el periodo de diseño (20 años), la misma que se estima para la población de diseño. Para el diseño la planta de tratamiento de aguas residuales del Centro Poblado de Maco se realizó la sumatoria del caudal de diseño doméstico (viviendas), caudal de diseño estatal (instituciones educativas) y caudal de diseño social (instituciones públicas) haciendo uso la siguiente formula (Ver Anexo N° 04):

$$Q_d = \frac{P_d * D * C}{86,400.00}$$

Donde:

$Q_d$  = Caudal de Diseño (Lts/seg)

$P_d$  = Población de Diseño (Habitantes)

D = Dotación Per Cápita (100 Lts/Hab/Día)

C = Coeficiente de Transformación (0.80 - Adimensional)

En la tabla que se muestra a continuación se muestra el cálculo del caudal de diseño durante el periodo de diseño (20 años):

**Tabla 10 – Calculo del Caudal de Diseño la Localidad de Maco.**

Año	Población Total	Demanda de Desagüe			
		Lts/día	Lts/seg	M3/año	
0	2016	731	0.00	0.00	0.00
01	2017	735	63,175	0.73	23,059
02	2018	739	63,836	0.74	23,300
03	2019	742	64,166	0.74	23,421
04	2020	747	64,497	0.75	23,541
05	2021	750	64,827	0.75	23,662
06	2022	754	65,158	0.75	23,783
07	2023	758	65,158	0.75	23,783
08	2024	762	65,488	0.76	23,903
09	2025	766	65,819	0.76	24,024
10	2026	769	66,150	0.77	24,145
11	2027	773	66,480	0.77	24,265
12	2028	778	66,811	0.77	24,386
13	2029	782	67,141	0.78	24,507
14	2030	785	67,472	0.78	24,627
15	2031	789	67,802	0.78	24,748
16	2032	793	68,133	0.79	24,869
17	2033	798	68,463	0.79	24,989
18	2034	802	68,794	0.80	25,110
19	2035	806	69,125	0.80	25,230
20	2036	810	69,455	0.80	25,351

Fuente: Expediente Técnico: “Mejoramiento del Servicio de Agua Potable e Instalación del Servicio de Desagüe en el Centro Poblado de Maco, Distrito de Tapo – Tarma – Junín”.

- **Dimensionamiento Hidráulico:** Para el dimensionamiento hidráulico de la capacidad del tanque baffled, se estima en función al caudal máximo horario en el que se realiza el diseño.

Para los efectos de las variaciones de consumo se considera según las normas de RNE OS.070 se consideró los siguientes coeficientes de variación de consumo para el cálculo de caudales característicos.

- ❖ Coeficiente de consumo máximo diaria:  $K_1 = 1.30$
- ❖ Coeficiente de consumo máximo horario:  $K_2 = 1.80 - 2.50$

**Caudal Máximo Diario:**

$$Q_{\text{máximo diario}} = K_1 * Q_m$$

$$Q_{\text{máximo diario}} = 1.30 * 0.80 \text{ lts/seg.}$$

$$Q_{\text{máximo diario}} = 1.04 \text{ lts/seg.}$$

**Caudal Máximo Horario:**

$$Q_{\text{máximo horario}} = K_2 * Q_m$$

$$Q_{\text{máximo horario}} = 1.80 * 0.80 \text{ lts/seg.}$$

$$Q_{\text{máximo horario}} = 1.44 \text{ lts/seg.}$$

El dimensionamiento hidráulico del tanque baffled se detalla en el anexo correspondiente (Ver Anexo 05), de los cuales en la tabla siguiente se muestra el resultado:

**Tabla 11 – Dimensionamiento Hidráulico del Tanque baffled la Localidad de Maco.**

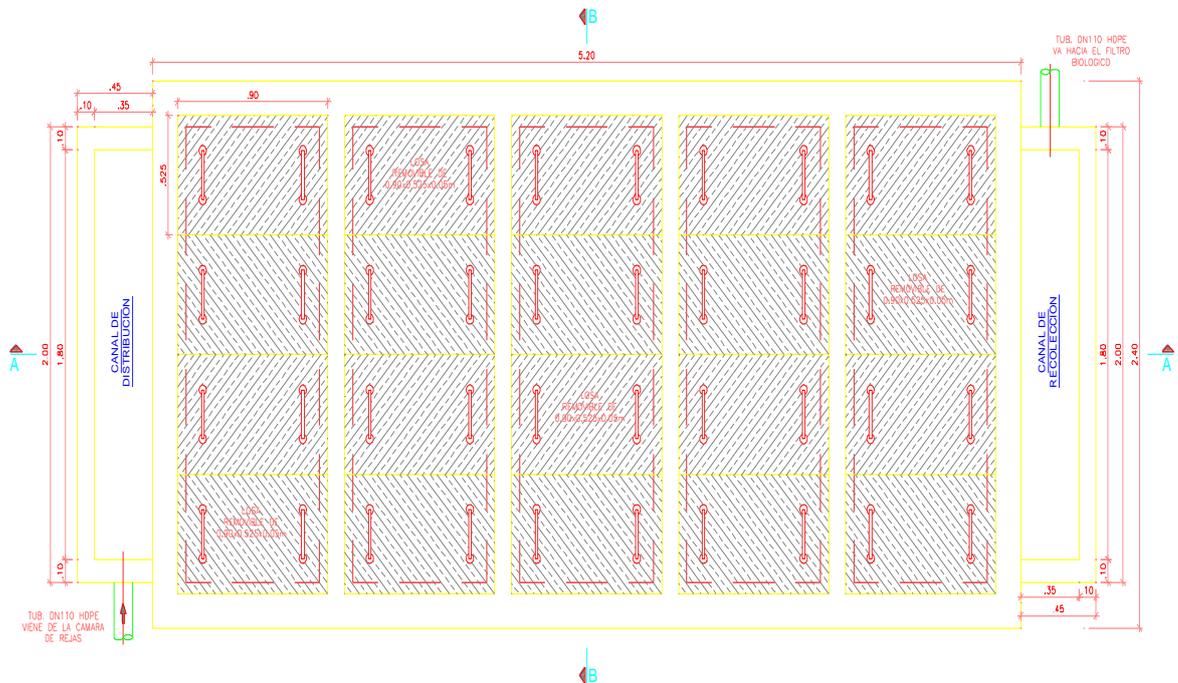
RESULTADO	VALORES	UNIDAD
Número de unidades	1.0	und
Numero de cámaras	5.0	und
Velocidad de ascenso (caudal máximo)	1.50	m/h
Altura de agua a la salida	1.60	m
Área de C/cámara	1.60	m <sup>2</sup>
Longitud de cámara (<mitad de la altura)	0.80	m
Longitud seleccionada	0.75	m
Long. adicional por tuberías ingr.	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	m <sup>3</sup>
Área total	8.00	m <sup>2</sup>
Tiempo de retención hidráulico Qp	8.08	horas

**Fuente: Expediente Técnico: “Mejoramiento del Servicio de Agua Potable e Instalación del Servicio de Desagüe en el Centro Poblado de Maco, Distrito de Tapo – Tarma – Junín”.**

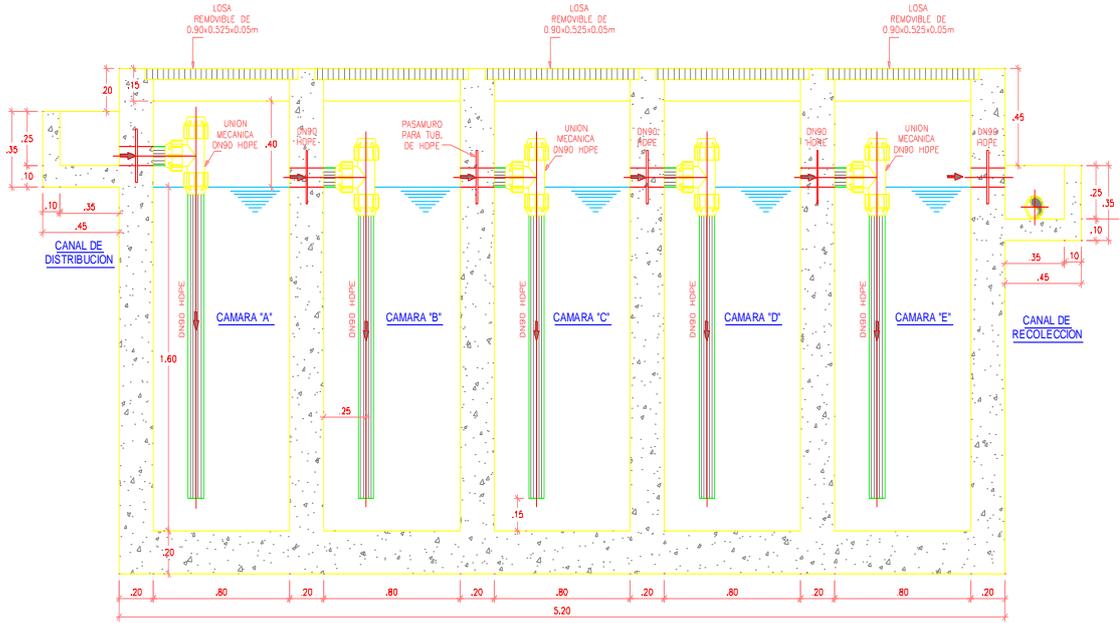
El dimensionamiento hidráulico del tanque baffled se puede apreciar en las siguientes figuras:

**Figura 4- Planta del Tanque Baffled.**



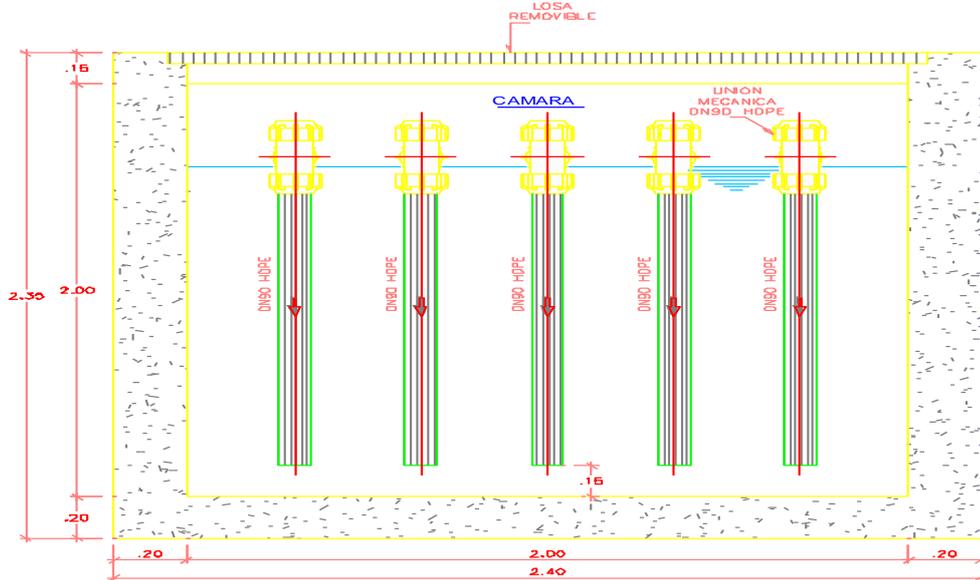
**Fuente: Expediente Técnico: “Mejoramiento del Servicio de Agua Potable e Instalación del Servicio de Desagüe en el Centro Poblado de Maco, Distrito de Tapo – Tarma – Junín”.**

**Figura 5- Corte A-A del Tanque baffled.**



Fuente: Expediente Técnico: “Mejoramiento del Servicio de Agua Potable e Instalación del Servicio de Desagüe en el Centro Poblado de Maco, Distrito de Tapo – Tarma – Junín”.

**Figura 6- Corte B-B del Tanque baffled.**



Fuente: Expediente Técnico: “Mejoramiento del Servicio de Agua Potable e Instalación del Servicio de Desagüe en el Centro Poblado de Maco, Distrito de Tapo – Tarma – Junín”.

➤ **Dimensionamiento Estructural:** Para el presente sustento estructural se utilizaron diversas normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), las cuales se indican a continuación:

- ❖ Norma E.020 Cargas
- ❖ Norma E.030 Diseño sismorresistente
- ❖ Norma E.050 Suelos y cimentaciones
- ❖ Norma E.060 Concreto armado

Para los efectos del dimensionamiento estructural se utilizó las siguientes propiedades:

#### **Concreto**

- ❖ Resistencia a la compresión :  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- ❖ Peso específico :  $2400 \text{ kg/m}^3$

#### **Acero**

- ❖ Acero de refuerzo grado 60 :  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- ❖ Peso específico :  $7850 \text{ kg/m}^3$

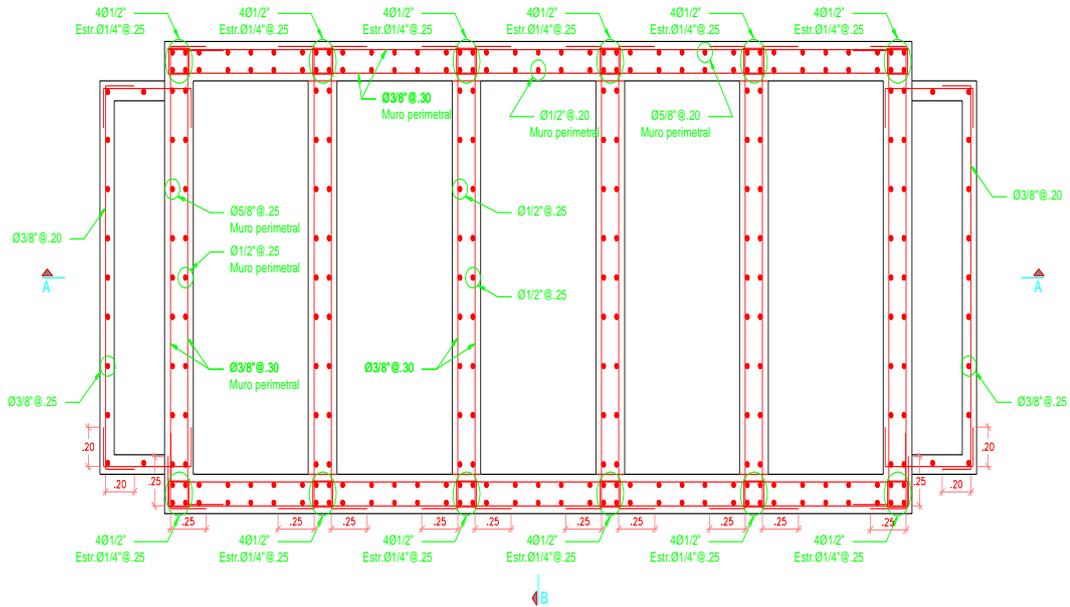
El dimensionamiento estructural del tanque baffled se detalla en el anexo correspondiente (Ver Anexo 05), de los cuales en la tabla siguiente se muestra el resultado:

**Tabla 12 – Dimensionamiento Estructural del Tanque Baffled de la Localidad de Maco.**

<b>RESULTADO</b>	<b>ACERO</b>	<b>DISTRIBUCIÓN</b>
Muros Perimetrales	1/2" - interior	@0.25m
	5/8" - exterior	@0.25m
Muros Centrales	1/2" - doble malla	@0.25m
Losa Fondo	3/8" - doble malla	@0.15m

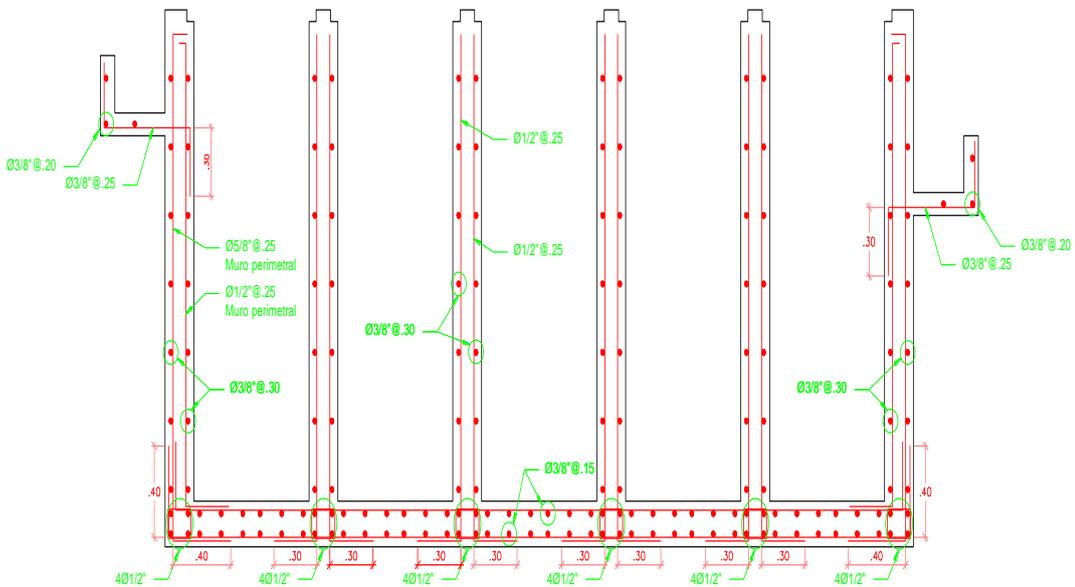
**Fuente: Expediente Técnico: “Mejoramiento del Servicio de Agua Potable e Instalación del Servicio de Desagüe en el Centro Poblado de Maco, Distrito de Tapo – Tarma – Junín”.**

**Figura 7- Distribución de Acero en Planta del Tanque baffled.**



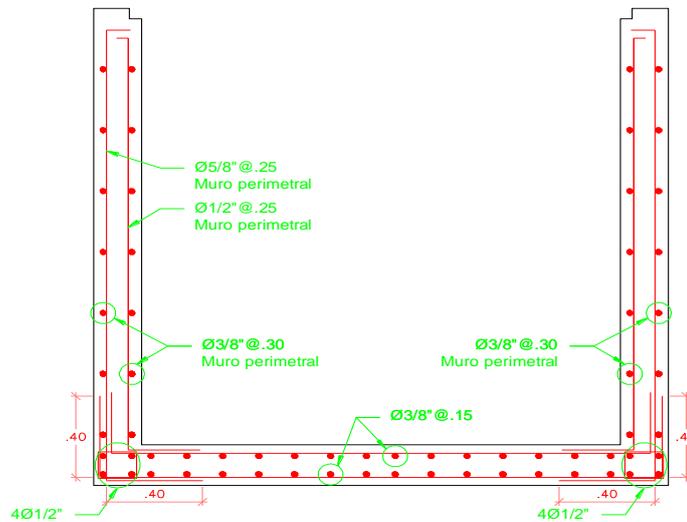
**Fuente: Expediente Técnico: “Mejoramiento del Servicio de Agua Potable e Instalación del Servicio de Desagüe en el Centro Poblado de Maco, Distrito de Tapo – Tarma – Junín”.**

**Figura 8- Distribución de Acero en Corte A-A del Tanque baffled.**



**Fuente: Expediente Técnico: “Mejoramiento del Servicio de Agua Potable e Instalación del Servicio de Desagüe en el Centro Poblado de Maco, Distrito de Tapo – Tarma – Junín”.**

**Figura 9- Distribución de Acero en Corte B-B del Tanque baffled.**



**Fuente:** Expediente Técnico: “Mejoramiento del Servicio de Agua Potable e Instalación del Servicio de Desagüe en el Centro Poblado de Maco, Distrito de Tapo – Tarma – Junín”.

**Diseño del Tanque Imhoff:** Acorde con el tercer objetivo específico de este trabajo de investigación, se realizó la descripción de los parámetros técnicos que se utilizan para el diseño del tanque imhoff en la planta de tratamiento de aguas residuales de la Localidad de Pacchac, de los cuales se describe el a continuación:

- **Periodo de Diseño:** De acuerdo a la norma OS.090 “Planta de Tratamiento de Aguas Residuales” en su acápite 4.3.9. se indica que para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales se considerará un horizonte de diseño (período de diseño) entre 20 y 30 años, para lo cual para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Localidad de Pacchac se ha considerado 20 años como periodo de diseño (Ver Anexo N° 06).
- **Población de Diseño:** La población de diseño corresponde a la población futura servida, la misma que se calcula para determinar la proyección demográfica durante el periodo de diseño (20 años), el método de interés compuesto es la que se utilizó en el diseño de

la planta de tratamiento de aguas residuales de la Localidad de Pacchac, para el cual se usó la siguiente la fórmula (Ver Anexo N° 06):

$$P_f = P_o * (1 + r)^n$$

Donde:

$P_f$  = Población Futura (Habitantes)

$P_o$  = Población Actual (700 Habitantes)

$r$  = Tasa de Crecimiento (0.51%)

$n$  = Periodo en Años (Entre  $P_f$  y  $P_o$ )

En la tabla que se muestra a continuación se muestra el cálculo de la población de diseño durante el periodo de diseño (20 años):

**Tabla 13 – Calculo de la Población de Diseño de la Localidad de Pacchac.**

Año		Población Total	Año		Población Total
0	2016	700	11	2027	740
01	2017	704	12	2028	744
02	2018	707	13	2029	748
03	2019	711	14	2030	752
04	2020	714	15	2031	756
05	2021	718	16	2032	759
06	2022	722	17	2033	763
07	2023	725	18	2034	767
08	2024	729	19	2035	771
09	2025	733	20	2036	775
10	2026	737			

**Fuente: Expediente Técnico: “Mejoramiento del Servicio de Agua Potable e Instalación del Servicio de Saneamiento del Centro Poblado de Pacchac, Distrito de Tapo, Provincia de Tarma, Región de Junín”.**

- **Caudal de Diseño:** Se refiere al caudal en el periodo de diseño (20 años), la misma que se estima para la población de diseño. Para el diseño la planta de tratamiento de aguas residuales de la Localidad de Pacchac se realizó la sumatoria del caudal de diseño doméstico

(viviendas) y del caudal de diseño estatal (instituciones educativas), haciendo uso la siguiente formula (Ver Anexo N° 06):

$$Q_d = \frac{P_d * D * C}{86,400.00}$$

Donde:

$Q_d$  = Caudal de Diseño (Lts/seg)

$P_d$  = Población de Diseño (Habitantes)

D = Dotación Per Cápita (100 Lts/Hab/Día)

C = Coeficiente de Transformación (0.80 - Adimensional)

En la tabla que se muestra a continuación se muestra el cálculo del caudal de diseño durante el periodo de diseño (20 años):

**Tabla 14 – Calculo del Caudal de Diseño de la Localidad de Pacchac.**

Año	Población Total	Demanda de Desagüe			
		Lts/día	Lts/seg	M3/año	
0	2016	700	0.00	0.00	0.00
01	2017	704	56,280	0.65	20,542.20
02	2018	707	56,602	0.66	20,660.58
03	2019	711	56,923	0.66	20,777.97
04	2020	714	57,245	0.66	20,894.35
05	2021	718	57,566	0.67	21,012.74
06	2022	722	57,888	0.67	21,129.12
07	2023	725	57,888	0.67	21,129.12
08	2024	729	58,210	0.67	21,247.50
09	2025	733	58,531	0.68	21,364.89
10	2026	737	58,853	0.68	21,481.27
11	2027	740	59,174	0.68	21,599.66
12	2028	744	59,496	0.69	21,716.04
13	2029	748	59,818	0.69	21,833.42
14	2030	752	60,139	0.70	21,951.81
15	2031	756	60,461	0.70	22,068.19
16	2032	759	60,782	0.70	22,186.58
17	2033	763	61,104	0.71	22,303.96
18	2034	767	61,426	0.71	22,420.34
19	2035	771	61,747	0.71	22,538.73

20	2036	775	62,069	0.72	22,655.11
----	------	-----	--------	------	-----------

**Fuente: Expediente Técnico: “Mejoramiento del Servicio de Agua Potable e Instalación del Servicio de Saneamiento del Centro Poblado de Pacchac, Distrito de Tapo, Provincia de Tarma, Región de Junín”.**

- **Dimensionamiento Hidráulico:** Para el dimensionamiento de la capacidad del tanque imhoff, se estima en función al caudal máximo horario en el que se realiza el diseño.

Para los efectos de las variaciones de consumo se considera según las normas de RNE OS.070 se consideró los siguientes coeficientes de variación de consumo para el cálculo de caudales característicos.

- ❖ Coeficiente de consumo máximo diaria:  $K_1 = 1.30$
- ❖ Coeficiente de consumo máximo horario:  $K_2 = 1.80 - 2.50$

**Caudal Máximo Diario:**

$$Q_{\text{máximo diario}} = K_1 * Q_m$$

$$Q_{\text{máximo diario}} = 1.30 * 0.72 \text{ lts/seg.}$$

$$Q_{\text{máximo diario}} = 0.94 \text{ lts/seg.}$$

**Caudal Máximo Horario:**

$$Q_{\text{máximo horario}} = K_2 * Q_m$$

$$Q_{\text{máximo horario}} = 2.0 * 0.72 \text{ lts/seg.}$$

$$Q_{\text{máximo horario}} = 1.44 \text{ lts/seg.}$$

El dimensionamiento hidráulico del tanque imhoff se detalla en el anexo correspondiente (Ver Anexo 07), de los cuales en la tabla siguiente se muestra el resultado:

**Tabla 15 – Dimensionamiento Hidráulico del Tanque Imhoff del de la Localidad de Pacchac.**

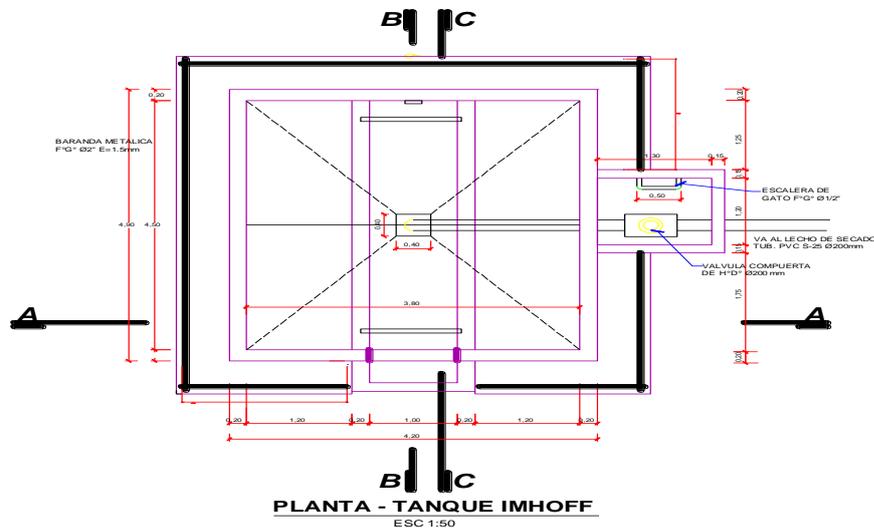
RESULTADO	VALORES	UNIDAD
Caudal medio, l/día	60.00	m3/día
Área de sedimentación, m2	2.58	m2
Ancho zona sedimentador (B), m	1.00	m

Largo zona sedimentador (L), m	4.50	m
Prof. zona sedimentador (H), m	1.50	m
Altura del fondo del sedimentador	0.60	m
Altura total sedimentador, m	2.40	m
Volumen de digestión requerido, m3	108.50	m3
Ancho tanque Imhoff (Bim), m	3.80	m
Volumen de lodos en digestor, m3	59.07	m3
Superficie libre, %	63.16	
Altura del fondo del digestor, m	0.51	m
Altura total tanque imhoff, m	6.70	m
Área de lecho de secado, m2	77.50	

**Fuente: Expediente Técnico: “Mejoramiento del Servicio de Agua Potable e Instalación del Servicio de Saneamiento del Centro Poblado de Pacchac, Distrito de Tapo, Provincia de Tarma, Región de Junín”.**

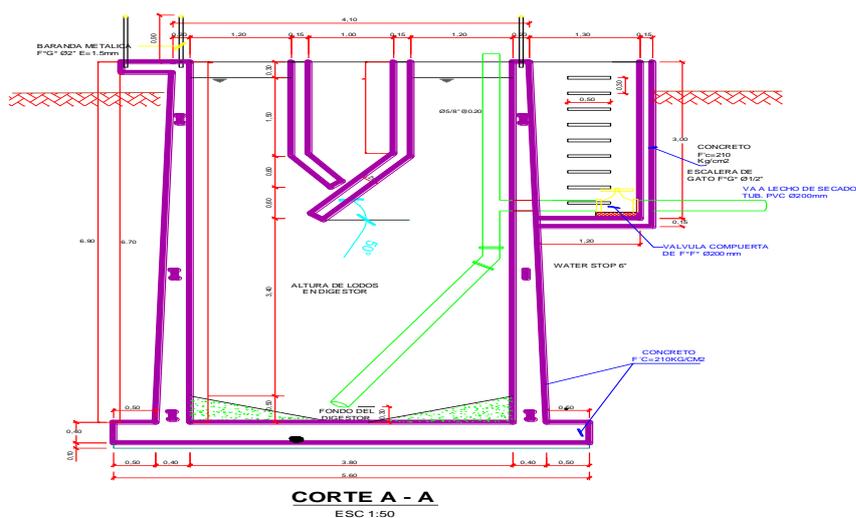
El dimensionamiento hidráulico del tanque imhoff se puede apreciar en las siguientes figuras:

**Figura 10- Planta del Tanque Imhoff.**



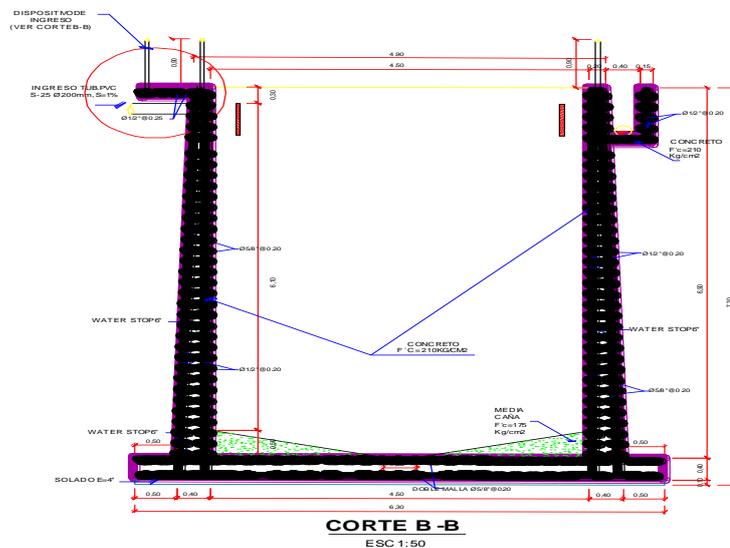
**Fuente: Expediente Técnico: “Mejoramiento del Servicio de Agua Potable e Instalación del Servicio de Saneamiento del Centro Poblado de Pacchac, Distrito de Tapo, Provincia de Tarma, Región de Junín”.**

**Figura 11- Corte A-A del Tanque Imhoff.**



Fuente: Expediente Técnico: “Mejoramiento del Servicio de Agua Potable e Instalación del Servicio de Saneamiento del Centro Poblado de Pacchac, Distrito de Tapo, Provincia de Tarma, Región de Junín”.

**Figura 12- Corte B-B del Tanque Imhoff.**



Fuente: Expediente Técnico: “Mejoramiento del Servicio de Agua Potable e Instalación del Servicio de Saneamiento del Centro Poblado de Pacchac, Distrito de Tapo, Provincia de Tarma, Región de Junín”.

- **Dimensionamiento Estructural:** Para el presente sustento estructural se utilizaron diversas normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), las cuales se indican a continuación:

- ❖ Norma E.020 Cargas
- ❖ Norma E.030 Diseño sismorresistente
- ❖ Norma E.050 Suelos y cimentaciones
- ❖ Norma E.060 Concreto armado

Para los efectos del dimensionamiento estructural se utilizó las siguientes propiedades:

#### **Concreto**

- ❖ Resistencia a la compresión :  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- ❖ Peso específico :  $2400 \text{ kg/m}^3$

#### **Acero**

- ❖ Acero de refuerzo grado 60 :  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- ❖ Peso específico :  $7850 \text{ kg/m}^3$

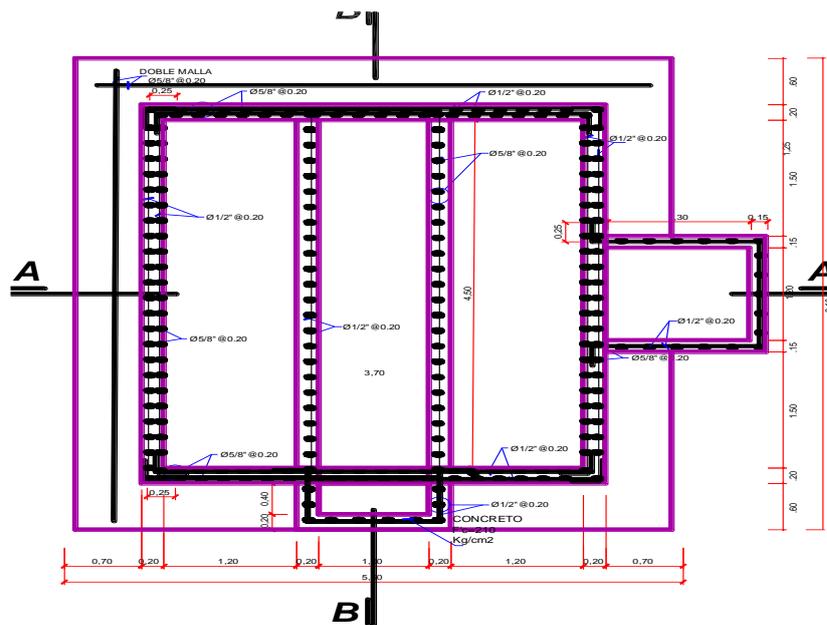
El dimensionamiento estructural del tanque baffled se detalla en el anexo correspondiente (Ver Anexo 07), de los cuales en la tabla siguiente se muestra el resultado:

**Tabla 16 – Diseño Estructural del Tanque Imhoff de la Localidad de Pacchac.**

<b>RESULTADO</b>	<b>ACERO</b>	<b>DISTRIBUCIÓN</b>
Muros Perimetrales	5/8" doble malla vertical	@0.20m
	1/2" doble malla horizontal	@0.20m
Muros Vertedero	5/8" vertical	@0.20m
	1/2" horizontal	@0.20m
Losa Fondo	5/8" doble malla longitudinal	@0.20m
	5/8" doble malla transversal	@0.20m

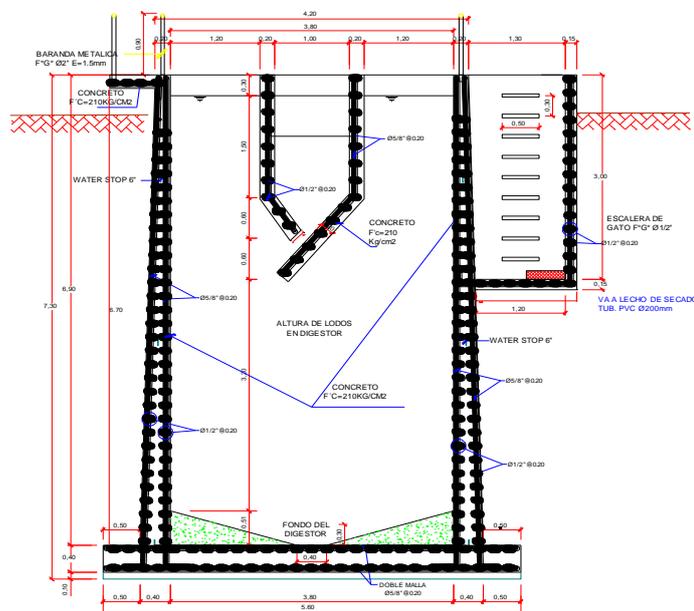
**Fuente: Expediente Técnico: “Mejoramiento del Servicio de Agua Potable e Instalación del Servicio de Saneamiento del Centro Poblado de Pacchac, Distrito de Tapo, Provincia de Tarma, Región de Junín”.**

**Figura 13- Distribución de Acero en Planta del Tanque Imhoff.**



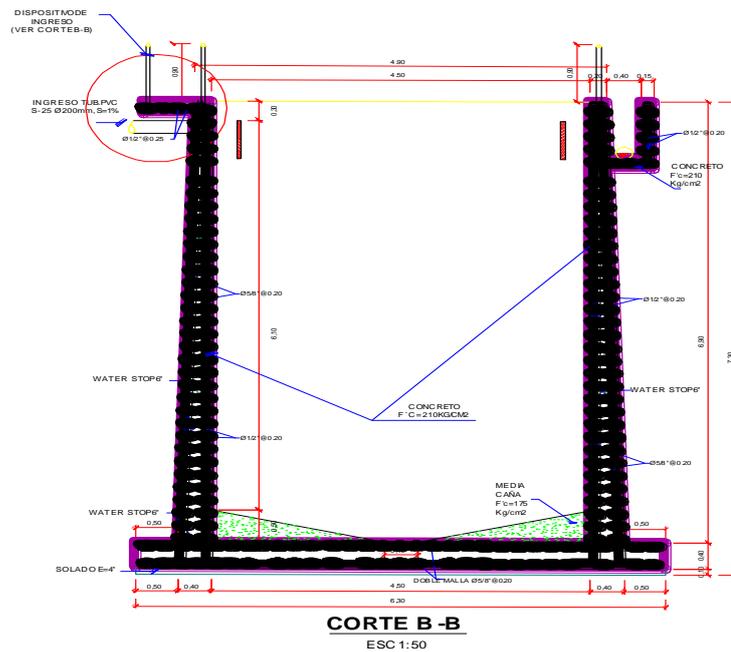
Fuente: Expediente Técnico: “Mejoramiento del Servicio de Agua Potable e Instalación del Servicio de Saneamiento del Centro Poblado de Pacchac, Distrito de Tapo, Provincia de Tarma, Región de Junín”.

**Figura 14- Distribución de Acero Corte A-A del Tanque Imhoff.**



Fuente: Expediente Técnico: “Mejoramiento del Servicio de Agua Potable e Instalación del Servicio de Saneamiento del Centro Poblado de Pacchac, Distrito de Tapo, Provincia de Tarma, Región de Junín”.

**Figura 15- Distribución de Acero Corte B-B del Tanque Imhoff.**



Fuente: Expediente Técnico: “Mejoramiento del Servicio de Agua Potable e Instalación del Servicio de Saneamiento del Centro Poblado de Pacchac, Distrito de Tapo, Provincia de Tarma, Región de Junín”.

**Tabla 17 – Comparativo de Parámetros de Dimensionamiento Hidráulico del Tanque baffled y del Tanque Imhoff.**

PARAMETROS DE DISEÑO	TANQUE SEPTICO CON BAFLES	TANQUE IMHOFF
Periodo de diseño	SA	SA
Población de diseño	SA	SA
Caudal de diseño	SA	SA
Dimensionamiento hidráulico	SA	SA
Dimensionamiento Estructural	SA	SA
Observación:		
SA: Si aplica      NA: No aplica		

Fuente: Elaboración Propia.

De los resultados mostrados, podemos mencionar que los parámetros de dimensionamiento que se utilizan para el diseño hidráulico del tanque baffled es similar a los parámetros de dimensionamiento que se utilizan para el diseño hidráulico del tanque imhoff para el

tratamiento de aguas residuales, puesto que en ambos diseños se realizaron los cálculos de periodo de diseño, población de diseño, caudal de diseño y con respecto al dimensionamiento hidráulico se indica que cada componente (tanque baffled y tanque imhoff) tienen sus propias dimensiones (largo, ancho y altura), como también en el dimensionamiento estructural cada componente presenta su propia cuantía de acero (diámetro y distribución del acero).

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1. Discusión de Resultados Específicos

- A. De los resultados mostrados, podemos mencionar que en la determinación de las características fisicoquímicas de las aguas residuales afluentes del tanque baffled y del tanque imhoff, el grado de contaminación de los parámetros como son demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, aceites y grasas, densidad de bacterias coliformes totales y densidad de bacterias coliformes fecales es inferior en las aguas residuales afluentes del tanque imhoff en comparación con las del tanque baffled. Por ende, no se acepta la hipótesis planteada donde se indica que “Las características fisicoquímicas de las aguas residuales afluentes del tanque baffled es similar en comparación con el del tanque imhoff”.
- B. De los resultados mostrados, podemos mencionar que en la determinación de las características fisicoquímicas de las aguas residuales efluentes del tanque baffled y del tanque imhoff, el grado de contaminación de los parámetros como son demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, aceites y grasas, densidad de bacterias coliformes totales y densidad de bacterias coliformes fecales es inferior en las aguas residuales efluentes del tanque imhoff en comparación con las del tanque baffled. Por ende, no se acepta la hipótesis planteada donde se indica que “Las características fisicoquímicas de las aguas residuales efluentes del tanque baffled es inferior en comparación con el del tanque imhoff”,
- C. De los resultados mostrados, podemos mencionar que los parámetros de diseño que se utilizan para el diseño hidráulico del tanque baffled es similar a los parámetros de diseño que se utilizan para el diseño hidráulico del tanque imhoff para el tratamiento primario de las aguas residuales, puesto que en ambos diseños se realizaron

los cálculos de periodo de diseño, población de diseño, caudal de diseño y con respecto al dimensionamiento hidráulico se indica que cada componente (tanque baffled y tanque imhoff) tienen sus propias dimensiones (largo, ancho y altura), como también en el dimensionamiento estructural cada componente presenta su propia cuantía de acero (diámetro y distribución del acero). Por ende se acepta la hipótesis planteada donde se indica que “Los parámetros de diseño del tanque baffled es similar en comparación con el del tanque imhoff”.

## CONCLUSIONES

- A. El tratamiento primario de aguas residuales mediante el tanque baffled en comparación con el tanque imhoff, presenta similitud en cuanto a los parámetros de diseño utilizados para el diseño hidráulico y estructural, en el caso de los parámetros fisicoquímicos presentes en los afluentes y efluentes de dichas estructuras las del tanque baffled es mayor a los del tanque imhoff.
- B. Del comparativo de resultados del análisis fisicoquímico de las muestras recolectadas de aguas residuales de los afluentes, se indica que la operación en el tratamiento primario de aguas residuales del tanque imhoff es mejor en comparación con la del tanque baffled, puesto que la contaminación de los parámetros como son demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, aceites y grasas, densidad de bacterias coliformes totales y densidad de bacterias coliformes fecales que se encontraron en las muestras del tanque baffled es mayor a los resultados de las muestras del tanque imhoff.
- C. Del comparativo de resultados del análisis fisicoquímico de las muestras recolectadas de aguas residuales de los efluentes, se indica que la operación en el tratamiento primario de aguas residuales del tanque imhoff es mejor en comparación con la del tanque baffled, puesto que la contaminación de los parámetros como son demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, aceites y grasas, densidad de bacterias coliformes totales y densidad de bacterias coliformes fecales que se encontraron en las muestras del tanque baffled es mayor a los resultados de las muestras del tanque imhoff.
- D. Los parámetros de diseño utilizados para el diseño hidráulico y estructural del tanque baffled es similar a los parámetros de diseño utilizados para el diseño hidráulico y estructural del tanque imhoff, de los cuales para ambos casos se inicia con determinar los parámetros de diseño tales como; periodo de diseño (20 años en ambos casos), población de diseño (810

habitantes y de 775 habitantes), caudal de diseño (de 0.80 lts/seg. y de 0.72 lts/seg) respectivamente, para el dimensionamiento hidráulico de manera independiente para ambos casos, siendo así que se tiene como área 12.48 m<sup>2</sup>; longitud 5.20 m; ancho 2.40 m; altura 2.35 m; para el sistema de tratamiento primario de aguas residuales con tanque baffled y como área 24.38 m<sup>2</sup>; longitud 5.30 m; ancho 4.60 m. y altura 7.30 m; para el sistema de tratamiento primario de aguas residuales con tanque imhoff y finalmente en el dimensionamiento estructural se tiene que la cuantía de acero para el tanque baffled es de 1/2" y 5/8"@0.25m en muros perimetrales, 1/2"@0.25m doble malla en muro centrales y en losa fondo de 3/8"@0.15m doble malla y la cuantía de acero para el tanque imhoff es de 1/2" y 5/8"@0.20m doble malla en ambos ejes en muros perimetrales, 5/8", 1/2"@0.20m para ambos ejes en muro vertedero y en losa fondo de 5/8"@0.20m doble malla en ambos ejes.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el diseño y construcción del sistema de tratamiento primario de aguas residuales mediante tanques baffled, puesto que presenta similitud en el procedimiento de diseño con del tanque imhoff.
2. Se recomienda a todo aquel que presente interés en el tema investigado, tener en cuenta los parámetros técnicos, el conocimiento y la metodología para el diseño de sistemas de tratamiento primario de aguas residuales mediante tanque baffled y tanque imhoff, los cuales se encuentran establecidos en las normas OS.070 y OS.090.
3. Para determinar la eficiencia de operación de las unidades hidráulicas de un sistema de tratamiento de aguas residuales, se recomienda realizar en un periodo de dos semanas a un mes el análisis de laboratorio de los parámetros físicos químicos a las muestras obtenidas en la entrada (afluente) y salida (efluente) de dichas unidades hidráulicas, para así de esta forma poder realizar el comparativo más minucioso.
4. Se recomienda realizar un comparativo de los costos de construcción de las unidades hidráulicas (Tanque baffled y tanque imhoff) bajo las mismas condiciones de diseño (periodo, población, caudal y dimensionamiento) y de terreno, y de esta forma definir cuál de ellos presenta ventajas económicas en su construcción.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arocutipa, J. (2013). Evaluación Y Propuesta Técnica De Una Planta De Tratamiento De Aguas Residuales En Massiapo Del Distrito De Alto Inambari – Sandía. Puno – Perú. 81.
2. Ayala, R. y Gonzales, G. “Plantas de tratamiento de aguas residuales”. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba – Bolivia. 2003.
3. 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.
4. Bautista, R. (2015). Diseño De Una Planta De Tratamiento De Aguas Residuales Para El Distrito De Chiara - Huamanga Ayacucho. Ayacucho – Perú. 111.
5. 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.
6. Guerrero, H. (2014). Rediseño De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales De La Parroquia Pilahuín, Cantón Ambato. Riobamba – Ecuador. 154.
7. Metcalf, & Eddy. “Ingeniería de las aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización”. Tercera edición, McGraw-Hill. Madrid. 1995.
8. 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.
9. Miranda, M. (2013). Tratamiento De Aguas Residuales Con Fosa Séptica Convencional Y Fosa Séptica Prefabricada. Cajamarca – Perú. 59.
10. Morlote, N. y Celiseo, R. “Metodología de la investigación”. Editorial McGraw-Hill Interamericana. México. 2004. ISBN 970-10-4611-0
11. Norma Técnica I.S. 020. “Tanques sépticos”. Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima – Perú.
12. Norma Técnica OS. 070. “Redes de aguas residuales”. Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima – Perú.

13. Norma Técnica OS. 090. "Planta de tratamiento de aguas residuales". Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima – Perú.
14. OEFA. "Fiscalización en aguas residuales". Perú. 2014
15. 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.
16. Romero, J. "Tratamiento de aguas residuales". Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá. 2000. ISBN 958-8060-13-3
17. Salazar, D. y Sanchez, 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.
18. Vásquez, G. y Cesar, E. "Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales". Editorial Fundación ICA. Mexico. 2003. ISBN 968-7508 05-4
19. Vladimir, A. (2016). Evaluación Del Tanque Imhoff En El Tratamiento De Las Aguas Residuales En El Municipio De Colmenar, Málaga. Malaga – España. 16.

## **ANEXOS**

ANEXO 01 – Matriz de Consistencia.

ANEXO 02 – Análisis Físicoquímico del Afluente del Tanque Baffled e Imhoff.

ANEXO 03 – Análisis Físicoquímico del Efluente del Tanque Baffled e Imhoff

ANEXO 04 – Parámetros de Diseño del Tanque Baffled – Maco.

ANEXO 05 – Dimensionamiento Hidráulico del Tanque Baffled – Maco.

ANEXO 06 – Parámetros de Diseño del Tanque Imhoff – Pacchac.

ANEXO 07 – Dimensionamiento Hidráulico del Tanque Imhoff – Pacchac.

ANEXO 08 – Planos Constructivos del Tanque Baffled – Maco.

ANEXO 09 – Planos Constructivos del Tanque Imhoff – Pacchac.