

**UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA**



**“EFICIENCIA DEL TANQUE IMHOFF Y SEDIMENTADOR
DORMUNT EN LA REMOCIÓN DE LA CARGA MÁSCICA EN
FUNCIÓN DE LA DQO DE LAS AGUAS RESIDUALES
DOMÉSTICAS ADAPTADO EN CLIMAS ALTO ANDINOS,
MARCARÁ – 2019”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA SANITARIO

Tesista: Br. ROSINA MARIA LEYVA MILLA

Asesor: Ing. NINO FRANKLIN ARAUJO JAMANCA

Huaraz – Perú

2022

FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, CONDUCENTES A
OPTAR TÍTULOS PROFESIONALES Y GRADOS ACADÉMICOS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

1. Datos del autor:

Apellidos y Nombres: _____

Código de alumno: _____

Teléfono: _____

E-mail: _____

D.N.I. n°: _____

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Tipo de trabajo de investigación:

Tesis

Trabajo de Suficiencia Profesional

Trabajo Académico

Trabajo de Investigación

Tesinas (presentadas antes de la publicación de la Nueva Ley Universitaria 30220 – 2014)

3. Para optar el Título Profesional de:

4. Título del trabajo de investigación:

5. Facultad de: _____

6. Escuela o Carrera: _____

7. Línea de Investigación (*): _____

8. Sub-línea de Investigación (*): _____

() Según resolución de aprobación del proyecto de tesis*

9. Asesor:

Apellidos y nombres _____ D.N.I n°: _____

E-mail: _____ ID ORCID: _____

10. Referencia bibliográfica: _____

11. Tipo de acceso al Documento:

Acceso público* al contenido completo.

Acceso restringido** al contenido completo

Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Santiago Antúnez de Mayolo una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundirlo en el Repositorio Institucional, respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso de que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:



12. Originalidad del archivo digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.



Firma del autor

13. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para las investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia Creative Commons, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica.



El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Recolector Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

14. Para ser verificado por la Dirección del Repositorio Institucional

Seleccione la
Fecha de Acto de sustentación:

Huaraz,

Firma:



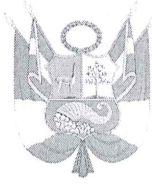
Varrillas William Eduardo

Asistente en Informática y Sistemas

- UNASAM -

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.



**ACTA DE SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DE TESIS, PARA OPTAR EL
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO**

Los Miembros del Jurado en pleno que suscriben, reunidos en la fecha, en el auditorium de la FCAM-UNASAM, para la Ceremonia de Sustentación de la Tesis, que presenta la señora Bachiller: **ROSINA MARIA LEYVA MILLA**.

Tesis Titulada: **“EFICIENCIA DEL TANQUE IMHOFF Y SEDIMENTADOR DORMUNT EN LA REMOCIÓN DE LA CARGA MÁSCICA EN FUNCIÓN DE LA DQO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS ADAPTADO EN CLIMAS ALTO ANDINOS, MARCARÁ – 2019”**

En seguida, después de haber atendida la exposición oral y escuchada las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas lo declaramos:

APROBADO

Con el calificativo de:

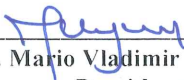
Catorce (14)

En consecuencia, queda en condiciones de ser **APROBADO** por el Consejo de Facultad y recibir el Título Profesional de:


INGENIERO SANITARIO

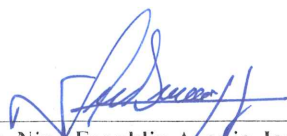
De conformidad con el Art. 113° numeral 113.9 del reglamento General de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario N° 399-2015-UNASAM), el Art. 48° del Reglamento General de Grados y Títulos de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario – Rector N° 761-2017-UNASAM) y el Art. 160° del Reglamento de Gestión de la Programación, Ejecución y Control de las Actividades Académicas (Resolución de Consejo Universitario – Rector N° 432-2016-UNASAM del 28-12-2016).

Huaraz, 20 de Mayo del 2022.


MSc. Mario Vladimir Leyva Collas
Presidente


M.Sc. Kiko Félix Depaz Celi
Primer Miembro


M.s.c. Martin Miguel Huamán Carranza
Segundo Miembro


Ing. Nino Franklin Aratjo Jamanca
Asesor

DEDICATORIA

Con inmensa gratitud a DIOS, quien me guía en mi camino,
y es mi sostén a mis padres Julián y Enma,
quienes siempre me alentaron y apoyaron,
a mis hermanos Javier y Arianni,
quienes me brindaron parte de su aliento constante.

AGRADECIMIENTO

Debo agradecer a mis padres
que me alentaron en el desarrollo de mi tesis,
a mi asesor el Ing. Nino Franklin Araujo Jamanca
quien dio parte de su tiempo,
así como a los docentes
a quienes debo mi formación profesional.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Leyva Milla Rosina Maria, egresado de la Escuela profesional de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional Santiago Antúnez De Mayolo, declaro que el trabajo académico titulado “EFICIENCIA DEL TANQUE IMHOFF Y SEDIMENTADOR DORMUNT EN LA REMOCIÓN DE LA CARGA MÁSCICA EN FUNCIÓN DE LA DQO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS ADAPTADO EN CLIMAS ALTO ANDINOS, MARCARÁ – 2019” presentado en 134 Folios, para la obtención del título profesional de ingeniero sanitario, es de mi autoría.

Por lo tanto, declaro lo siguiente:

- He mencionado todas las fuentes empleadas en el presente trabajo de investigación identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes de acuerdo a lo establecido por las normas de elaboración de trabajo académico.
- No he utilizado ninguna otra fuente distinta de aquellas expresadamente señaladas en este trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido previamente presentado completa ni parcialmente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
- Soy consciente de que mi trabajo puede ser revisado electrónicamente en búsqueda de plagios.
- De encontrar uso de material intelectual ajeno sin el debido reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el procedimiento disciplinario.

Huaraz, julio del 2022



Rosina Maria LEYVA MILLA

DNI: 48323393

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	1
1.2. Hipótesis	3
1.3. Variables	4
1.4. Operacionalización de variables	6
II. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes	7
2.2. Bases Teóricas	10
2.2.1. Influencia de la remoción de la carga másica	10
A. Sedimentadores Primarios	10
B. Tanque Imhoff	11
C. Sedimentador Dortmund.....	14
2.2.2. Condiciones Hidráulicas de los sedimentadores primarios.....	15
A. Caudal de operación.....	15
B. Tiempo de retención hidraulica	16
C. Volumen del tanque	16
D. Velocidad de sedimentación	17
2.2.3. Condiciones Fisicoquímicas del efluente y afleuente	18
A. pH.....	18
B. Temperatura	19
C. Turbiedad UNT.....	20
D. Sólidos Suspendidos Totales (SST).....	20
E. Taza de Acumulacion de Lodos.....	20
F. Cantidad de Sólidos Producidos	20
G. Concentracion de Sólidos	21
H. Carga másica (CM).....	21
2.2.4. Demanda química de oxígeno (DQO).....	22
2.3. Definición de términos basicos	22
2.3.1. Aguas residuales	22
2.3.2. Agua residual doméstica.....	22
2.3.3. Sedimentación primaria.....	23
2.3.4. Efluente.....	23

2.3.5.	Afluente	23
2.3.6.	Tratamiento.....	23
2.3.7.	Sedimentadores primarios	23
2.3.8.	Tanque Imhoff	23
2.3.9.	Sedimentador Dormund.....	24
2.3.10.	Volumen del tanque.....	24
2.3.11.	Caudal de operación	24
2.3.12.	Condiciones químicas del agua residual.....	24
2.3.13.	Demanda química de oxígeno (DQO).....	24
2.3.14.	Condiciones físicas del agua residual.....	24
2.3.15.	Sólidos en suspensión.....	25
2.3.16.	Caudal.....	25
2.3.17.	pH.....	25
2.3.18.	Temperatura.....	25
2.3.19.	Carga másica.....	25
2.3.20.	Eficiencia de remoción o tratamiento	25
III.	MARCO METODOLÓGICO	26
3.1.	Tipos de investigación	26
3.2.	Diseño	26
3.3.	Métodos o técnicas.....	28
3.3.1.	Etapa 01: Diseño e instalación del prototipo.....	28
3.3.2.	Etapa 02: Toma de muestra.....	30
3.3.3.	Etapa 03: Procesamiento de dato	33
3.3.4.	Etapa 04: Análisis e interpretación.....	34
3.4.	Población o Universo.....	34
3.5.	Instrumentos validados de recolección de datos.....	35
3.6.	Plan de procesamiento y análisis estadístico de la información	35
IV.	RESULTADOS	36
4.1.	Condiciones hidráulicas	37
4.1.1.	caudal	37
4.1.1.	Tiempo de retención hidráulica.....	38
4.1.3.	Volumen.....	39
4.1.4.	Velocidad de sedimentación.....	40
4.2.	Condiciones Físicoquímicas	41
4.2.1.	pH.....	41

4.2.2. Temperatura	43
4.2.3. Turbiedad	45
4.2.4. Sólidos Suspendidos totales (SST).....	48
4.2.5. Tasa de acumulación de lodos.....	52
4.2.6. Concentracion de Sólidos.....	53
4.2.7. cantidad de solidos producidos	54
4.2.8. DQO	55
4.2.9. Carga másica	58
V. DISCUSIÓN.....	66
VI.CONCLUSIONES	74
VII.RECOMENDACIONES.....	76
VIII.REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	77
ANEXOS.....	83
Anexo 1 Diseño e Implementación del prototipo	84
Anexo 2 Esquema del prototipo.....	88
Anexo 3 Organización de datos obtenidos de los muestreos de campo y análisis en laboratorio	92
Anexo 4 análisis estadístico	101
Anexo 5 Panel fotográfico	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables.....	6
Tabla 2 Diseño de investigación.....	27
Tabla 3 Parametros y dimensiones de los sedimentadores primarios	29
Tabla 4 Indicadores e instrumentos de recolección de datos.....	32
Tabla 5 Valores de caudal de operación-CO (m ³ /dia) en los sedimentadores primarios....	37
Tabla 6 Valores de tiempo de Retención Hidráulica TRH(Horas) en los sedimentadores primarios.....	38
Tabla 7 Valores de Volumen(útil y sedimentación)(m ³) de los sedimentadores primarios	39
Tabla 8 Valores de Velocidad de Sedimentacion (m/Hora), Velocidad Horizontal (m/Hora) y relación Hidráulica en los sedimentadores	40
Tabla 9 Valores de pH en el afluente y efluente de los sedimentadores primarios	41
Tabla 10 Valores de relación de pH-(pHe/pHa) en los sedimentadores primarios	42
Tabla 11 Valores de Temperatura T (°C) en afluente y efluente de los sedimentadores primarios.....	43
Tabla 12 Valores de intervalo de relación de Temperatura -(Te/Ta)	44
Tabla 13 Valores de Turbiedad (UNT) en el afluente y efluente de los sediementadores primarios.....	45
Tabla 14 Valores de intervalo de relación de Turbiedad -(Te/Ta)	46
Tabla 15 Valores de intervalo de remoción de la Turbiedad (%).....	47
Tabla 16 Valores de Sólidos Suspendidos Totales SST (mg/L) en el afluente y efluente en los Sedimentadores	48
Tabla 17 Valores de intervalo de relacion de la Sólidos Suspendidos Totales SST	50
Tabla 18 Valores de intervalo de remoción de la Sólidos Suspendidos Totales SST (%) ..	51
Tabla 19 Valores de Taza de acumulación de Lodos (L/Hab. Dia) en el periodo de análisis de los sedimentadores.....	52
Tabla 20 Valores de concentració de Sólidos (%) en el periodo de análisis de sedimentadores	53
Tabla 21 Valores de Cantidad de Sólidos Producidos-CSP (Kg/dia) en el periodo de análisis de los sedimentadores.....	54
Tabla 22 Valores de Demanda Química de Oxígeno DQO (mg/L) en el afluente y efluente en los Sedimentadores	55
Tabla 23 Valores de intervalo de la Demanda Quimica de Oxigeno (DQOe/DQOa).....	56
Tabla 24 Valores de intervalo de remoción de la Demanda Quimica de Oxigeno (%)	57
Tabla 25 Valores de Carga másica (CM-DQO) (Kg/dia) en el afluente y efluente de los sedimentadores	58
Tabla 26 Valores de intervalo de la Carga Masica (CM_DQOe/CM_DQOa) (kg/día)	60
Tabla 27 Valores de intervalo de remoción de la Carga másica CM_DQO (%).....	61
Tabla 28 Datos de pH, Temperatura (°C) y Turbiedad (UNT) en el Sedimentador Imhoff	92
Tabla 29 Datos de SST (mg/L), Cantidad de Sólidos Producidos (Kg/dia), concentración de Sólidos (%), Taza de acumulación de lodos (L/Hab.Dia) , Caudal (m ³ /dia) y Tiempo de Retención Hidráulica (Horas) en el Tanque Imhoff	93

Tabla 30 Datos de DQO (mg/L), Carga Maica Kg DQO /Dia y Carga Maica Kg SST /Dia en el Tanque Imhoff	94
Tabla 31 Datos de pH, Temperatura (°C) y Turbiedad (UNT) en el sedimentador dormund.	95
Tabla 32 Datos de SST (mg/L), Cantidad de Sólidos Producidos (Kg/dia), concentración de Sólidos (%), Taza de acumulación de lodos (L/Hab.Dia) , Caudal (m3/dia) y Tiempo de Retención Hidráulica (Horas) en el sedimentador dormund.	96
Tabla 33 Datos de DQO (mg/L), Carga másica Kg DQO /Dia y Carga másica Kg SST /Dia en el sedimentador dormund.....	97
Tabla 34 Datos de pH, Temperatura (°C) y Turbiedad (UNT) en el tanque septico.....	98
Tabla 35 Datos de SST (mg/L), Cantidad de Sólidos Producidos (Kg/dia), concentración de Sólidos (%), Taza de acumulación de lodos (L/Hab.Dia) , Caudal (m3/dia) y Tiempo de Retención Hidráulica (Horas) en el tanque séptico.	99
Tabla 36 Datos de DQO (mg/L), Carga másica Kg DQO /Dia y Carga másica Kg SST /Dia en el tanque séptico.....	100
Tabla 37 Prueba de normalidad de los indicadores de las condiciones hidráulicas, fisicoquímicas y demanda química de oxígeno (DQO) en el tanque IMHOFF.	101
Tabla 38 Prueba de normalidad de los indicadores de las condiciones hidráulicas, fisicoquímicas y demanda química de oxígeno (DQO) del sedimentador DORTMUND	102
Tabla 39 Prueba de normalidad de los indicadores de las condiciones hidráulicas, fisicoquímicas y demanda química de oxígeno (DQO) en el tanque SÉPTICO.	103
Tabla 40 Prueba de correlación de Pearson de la remoción de la carga másica (DQO) (%) en función a la remoción de la demanda química de oxígeno (DQO) (%) en comparación del tanque IMHOFF, sedimentador DORTMUND y tanque SÉPTICO.	104
Tabla 41 Prueba de correlación de Pearson de los indicadores de las condiciones hidráulicos en función a la remoción de la carga másica (DQO) (%).	105
Tabla 42 Prueba de correlación de Pearson de los indicadores de las condiciones fisicoquímicos en función a la remoción de la carga másica (DQO) (%)	107

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1 Procedimiento de la investigacion	28
Gráfica 2 Puntos de muestreo para Toma de Datos	30
Gráfica 3 Comparación de los sedimentadores con el Caudal de operación (m ³ /día).....	37
Gráfica 5 Comparación de sedimentadores con el Volumen (útil y sedimentación) (m ³)	39
Gráfica 7 Comparación de sedimentadores con el PH afluente y efluente	41
Gráfica 8 Comparación de sedimentadores con el intervalo de relación de PH	42
Gráfica 9 Comparación de sedimentadores con la temperatura (°C) afluente y efluente .	43
Gráfica 10 Comparación de sedimentadores con intervalo de relación de la temperatura	44
Gráfica 11 Comparación de sedimentadores con la turbiedad (UNT) afluente y efluente	45
Gráfica 12 Comparación de sedimentadores con la relación de la turbiedad (UNT)	46
Gráfica 13 Comparación de sedimentadores con intervalo de remoción de la turbiedad	47
Gráfica 14 Comparación de los sedimentadores con los sólidos suspendidos totales (SST) (mg/L) afluente y efluente.....	48
Gráfica 15 Comparación de los sedimentadores con el intervalo de relación de los sólidos suspendidos totales (SST)	50
Gráfica 16 Comparación de los sedimentadores con el intervalo de remoción de sólidos suspendidos totales (SST) (%)	51
Gráfica 17 Comparación de los sedimentadores con la tasa de acumulación de lodos (L/hab. Día).....	52
Gráfica 18 Comparación de los sedimentadores con la concentración de Sólidos (%)....	53
Gráfica 19 Comparación de sedimentadores con cantidad de Sólidos producidos (kg/día).....	54
Gráfica 20 Comparación de los sedimentadores con (DQO) (mg/L) afluente y efluente.	55
Gráfica 21 Comparación de sedimentadores con intervalo de relación de (DQO)(mg/L)	56
Gráfica 22 Comparación de sedimentadores con intervalo de remoción (DQO)(mg/L) ..	57
Gráfica 23 Comparación de los sedimentadores con la carga másica (DQO) (kg/día) afluente y efluente	58
Gráfica 24 Comparación de los sedimentadores con la relación de la carga másica (CM_DQOe/CM_DQOa) (kg/día)	60
Gráfica 25 Comparación de los sedimentadores con el intervalo de remoción de la carga másica (DQO) (%).	61

Gráfica 26 Gráfica de dispersión de la correlación entre la remoción de la carga másica (CM_DQO) (%) y la remoción de la (DQO) (%).	104
Gráfica 27 Gráfica de dispersión del caudal de operación (CO) (m ³ /día), tiempo de retención hidráulica (TRH) (Horas) en relación a la remoción de la carga másica R(CM_DQO) (%).	106
Gráfica 28 Gráfica de dispersión de la remoción de la turbiedad R(UNT) (%) y sólidos suspendidos totales R(SST) (%) en relación a la remoción de la carga másica R(CM_DQO) (%).	108
Gráfica 29 Gráfica de dispersión de la cantidad de sólidos producidos CSP (kg/día), concentración de sólidos CS (%) y tasa de acumulación de lodos TAL (L/hab. Día) en relación a la remoción de la carga másica R(CM_DQO) (%)	108

RESUMEN

La presente investigación planteó como objetivo general determinar la eficiencia del tanque Imhoff, sedimentador dormund y tanque séptico en la remoción de la carga másica en relación con la DQO, así mismo la investigación tuvo 05 etapas, primero el diseño e implementación, segundo la toma de muestra, tercero instrumentos y análisis, cuarto procesamiento de datos y quinto análisis e interpretación, metodológicamente fue un estudio de enfoque cuantitativo – aplicada, de nivel explicativo y corte longitudinal. La población de estudio estuvo conformada por las aguas residuales domésticas del Centro Poblado de Tuyururi del Distrito de Marcará de la Provincia de Carhuaz- Áncash, con una muestra tomada por cuota, es decir, de 1.28 m³/d para cada uno de los sedimentadores primarios. Las técnicas usadas para la recolección de datos fueron la observación directa método de análisis documental, medición indirecta y prueba estandarizada mediante los ensayos de laboratorio, y se determinó que existe efecto del DQO en la remoción de la carga másica. El bloque que mejor funcionó según las condiciones hidráulicas y fisicoquímicas fue el tanque séptico con eficiencia de remoción de la carga másica de 19.79% hasta 53.88% en función a la DQO con una remoción de DQO promedio de 53.16%. también se determinó que existe efecto débil en el comportamiento de las condiciones hidráulicas (Caudal de operación (m³/día) y Tiempo de retención hidráulica (Horas) y efecto media a alta en el comportamiento de las condiciones físico-químicas (Remoción de la Turbiedad (UNT) (%), remoción de los sólidos suspendidos totales (SST) (%), Cantidad de sólidos producidos (kg/día), Concentración de sólidos y Tasa de acumulación de lodos (L/hab. Día)) en la remoción de la carga másica en función a DQO y también siendo la mejor tecnología que funciona según las condiciones hidráulicas y fisicoquímicas el tanque séptico. El aporte de investigación fue diseñar sedimentadores primarios (tanque Imhoff, sedimentador dormund y tanque séptico) a escala real con DQO de ingreso de 131.50 - 676.50 (mg/L) y valor de carga másica de 0.045-0.229 (kg/día) en función a la DQO, para una remoción promedio de DQO de 53.16% y eficiencia de remoción de la carga másica de 19.79% - 53.88% en función a la DQO en climas altoandinos mayores a 2850 m.s.n.m.

Palabras Clave: Sedimentador Dortmund, Tanque Imhoff, Tanque Séptico, carga másica, DQO, SST.

ABSTRACT

The present investigation raised as a general objective to determine the efficiency of the Imhoff tank, Dortmund settler and septic tank in the removal of the mass load in relation to the COD, likewise the investigation had 05 stages, first the design and implementation, second the taking of sample, third instruments and analysis, fourth data processing and fifth analysis and interpretation, methodologically it was a study of quantitative approach - applied, explanatory level and longitudinal cut. The study population consisted of domestic wastewater from the Tuyururi Town Center in the Marcará District of the Carhuaz-Áncash Province, with a sample taken by quota, that is, 1.28 m³/d for each of the primary settlers. . The techniques used for data collection were direct observation method of documentary analysis, indirect measurement and standardized test through laboratory tests, and it was determined that there is an effect of COD in the removal of mass load. The block that worked best according to the hydraulic and physicochemical conditions was the septic tank with removal efficiency of the mass load from 19.79% to 53.88% depending on the COD with an average COD removal of 53.16%. It was also determined that there is a weak effect on the behavior of the hydraulic conditions (Operating Flow (m³/day) and Hydraulic Retention Time (Hours) and a medium to high effect on the behavior of the physical-chemical conditions (Removal of Turbidity (UNT) (%), removal of total suspended solids (TSS) (%), Quantity of solids produced (kg/day), Concentration of solids and Rate of accumulation of sludge (L/inhab. Day)) in the removal of the mass load according to COD and also being the best technology that worked according to the hydraulic and physicochemical conditions of the septic tank. The research contribution was to design primary settlers (Imhoff tank, Dortmund settler and septic tank) on a real scale with COD of input of 131.50 - 676.50 (mg/L) and mass load value of 0.045-0.229 (kg/day) depending on the COD, for an average removal of COD of 53.16% and removal efficiency of the mass load of 19.79% - 53.88% based on the COD in high Andean climates greater than 2850 m.a.s.l.

Keywords: Dortmund Sedimentator, Imhoff Tank, Septic Tank, mass load, COD, TSS.

I. INTRODUCCIÓN

En mundo con poblaciones estables, la eliminación de los residuos sólidos ha constituido un problema primordial para las sociedades humanas, ya que surgió la necesidad de deshacerse de las excretas como de otros restos domésticos. Durante los últimos años, la sociedad mundial ha venido observando con inquietud, analizando y tratando de resolver una serie de problemáticas relacionadas a la disposición de los residuos líquidos, es decir, las aguas residuales tanto domésticas, agrícolas como industriales (Pellizari, (1995, citado por (Calderón, Díaz, & Fuentes, 2019), pág. 2).

Es por ello que las aguas residuales antes de ser vertidas en las masas receptoras deberían de recibir un tratamiento adecuado según su composición, que sean capaz de modificar sus condiciones físicas, químicas y microbiológicas, hasta evitar que se provoquen los problemas enunciados de contaminación de las aguas receptoras (GARCÍA & LÓPEZ, 1997) . En la actualidad, existen sistemas individuales para el tratamiento de aguas residuales producidas por familias que habitan en zonas residenciales poco pobladas, en ciudades donde no existe acceso a otros sistemas colectivos de tratamiento, o también para tratar efluentes provenientes de instituciones como escuelas y hospitales de pequeñas comunidades. Estos sedimentadores como el tanque Imhoff, sedimentador Dortmund y tanque séptico, han sido usados apropiadamente en lugares donde se cuenta con abastecimiento domiciliario de agua, donde el agua llega en forma permanente y suficiente; estos sistemas pueden recibir aguas residuales domésticas como aquellas que se dan por descomposición de la materia. El buen funcionamiento de estos tanques sigue los principios básicos de sedimentación, debiéndose entonces guardar entre otras razones una relación entre sus componentes; sin embargo, es difícil predecir cual es más eficiente sin un estudio empírico (Rosales Escalante, 2003). Y según (Dodane & Bassan, 2014) el principal objetivo de los tanques de sedimentación y espesamiento es la decantación de líquidos y sólidos, no la estabilización o la reducción de patógenos. Adicionales pasos de tratamiento son necesarios tanto para los sólidos espesados como para la fracción líquida. Los niveles de materia orgánica disuelta, nutrientes y partículas suspendidas seguirán elevados en la fracción líquida.

Es por ello que se plantea la investigación mediante una estructura mostrados en el Capítulo 6, en el capítulo I “Introducción” se plantean los objetivos, hipótesis y variables de la investigación. En el Capítulo II “Marco Teórico” se efectuará el desarrollo de la realidad de la problemática, antecedentes, bases teóricas y definición de términos que se usará. En el Capítulo III “Marco Metodológico” se realizará el diseño metodológico de la investigación, en donde se describirá el tipo y diseño de la investigación, la metodología de todo el desarrollo de la investigación, técnicas e instrumentos, se definirá la población y muestra, plan de procesamiento y análisis estadístico de la información. En el Capítulo IV “Resultados” se presenta todos los resultados mediante gráfica y tablas con datos estadísticos. En el Capítulo V “Discusiones” se evaluará los resultados mostrados en el Capítulo IV y se contrastará con la información encontrada como antecedentes y marco teórico. En el Capítulo VI “Conclusiones” nos responderemos las preguntas de investigación formuladas en el Capítulo I y finalmente en el Capítulo VII “Referencias Bibliográficas” se mostrará todas las referencias utilizadas para guiar todo el contenido de la investigación.

Por ello la presente investigación tiene por finalidad de evaluar la relación de la remoción de la carga másica en función al DQO de los distintos sedimentadores primarios como tanque Imhoff, sedimentador dormund y tanque séptico de las aguas residuales domésticas en climas altoandinos – Marcará – Carhuaz, 2019.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

- Determinar la eficiencia del tanque Imhoff y sedimentador dormund y tanque séptico en la remoción de la carga másica y su relación con la remoción de DQO de las aguas residuales domésticas adaptado en climas altoandinos Marcará – Carhuaz, 2019.

1.1.2. Objetivo Específicos

- Determinar las condiciones hidráulicas (Caudal de operación (m³/día) y Tiempo de retención hidráulica (Horas)), Volumen Util (m³) y Velocidad de Sedimentación (m³/m²/día) y su efecto en la remoción de la carga másica (CM_DQO) en el tanque

Imhoff, sedimentador dormund y en el tanque séptico de las aguas residuales domesticas adaptado en climas altoandinos – Marcará, 2019

- Determinar las condiciones fisicoquímicas (pH, Temperatura (°C), Remoción de la Turbiedad (UNT) (%), Remoción de los sólidos suspendidos totales (SST) (%), Cantidad de sólidos producidos (kg/día), Concentración de sólidos (%) y Tasa de acumulación de lodos (L/hab. Día)) y su efecto en la en la remoción de la carga másica (CM_DQO) en el tanque Imhoff, sedimentador dormund y en el tanque séptico de las aguas residuales domésticas adaptado en climas altoandinos – Marcará,2019.

1.2. Hipótesis

1.2.1. Hipótesis General

- La eficiencia de remoción del tanque Imhoff y sedimentador dormund y tanque séptico en la remoción de la carga másica tiene relación con la DQO de las aguas residuales domésticas adaptado en climas altoandinos Marcará – Carhuaz, 2019.

1.2.2. Hipótesis Específica

- Hipótesis específica 01: El comportamiento de las condiciones hidráulicas (Caudal de operación (m³/día) y Tiempo de retención hidráulica (Horas)) tienen relación con la remoción de la carga másica en el tanque Imhoff, sedimentador dormund y en el tanque séptico de las aguas residuales domésticas adaptado en climas altoandinos Marcará, 2019.
- Hipótesis específica 02: El comportamiento de las condiciones físico-químicas (Remoción de la Turbiedad (UNT) (%), Remoción de los sólidos suspendidos totales (SST) (%), Cantidad de sólidos producidos (kg/día), Concentración de sólidos y Tasa de acumulación de lodos (L/hab. Día)) tienen relación con la remoción de la carga másica en el tanque Imhoff, sedimentador

dormund y en el tanque séptico de las aguas residuales domésticas adaptado en climas altoandinos Marcará, 2019.

1.3. Variables

El estudio tuvo unas variables independientes y una variable dependiente, con lo cual se busca estudiar la eficiencia del tanque imhoff y sedimentador dormunt en la remoción de la carga másica en función de la DQO de las aguas residuales domésticas adaptado en climas alto andinos, Marcará – 2019, como se indica en la *Tabla 1*.

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) las variables independientes son la causa de la variación observada en las variables dependientes, la variable independiente no se mide, es la variable que se manipula para observar los efectos causados en las variables dependientes y una variable dependiente no se manipula, sino que se mide para ver el efecto que la manipulación de la variable independiente tiene en ella.

1.3.1. V. Independiente (VI): Remoción de la carga másica.

- **V. Independiente 01:** Eficiencia de los Sedimentadores primarios tanque Imhoff, Sedimentador Dortmund y Tanque séptico en la remoción de la carga másica.
- **Definición conceptual:** El objetivo fundamental de los sedimentadores primarios es remover de las aguas residuales la fracción de los sólidos, además de la carga orgánica asociada a dichos sólidos en los reactores que realizan la acción de separación de los sólidos por gravedad.
- **Definición operacional:** Eficiencia de remoción de la carga de contaminante o carga másica en función a la DQO.
- **Indicadores:** Para el estudio se presenta los indicadores de variable, las que son descritas a continuación:

Condiciones Hidráulicas

- Caudal de operación (m³/día)
- Tiempo de Retención Hidráulica (Horas)
- Volumen Util del sedimentador(m³)
- Velocidades de sedimentación(m³/m².hora)

Condiciones fisicoquímicas

- pH
- Temperatura (°C)
- Turbiedad (UNT)
- Sólidos Suspendidos Totales (SST) (mg/L)
- Cantidad de solidos producidos (Kg/día)
- Concentración de solidos (%)
- Tasa de acumulación de lodos (L/hab. Día)
- Demanda química de oxígeno (DQO) (mg/L)
- Carga masica CM_DQO (kg/día)

1.3.2. Variable dependiente (VD): DQO

- **V. Dependiente 01:** DQO de las aguas residuales domésticas adaptado en climas alto andinos, Marcará – 2019
- **Definición conceptual:** La DQO es un parámetro ampliamente utilizado para controlar la calidad de las aguas, ya que permite medir la contaminación de las mismas debida a la materia orgánica (Guzmán M. S., 2013).
- **Definición Operacional:** La eficiencia de los sedimentadores primarios en la remoción de la carga másica es controlada por la Demanda química del oxígeno-DQO.
- **Indicadores:** Para el estudio se presenta los indicadores de variable, las que son descritas a continuación.
 - Demanda química del oxígeno-DQO (mg/L)

1.4. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLES INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN			
Eficiencia del tanque Imhoff, sedimentador dormunt y tanque septico en la remoción de la carga másica	Se define sedimentadores primarios a los reactores que realizan la acción de separación de los sólidos por gravedad (Shavier, Díaz, & Rissel, 2015)	En el tratamiento de aguas residuales se evalúan los efectos de fuerzas físicas, reacciones químicas, control biológico o acción microbiológica, con el propósito de producir cambios en la calidad del agua (Guzmán, Granada, & Calderón, 2014)	Condiciones Hidráulicas de los sedimentadores	Caudal de operación	M3/dia			
				Tiempo de retención Hidráulica	Horas			
				Volumen Util	m3			
			Condiciones fisicoquímicas del afluente y efluente				Velocidad de sedimentación	m3/m2.hora
							pH	Identificación
							Temperatura	°C
							Turbiedad	UNT
							Sólidos Suspendidos Totales	mg/L
							Tasa de acumulación de lodos	L/hab. Dia
							concentración de solidos	%
cantidad de sólidos producidos	kg/dia							
Carga másica	Kg/dia							
VARIABLES DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN			
DQO de las aguas residuales domésticas	Es un parámetro ampliamente utilizado para controlar la calidad de las aguas, ya que permite medir la contaminación de las mismas debida a la materia orgánica (MEJIA, 2013)	Con la DQO se mide la carga contaminante en el agua residual; ya que permite evaluar la cantidad de oxígeno total requerido para la oxidación de la materia orgánica (BALDERAS, 2008)	materia orgánica de las aguas residuales en el afluente y efluente	DQO	mg/L			

Fuente: Elaboración Propia

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

En referencia a los trabajos previos revisados en el contexto internacional sobre la variable de remoción de carga másica en función de la DQO, se tiene a Guzmán (2013) en su investigación aplicada no experimental denominada “Eficiencia de remoción de carga orgánica en un sistema natural de tratamiento, evaluado por DQO” tuvo como objetivo evaluar y de manera global la eficiencia de remoción de carga orgánica evaluada por Demanda Química de Oxígeno (DQO) en el sistema natural del tratamiento de aguas residuales de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) concluyó que, la eficiencia de remoción de carga orgánica evaluada por DQO en el sistema de tratamiento de la UAAAN de manera global es de un 95.22% lo que indica que una buena remoción ya que en los sistemas de tratamiento naturales las tasas de remoción son cercanas al 90% o más. Sin embargo, la eficiencia de remoción de carga orgánica por DQO en los diferentes procesos muestran grandes deficiencias esto se debe a la falta de mantenimiento que presentan. Y finalmente el tanque Imhoff presenta una eficiencia del 50% que puede considerarse como una eficiencia óptima en remoción de carga orgánica evaluada por DQO según la guía para el diseño de tanques sépticos, Imhoff y lagunas (OPS/CEPIS, 2005) (Guzmán M. S., 2013). Así mismo (Castillo & Martínez, 2019) en su investigación aplicada no experimental denominada “Alternativas de optimización técnico – económicas del tratamiento preliminar y biológico (tanque Imhoff y humedal de flujo subsuperficial) para la PT a la PTAR de Sotaquir AR de Sotaquirá – Boyacá” tuvo como objetivo diagnosticar las condiciones fisicoquímicas y de operación de tratamiento en tanque Imhoff y humedal de flujo subsuperficial, concluyó que las eficiencias en la remoción de contaminantes de cada una de estas operaciones unitarias son deficientes, donde se demuestra que no existen diferencias significativas de remoción de muchos compuestos como DQO entre otros, además a ello se encontró que la operación

del tanque imhoff es deficiente debido a los valores de la carga masica hallados, es decir existe una relacion entre ambos variables. Tambien (JABO, 2017) en su tesis denominada “Tratamiento de aguas residuales en el tanque Imhoff para disminuir la contaminación en la quebrada Sicacate del distrito de Montero” tuvo como objetivo disminuir la contaminación de la quebrada Sicacate mediante el tratamiento de aguas residuales del tanque Imhoff del distrito de Montero. Fue una investigación de enfoque mixto, de nivel explicativo, de diseño experimental y corte longitudinal Se realizaron análisis físicos tales como temperatura, sólidos totales y turbidez; y análisis químicos tales como pH, DBO y DQO. La Demanda Química de Oxígeno (DQO) existente en el efluente en el año 2016 es de 380 mg/l; y el efluente del año 2017 es de 280 mg/l; concluyo que, con estos resultados, se pudo obtener el grado de reducción de materia orgánica y carga bacteriana. En el caso de las bacterias degradadoras se logró reducir la concentración de DQO se redujo hasta el 34.2%, en el caso de pH, también se logró que aumente su valor más básico, favoreciendo las condiciones para ambos tratamientos realizados, Asi mismo Vela (2018) en su tesis titulada “Eficiencia de un tanque Imhoff-HA a escala, para mejorar la calidad de las aguas servidas municipales del distrito de Habana, Moyobamba” tuvo como objetivo comprobar la eficiencia de un tanque Imhoff-HA como parte del mejoramiento del tratamiento de las aguas servidas municipales, en este caso del distrito de Habana. Fue una investigación de enfoque cualitativo, diseño experimental de corte longitudinal. Para la recolección de datos se realizó un monitoreo de 3 meses cada 15 días, realizando el análisis de los siguientes parámetros: pH, Temperatura, Turbidez, Sólidos totales en suspensión, Nitratos, Fosfatos y Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO). Obteniéndose como resultado que, los valores de pH obtenidos oscilan entre 7.12 y 7.00, para temperatura entre 25.5 °C y 25.0 °C, para turbidez valores entre 9.38 UNT y 6.89 UNT, para SST valores entre 13 mg/l y 8 mg/l, para nitratos los valores oscilan entre 0.23 mg/l y 0.04 mg/l, para fosfatos valores entre 5.26 mg/l y 3.33 mg/l y para DBO5 valores que oscilan entre 11.45 mg/l y 3.69 mg/l. Los resultados promedios porcentuales de remoción global en el sistema integrado, se obtuvo para turbidez de 84.14%, para sólidos totales en suspensión 94.82%, para nitratos 35.78%, para fosfatos 65.57% y para DBO5 93.99%, en resumen, alcanzó una eficiencia que oscila entre en 35% al 95% en todos los parámetros caracterizados. Concluyéndose que un sistema integrado de tanque Imhoff y humedal

artificial es eficiente para mejorar la calidad de las aguas servidas municipales de dicho distrito.

(Mejía-López, Cabrera, & Carrillo, 2017) en su investigación denominada “REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS PRESENTES EN AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA MEDIANTE PROTOTIPO A ESCALA DE LABORATORIO” tubo como objetivo diseñar, construir y operar un prototipo a escala de laboratorio, evaluar la eficiencia mediante el porcentaje de remoción de materia orgánica en términos de DQO; concluyo que, con los datos obtenidos al final de los 60 días del tanque séptico se estimó el tiempo de mantenimiento de la planta existente en la comunidad de Pulinguí siendo un aporte técnico-social a esta comunidad lograr un porcentaje de remoción del 88% de la materia orgánica expresada en DQO y cuyo contenido de materia orgánica, es muy variable no afecta el sistema una vez estabilizado. Otro resultado fue el de Blas (2018) en su tesis titulada “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” tubo como objetivo determinar y mejorar la eficiencia del sistema de tanque séptico y filtro Biológico en el tratamiento de aguas residuales en la Localidad de Jivia. Fue una investigación de tipo aplicada, de nivel descriptivo y diseño no experimental. La población de estudio fue el agua residual de la PTAR de la localidad de Jivia, con una muestra de puntos en la entrada del tanque séptico y efluente de filtro biológico. Los resultados de la investigación evidencian la eficiencia de la remoción de la cantidad de carga orgánica de los SST (Sólidos Totales en Suspensión) en el efluente de la planta de tratamiento de agua residual. Concluyéndose que, según las normas legales los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR, sobre sólidos totales en suspensión, es recomendable que sea menores a 150 mg/L de SST, de modo que el efluente tratado del sistema de tratamiento de la localidad de Jivia, si cumple para la descarga al cuerpo receptor. Tambien (ROSALES, 2021) en su investigación de tipo experimental denominada “DETERMINACIÓN DEL INCREMENTO DE NITROGENO AMONIACAL EN LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS UTILIZANDO UN SEDIMENTADOR PRIMARIO PARA DIFERENTES CONDICIONES HIDRÁULICAS EN CLIMAS ANDINOS TUYU, MARCARA

2019” tuvo como objetivo describir el comportamiento de la temperatura, pH, caudal, tiempo de retención, turbiedad y oxígeno disuelto en el efluente y afluente de los sedimentadores primarios y evaluar el comportamiento del incremento de N-amoniaco del afluente y efluente de los sedimentadores primarios (tanque séptico) a diferentes condiciones hidráulicas, concluyo que la temperatura en los tanques sépticos tuvo variación mínima entre los tanques sépticos y teniendo un promedio general de 17,9 °C entre los 4 tanques sépticos valor que se encuentra dentro del rango para el desarrollo de procesos biológicos, el Ph presentó una variación mínima entre tanques con un valor promedio general de 7,5 que se encuentra en el rango para el desarrollo de los procesos biológicos, el caudal de ingreso a todas las unidades no muestra variación significativa por lo que podemos afirmar que el caudal de ingreso fue homogéneo durante la investigación, la turbiedad presentó una variación mínima entre grupos teniendo un valor promedio de remoción del 63 % siendo el mejor el tanque número 3 con una eficiencia del 65% lo que nos demuestra la funcionalidad de la unidad de tratamiento al ser un sedimentador primario. El tiempo de retención presentó una variación mínima con un valor promedio general de 5.19 horas (0.22 días).

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Influencia de la remoción de la carga másica

A. Sedimentadores Primarios

Para la variable independiente “Eficiencia del tanque Imhoff, sedimentador dormunt y tanque séptico en la remoción de la carga másica”, se dice que los sedimentadores primarios son unidades que forman parte del tratamiento primario que son complementarios a los preliminares. Los tanques de sedimentación pueden proporcionar el principal grado de tratamiento del agua residual, o se pueden emplear como paso previo al tratamiento posterior. Cuando se utilizan como único medio de tratamiento, estos tanques sirven para la eliminación de: (1) sólidos sedimentables capaces de formar depósitos de fango en las aguas receptoras; (2) aceite libre, grasas, y otras materias flotantes, y (3) parte de la carga orgánica vertida a las aguas receptoras (DURÁN, 2008) y afirmo lo siguiente:

Cuando los tanques de sedimentación se emplean como paso previo de tratamientos biológicos, su función es la reducción de la carga afluente a las unidades de tratamiento biológico. Los tanques de sedimentación bien dimensionados y explotados con eficiencia eliminan entre el 50 y el 70 % de los sólidos suspendidos y pueden incluir:

- a. Tanque Imhoff.
- b. Sedimentación simple (primaria).
- c. Sistemas de Fosa Séptica

B. Tanque Imhoff

El tanque Imhoff es una unidad de tratamiento primario cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos. Los tanques Imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación del agua y la digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, por ese motivo también se llama tanques de doble cámara. Los tanques Imhoff tienen una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas, sin embargo, para su uso correcto es necesario que las aguas residuales pasen por los procesos de tratamiento preliminar de cribado y de remoción de arenas. El tanque Imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimientos: cámara de sedimentación, cámara de digestión de lodos y área de ventilación y acumulación de natas. El tanque Imhoff elimina del 40% al 50% de sólidos suspendidos y reduce el DBO en un 25 a 40%. Los lodos acumulados en el digester del tanque Imhoff se extraen periódicamente y se conducen a lechos de secados (JABO, 2017)

Ademas (Rios, 2018) afirmo lo siguiente.

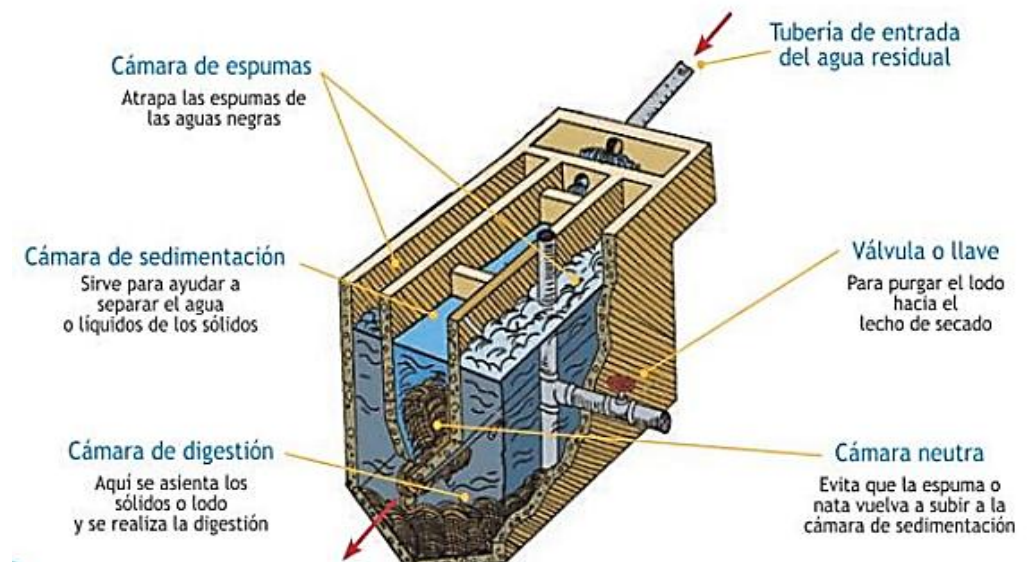
El tanque Imhoff es una unidad de tratamiento primario cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos. Para comunidades de 5000 habitantes o menos, los tanques Imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación del agua y a digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, por ese motivo también se les llama tanques de doble cámara. Los tanques Imhoff tienen una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas; sin embargo, para su uso concreto es necesario que las aguas

residuales pasen por los procesos de tratamiento preliminar de cribado remoción de arena. El tanque Imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimentos.

- Cámara de sedimentación.
- Cámara de digestión de lodos.
- Área de ventilación y acumulación de natas.

Durante la operación, las aguas residuales fluyen a través de la cámara de sedimentación, donde se remueven gran parte de los sólidos sedimentables, estos resbalan por las paredes inclinadas del fondo de la cámara de sedimentación pasando a la cámara de digestión a través de la ranura con traslape existente en el fondo del sedimentador. El traslape tiene la función de impedir que los gases o partículas suspendidas de sólidos, producto de la digestión, interfieran en el proceso de la sedimentación. Los gases y partículas ascendentes, que inevitablemente se producen en el proceso de digestión, son desviados hacia la cámara de natas o área de ventilación.

Figura 1 Tanque imhoff y sus partes



Fuente: (JABO, 2017)

a. Funcionamiento

Su funcionamiento consiste en eliminar las espumas a diario y descargarla en el respiradero de gas más próximo. Al invertir la entrada y por lo tanto la circulación del agua residual dos veces al mes se trata de igualar la cantidad de sólidos en ambos extremos del compartimiento de digestión y extrayendo fango periódicamente hacia las áreas de secado (Rios, 2018)

Ademas (Rios, 2018) afirmo que las ventajas y desventajas del sedimentador Imhoff son los siguientes:

b. Ventajas

- Contribuye a la digestión del lodo, produciendo un líquido residual de mejores características.
- No descargan lodo en el líquido efluente.
- El lodo se seca y se evacua con más facilidad, esto se debe a que contiene de 90 a 95% de humedad.
- Las aguas servidas que se introducen en los tanques Imhoff no necesitan tratamiento preliminar, salvo el paso por una criba gruesa y la separación de las arenas.
- El tiempo de retención de estas unidades es menor.
- Tiene un bajo costo de construcción y operación.
- Para su construcción se necesita poco terreno.
- Son adecuados para ciudades pequeñas y para comunidades donde no se necesite una atención constante y cuidadosa, y el efluente satisfaga ciertos requisitos normados para evitar la contaminación de las fuentes hídricas.

c. Desventajas

- Son estructuras profundas (mayores a 6m).
- Es difícil su construcción en arena fluida o en roca y deben tomarse precauciones cuando el nivel freático sea alto, para evitar que el tanque pueda flotar o ser desplazado cuando este vacío.
- El efluente que sale del tanque es de mala calidad orgánica y microbiológica.
- En ocasiones puede causar malos olores, aun cuando su funcionamiento sea correcto

C. Sedimentador Dortmund

Se construye de concreto tiene forma cónica; mantiene en reposo el agua y logra que los sólidos sedimentables decanten y caigan al fondo de la unidad. Permite que muchos flotantes que no son retenidos en las rejillas, sean retenidos en la pantalla central. En estas unidades no se tratan los lodos por lo que necesitan de tratamiento adicional que es el digestor de lodos, estos son evacuados hacia el digestor por presión hidrostática (Bruce, 2017).

Más conocidos como sedimentador cónico, a diferencia de la Fosa Séptica y los Tanques Imhoff, en estas unidades no se tratan los lodos; por lo que los lodos necesitan de tratamiento adicional. Estas unidades tienen como función la reducción de los sólidos suspendidos, grasas y aceites de las aguas residuales. Las eficiencias esperadas son del 55% de los sólidos. Cuando se utilizan coagulantes, por ejemplo, sulfato de aluminio, cloruro o sulfato férricos, para aumentar la eficiencia del sistema, este es considerado tratamiento primario avanzado. Los tanques de sedimentación pequeños deben ser proyectados sin equipo mecánico. La forma de ellos puede ser rectangular, cuadrada y circular (con una tolva de lodo central) (Carranza & Rodríguez, 2012).

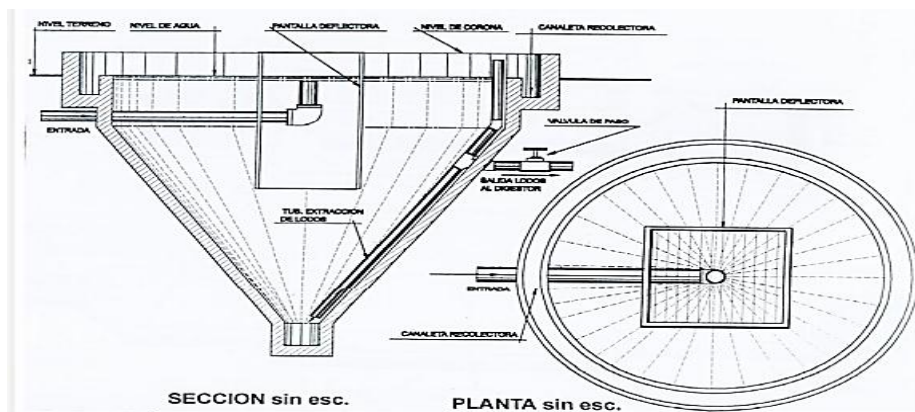
a. Sedimentador primario tipo Dortmund

El volumen necesario para el sedimentador primario es igual a la suma de los Volúmenes de agua residual para un determinado tiempo de retención (dos horas en este caso) y de lodos producidos para un determinado periodo de evacuación de lodos. Para este diseño se considerará realizar limpiezas de lodos de una vez por semana (Carranza & Rodríguez, 2012).

b. Principio de Funcionamiento

(Carranza & Rodríguez, 2012) afirma que “El tanque de sedimentación es un dispositivo que consta de dos partes, la parte superior, donde se efectúa la sedimentación de los sólidos contenidos en las aguas residuales; y la parte inferior donde se efectúa la digestión de éstos”

Figura 2 Esquema de un tanque de sedimentación Dortmund



Fuente: (Ministerio de Salud y Asistencia Social, 2005).

2.2.2. Condiciones Hidráulicas de los sedimentadores primarios

A. Caudal de operación

Uno de los parámetros o condición hidráulica más importantes, si no el principal, a la hora de elegir un sistema de sedimentación a adoptar, como su dimensionamiento es el conocimiento del caudal a tratar, es decir, el volumen de agua residual por unidad de tiempo que va entrar al sistema (SUNASS, 2017)

Asimismo, en la norma OS. 090 se establece la obligación de que cada PTAR cuente con un medidor de caudal del afluente y efluente. Actualmente, el caudal del afluente de las PTAR se determina mediante equipos de medición o por medición indirecta. 81 PTAR reportan el registro de medición y estimación (método de registro de horas del bombeo) del caudal del afluente. La mayoría de las EPS reportan sus caudales de operación sobre la base de una estimación del consumo del agua potable. No se puede aceptar este tipo de cálculo porque es necesario contar con este valor para la operación y evaluación de los procesos de tratamiento de la PTAR (RNE OS090, 2006)

Una vez se haya estimado el caudal medio diario “Qmd” con la suma de los aportes de aguas, deben estimarse el caudal mínimo y la caudal punta que puede llegar, en un momento determinado, al sistema de tratamiento de aguas residuales. Las oscilaciones abruptas de caudal pueden causar disminución en la eficiencia del tratamiento y fallas a nivel hidráulico en las unidades. Por esta razón, debe preverse

y evaluarse el funcionamiento de cada unidad y componente del sistema con cada uno de estos caudales (mínimo, medio y punta) (Lozano, 2012).

El autor (BENAVENTE, 2019) en su tesis, midió el caudal en la entrada del tanque séptico (caudal de aporte de agua residual que entra al sistema) y salida del tanque séptico. Se utilizó el método volumétrico, se tomaron mediciones usando un balde de plástico de 4 litros y se anotó el tiempo de llenado. Estos datos permitieron hallar el caudal promedio instantáneo, a partir de este valor se calcularon los caudales promedios.

B. Tiempo de retención hidráulica

Para determinar el tiempo de retención, el Manual de evaluación del Análisis de flujos y factores que determinan los periodos de retención de la OPS/CEPIS (1992), señala que: Tradicionalmente se ha empleado el parámetro tiempo o periodo de retención para el diseño de reactores. En las plantas de tratamiento se dan procesos que ocurren muy rápidamente y también con mucha lentitud. Se necesitan tiempos de retención o periodos de contacto cortos o largos para lograr la transferencia o las reacciones necesarias. Indicando que es el tiempo que tardaría una partícula cualquiera del fluido en entrar y salir de la unidad, en el caso de que todas las partículas del fluido evolucionaran en la misma forma. Cabe indicar que el caso correspondería al flujo estable ideal. En la práctica, es difícil que esto ocurra, ya que las condiciones hidráulicas del fluido (zonas muertas, corrientes de inercia, cortocircuitos hidráulicos, etcétera) hacen imposibles las condiciones de flujo estable (BENAVENTE, 2019)

C. Volumen del tanque

El volumen total del tanque se calcula tomando en cuenta la profundidad, en sedimentadores rectangulares La relación largo / ancho debe estar entre 3 y 10 (recomendable 4) y la relación largo / profundidad entre 5 y 30, en sedimentadores circulares profundidad: de 3 a 5 m, diámetro: de 3.6 a 4.5 m, pendiente de fondo: de 6% a 16% (recomendable 8%, (RNE OS090, 2006). Así mismo en el tanque Imhoff se calcula el volumen total para determinar el compartimiento de sedimentación, digestión y almacenamiento de lodos. Además (BENAVENTE, 2019) realizó un

estudio en donde el volumen de sedimentación fue de 1.37 m³ y el volumen de digestión y almacenamiento de lodos de 4.88 m³ con una tasa de acumulación de lodos de 65 L/hab. año y un intervalo de limpieza de 1 año.

D. Velocidad de sedimentación

Influencia de la velocidad de sedimentación con la eficiencia de los sedimentadores primarios es “En cuanto mayor sea su velocidad de sedimentación, y la densidad de las partículas a separar del agua, la operación será más eficaz” (CYCLUS, 2020, pág. 1) o carga superficial.

(Yactayo, 2000, pág. 23) indica que la velocidad de sedimentación es útil para diseñar ciertos tipos de sedimentadores formula de calculo es:

$$V_s = \frac{H}{T_o}$$

También:

$$V_s = \frac{Q}{A_s}$$

Donde:

V_s: Velocidad de sedimentación.

H. profundidad del sedimentador

T_o: Tiempo de retención hidráulica

Q: caudal promedio

A_s. Area de sedimentacion

Tambien “la velocidad de flujo de agua es menor a la velocidad de sedimentacion de los sólidos” (technologies, 2022) .

Velocidad horizontal

Velocidad horizontal o llamado tambien como velocidad de arrastre, se calcula de sacuerdo alas dimensiones tomadas y considerando el caudal pico o sea el caudal máximo horario, y es importante al momento del diseño del sedimentador ya que “Esta velocidad horizontal calculada se debe comparar con la velocidad de

arrastre calculada o teórica, si es menor, el material sedimentado no será resuspendido, si es mayor sucederá lo contrario y por lo tanto existe la necesidad de redimensionar el sedimentador” (AYALA, 2007, pág. 258).

Ademas (Vejaranoa, Álvarezb, & Salazar, 2018), recomienda que la velocidad horizontal del líquido V_h o de arrastre debe ser menor a 0.55cm/s o 19.8 m/hora y se calcula de la siguiente manera:

$$V_h = \frac{Q}{B \cdot H}$$

Donde:

V_h : Velocidad horizontal (m/hora)

H. profundidad del sedimentador (m)

Q: caudal promedio (m³)

B: Ancho (m)

2.2.3. Condiciones Fisicoquímicas del efluente y afluente

La característica física más importante del agua residual es el contenido total de sólidos, término que engloba a la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Otras características físicas importantes son el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbiedad (Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua, 2015) y se define algunos:

A. pH

Este parámetro es de gran importancia ya que determinar la calidad de las aguas residuales, cuando un agua residual tiene una concentración inadecuada del ión hidrógeno presentará problemas con procesos biológicos y modificar la concentración de este ión hidrógeno en el sitio de descarga. La escala indicadora de pH varía de 0 a 14 en donde los valores menores a 7 representan sustancias ácidas, las sustancias que tienen un pH igual a 7 se las conoce como neutras, y las que tienen un valor mayor a 7 son conocidas como alcalinas o básicas (Metcalf, 1995).

Las aguas residuales adversas del ion hidrogeno son dificiles de tratar biologicamente, alteran la biota de las fuentes receptoras y eventualmente son fatales para los microorganismo, aguas con pH menor de 6 en tratamiento biológico favorecen el crecimiento de hongos sobre las bacterias, a pH bajo el poder bactericida del cloro es mayor porque predomina el HCl, a pH alto la forma predominate del nitrógeno amoniacal es la forma gaseosa no ionica (NH₃), la cual es toxica, pero también removible mediante diferentes proceso de tratamiento y para la existencia de la mayoría de la vida biológica puede ser muy restritivo y critico pero generalmente es de 6.5 a 8.5 en tratamientos primarios. Para la descarga de efluente de tratamiento secundario se estipula un pH de 6.0 a 9.0, un pH alto en aguas residuales es especialmente por la baja alcalinidad. (ANDRES, 2012)

B. Temperatura

Las variaciones de temperatura que se pueden esperar de las aguas residuales en el efluente, dependen de la época del año, el lugar y la hora; las temperaturas pueden ser más altas o más bajas que los valores de entrada correspondientes, la temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto en el desarrollo de la vida acuática, como en las reacciones químicas y las velocidades de reacción, así como la habilitación del agua para ciertos usos. (YAURI L. F., 2015) este parámetro también interfiere de forma directa en las reacciones bioquímicas y enzimáticas de los microorganismos que participan en el tratamiento de las aguas residuales. (MENESES, 2010)

El aumento de temperatura acelera la descomposición de la materia orgánica, aumenta el consumo de oxigeno para la oxidación y disminuye la solubilidad del oxigeno y otros gases La densidad, viscosidad y tensión superficial disminuyen al aumentar la temperatura, o al contrario cuando esta disminuye. Estos cambios modifican la velocidad de sedimentación de partículas en suspensión y la transferencia de oxígeno en procesos biológicos de tratamiento Es un factor importante en la degradación biológica de desechos orgánicos el rango de temperatura en el Afluente es de 18-29 °C y en el Efluente 15.4-35 °C (DURÁN, 2008).

C. Turbiedad UNT

La turbiedad es otro parámetro usado para indicar la calidad de las aguas naturales y las aguas residuales tratadas con relación al material residual en suspensión coloidal (ANDRES, 2012).

D. Sólidos Suspendidos Totales (SST)

La razón por la cual es necesario minimizar la cantidad de sólidos contenidos en aguas residuales es porque estos se oxidan consumiendo oxígeno disuelto en el agua, sedimentan en el fondo de los cuerpos receptores donde modifican el hábitat natural y afectan la biota acuática (DURÁN, 2008). Además “El tratamiento primario es capaz de remover entre el 50 y 65% de los sólidos suspendidos” (VILLARROEL, 2012, pág. 16).

Los sólidos suspendidos totales disueltos, están constituidos por sólidos sedimentables, sólidos y materia orgánica en suspensión o coloidal, que son retenidos en el elemento filtrante; por ende, los SST o el residuo no filtrable de una muestra de agua doméstica o industrial, se define como la porción de sólidos retenidos por un filtro de vidrio, que posteriormente se seca a 103 – 105 °C hasta obtener un peso constante (Salazar J. O., 2015, pág. 27)

E. Taza de Acumulación de Lodos

Tasa de acumulación de lodos expresada en L/hab. año. es un valor a considerar para calcular el intervalo deseado entre operaciones sucesivas de remoción de lodos expresado en años y tiempo mínimo de remoción de lodos es de 1 año parámetros necesarios para el volumen de sedimentación del sedimentador primario, debe ser un valor de (70 L/hab. año) y diferente a ello debe ser justificado (RNE OS090, 2006).

F. Cantidad de sólidos Producidos

La cantidad de sólidos producidos expresada en Kg/día es un parámetro importante para el cálculo de producción de lodos.

G. C21oncentración de sólidos

La concentración de sólidos expresada en (%) es un parámetro importante para el cálculo de producción de lodos.

H. Carga másica (CM)

Carga contaminante o carga másica es la medida que representa la masa de contaminante por unidad de tiempo que es vertida por una corriente residual. comúnmente se expresa en T/año, T/día o Kg/d. (Tello & Villegas, 2019, págs. 38-39).

Para el Cálculo de la carga másica se calcula los parámetros importantes como la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y se utiliza la siguiente fórmula (GUDIÉL, 2013, págs. 34-35)

$$CM=[Q]* \text{Concentración (Kg/día)}$$

Donde:

CM: carga del contaminante o carga másica

[Q]=caudal de operación

Concentración = concentración de la materia orgánica DQO

La eficiencia de remoción o tratamiento de aguas residuales “Es la Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración aplicada, en un proceso o planta de tratamiento y para un parámetro específico. Puede expresarse en decimales o porcentaje (RNE OS090, 2006).

$$Ex = \frac{(Xa - Xe)}{Xa} * 100$$

Donde:

Ex = Rendimiento de la remoción (%).

Xa = X en el afluente o agua residual cruda sin tratamiento.

Xe = X en el afluente o agua tratada.

La eficiencia de un sedimentador se ve influenciado por las características de diseño y los parámetros de operación.

2.2.4. Demanda química de oxígeno (DQO)

Para (Raffo & Ruiz, 2014) “La demanda química de oxígeno (DQO) indica el contenido de materia orgánica del cuerpo de agua” .Ademas el estudio de las características químicas de las aguas residuales se aborda en los siguientes: la materia orgánica, la materia inorgánica y los gases presentes en el agua residual., el hecho de que la medición del contenido en materia orgánica se realice por separado viene justificado por su importancia en la gestión de la calidad del agua y en el diseño de las instalaciones de tratamiento de aguas (Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua, 2015) y se define algunas:

Según (Metcalf, 1995) la composición típica del agua domestica bruta de Demanda química de oxígeno (DQO) lo califica: débil 250 mg/l, media 500 mg/l y fuerte 1000 mg/l (BENAVENTE, 2019), y Segun (MADERA, 2005) se indica que el porcentaje de remoción de la DQO en el tratamiento del tanque séptico fue de 57.2%.

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Aguas residuales

Las aguas residuales son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado (JABO, 2017).

2.3.2. Agua residual doméstica

Agua de origen doméstico, comercial e institucional que contiene desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana (RNE OS090, 2006).

2.3.3. Sedimentación primaria

Remoción de material sedimentable presente en las aguas residuales crudas. Este proceso requiere el tratamiento posterior del lodo decantado (RNE OS090, 2006).

2.3.4. Efluente

Líquido que sale de una unidad o lugar determinado, por ejemplo, agua que sale de una laguna de estabilización (OPS, 2005).

2.3.5. Afluente

Agua u otro líquido que ingresa a un reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento (RNE OS090, 2006).

2.3.6. Tratamiento

Es el proceso o serie de procesos a los que se someten las aguas residuales, con el objeto de disminuir o eliminar características perjudiciales de los contaminantes a la infraestructura de alcantarillado y a los procesos biológicos a los que se sometan, a fin de cumplir con las normas técnicas de calidad ambiental vigentes (Bruce, 2017).

2.3.7. Sedimentadores primarios

Remoción de material sedimentable presente en las aguas residuales crudas. Este proceso requiere el tratamiento posterior del lodo decantado (RNE OS090, 2006).

2.3.8. Tanque Imhoff

El tanque Imhoff es una unidad de tratamiento primario cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos. Los tanques Imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación de agua y la digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, por ese motivo también se llama tanques de doble cámara (JABO, 2017)

2.3.9. Sedimentador Dormund

Son conocidos también como sedimentadores cónicos, se construyen de concreto tiene forma cónica; mantiene en reposo el agua y logra que los sólidos sedimentables decanten y caigan al fondo de la unidad. Permite que muchos flotantes que no son retenidos en las rejillas, sean retenidos en la pantalla central (Bruce, 2017).

2.3.10. Volumen del tanque

El volumen total del tanque se calcula tomando en cuenta la profundidad, en sedimentadores rectangulares o circulares, La relación larga/ancho y la relación larga/profundidad, profundidad, diámetro, pendiente de fondo. (RNE OS090, 2006).

2.3.11. Caudal de operación

Es el volumen de agua residual por unidad de tiempo que va entrar al sistema de tratamiento (SUNASS, 2017).

2.3.12. Condiciones químicas del agua residual

Existen una serie de parámetros que tienen una especial importancia para describir composición de las aguas residuales, que son la materia orgánica, la materia inorgánica y los gases presentes en el agua residual, que juntos establecen en que condiciones químicas se encuentra el agua residual en estudio (Raffo & Ruiz, 2014).

2.3.13. Demanda química de oxígeno (DQO)

Medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio (RNE OS090, 2006).

2.3.14. Condiciones físicas del agua residual

Las características físicas más importantes del agua residual son el contenido total de sólidos, término que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Otras características físicas importantes son el olor, la temperatura, la densidad, el

color y la turbiedad (Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua, 2015).

2.3.15. Sólidos en suspensión

Los sólidos en suspensión pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaeróbicas cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático (JABO, 2017)

2.3.16. Caudal

Volumen de agua que pasa por un punto dado por unidad de tiempo. Se expresa normalmente en l/seg o m³/seg (OPS, 2005).

2.3.17. pH

Logaritmo con signo negativo de la concentración de iones hidrógeno, expresado en moles por litro (RNE OS090, 2006).

2.3.18. Temperatura

La temperatura en las aguas residuales es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y la velocidad de reacción que se producen en ellas (Perez, 2017).

2.3.19. Carga masica

Medida que representa la masa de contaminante por unidad de tiempo que es vertida por una corriente residual. Comúnmente se expresa en T/año, T/día o Kg/d (Tello & Villegas, 2019)

2.3.20. Eficiencia de remoción o tratamiento

Es la relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración en el efluente para un proceso o planta de tratamiento y un parámetro específico, normalmente se expresa en porcentaje (Muñoz & Reyes, 2013).

III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipos de investigación

La investigación según su propósito o aplicación es aplicada y orientada a lograr un nuevo conocimiento destinado a procurrar soluciones Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) y correlacional debido a que la investigación lleva a cabo para medir dos variables y se utiliza para explorar hasta qué punto se relacionan dos variables en un estudio (logo, 2022) debido a que en esta investigación se compara tres tecnologías diferentes sin grupo de control.

3.2. Diseño

Según su enfoque

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) los estudios cuantitativos representan un conjunto de procesos sistemáticos secuenciales y probatorios; cada etapa precede a la siguiente y no puede eludir pasos, el orden es riguroso y se mide las variables en un determinado contexto; asimismo se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos y finalmente se extrae una serie de conclusiones.

En ese sentido, la presente investigación fue cuantitativa y deductivo, ya que empleó métodos estadísticos para el procesamiento de los resultados obtenidos mediante pruebas y mediciones, todo esto producto de la evaluación de eficiencia del tanque Imhoff, sedimentador Dortmund y tanque Séptico.

Según su orientación

Según su orientación fue una investigación aplicada ya que estuvo orientada a obtener nuevos conocimientos sustentándose en teorías anteriores. Asimismo, se centró

específicamente en la resolución práctica del problema establecido con en un momento dado.

Según su nivel

Para Hernández, Fernández y Baptista (2014) los estudios explicativos pretenden establecer las causas de los eventos, sucesos o fenómenos que se estudian, explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o porqué se relacionan dos o más variables.

En ese sentido la investigación se planteó de nivel explicativo ya que se realiza el estudio de comparación de grupos de investigación distintas los cuales son la eficiencia de remoción del tanque imhoff, sedimentador dormund y tanque séptico ya que se estableció la causa de porque un sedimentador es más eficiente que otro y que parámetros analiza cada uno, en relación a la remoción de la carga másica.

Asimismo, fue de corte longitudinal y prospectivo ya que la recolección de datos se dio en distintos periodos de tiempo previamente establecido por el investigador.

Tabla 2

Diseño de investigación

DISEÑO DE BLOQUES	BLOQUE 01	Unidad de análisis (S)	
	(AFLUENTE Y EFLUENTE DEL TANQUE IMHOFF)	Punto de Muestreo (P)	S1: M1P0; M2, M3, ..., Mn S1: M1P1; M2, M3, ..., Mn
		Medición (M)	
	BLOQUE 02	Unidad de análisis (S)	
	(AFLUENTE Y EFLUENTE DEL SEDIMENTADOR DORMUND)	Punto de Muestreo (P)	S2: M1P0; M2, M3, ..., Mn S2: M1P2; M2, M3, ..., Mn
		Medición (M)	
	BLOQUE 03	Unidad de análisis (S)	
	(AFLUENTE Y EFLUENTE DEL TANQUE SÉPTICO)	Punto de Muestreo (P)	S3: M1P0; M2, M3, ..., Mn S3: M1P3; M2, M3, ..., Mn
		Medición (M)	

Leyenda:

P0: Agua residual al ingreso de los sedimentadores primarios.

S: S1, S2, S3 son sedimentadores primarios tanque Imhoff, sedimentador Dourmund y tanque séptico.

M: Número de mediciones de los indicadores de acuerdo a cada variable en la entrada y salida de cada sedimentador primario.

P: Punto de muestreo a la salida de los sedimentadores

3.3. Métodos o técnicas

La metodología de la presente investigación consta de las siguientes fases:

Gráfica 1

Procedimiento de la investigación



3.3.1. Etapa 01: Diseño e instalación del prototipo

En la primera etapa se desarrollan las siguientes actividades:

- Caracterización del agua residual doméstica cruda provenientes del centro poblado de Tuyu - Marcara- Carhuaz.
- Diseño de las unidades de análisis: sedimentadores primarios Tanque Imhoff, sedimentador Dourmund y tanque séptico.

Se realizó el dimensionamiento de los sedimentadores primarios (tanque Imhoff, sedimentador Dourmund y tanque séptico) el cual se muestra en la Tabla 3, de los cuales se presenta el consolidado de diseño en mostrados en el anexo 1.1, 1.2 y 1.3

Tabla 3

Parámetros y dimensiones de los sedimentadores primarios

PARAMETROS	TANQUE IMHOF	SEDIMENTADOR DORMUNT	TANQUE SÉPTICO
Caudal de Diseño(m ³ /día)	1.280	1.280	1.280

Caudal de Operación (m3/dia)	1.280	1.280	1.280
Volumen útil del tanque (m3)	0.59	0.54	0.507
Largo (m)	1.14	-	1.3
Ancho (m)-Diametro	1.02	0.8	0.65
Profundidad (m)	1.44	1.23	0.75
Velocidad de Sedimentacion Vs (m3/m2.hora)	1.871	2.546	2.33
Relacion Hidraulica Vh/Vs	0.22	0.08	0.06

- Implementación e instalación de las unidades de análisis: sedimentadores primarios Tanque Imhoff, sedimentador Dourmund y tanque séptico de los cuales su construcción se desarrollo de acuerdo al plano mostrados en el anexo.

La planta de tratamiento Piloto se encuentra ubicada en la cordillera blanca entre las coordenadas UTM 8968390 N y 214632 E en el centro poblado de 0206060027 – TUYU, Distrito de Marcara, Provincia de Carhuaz, Departamento de Ancash, que comprende un área aproximada de 145 m² y altura promedio de 2850 m.s.n.m.

Imagen 1 Ubicación de la instalación de los prototipos



- Puesta en marcha de las unidades de análisis: sedimentadores primarios Tanque Imhoff, sedimentador Dourmund y tanque séptico, se desarrollo con el efluente de agua de tratamiento de los sedimentadores primarios.

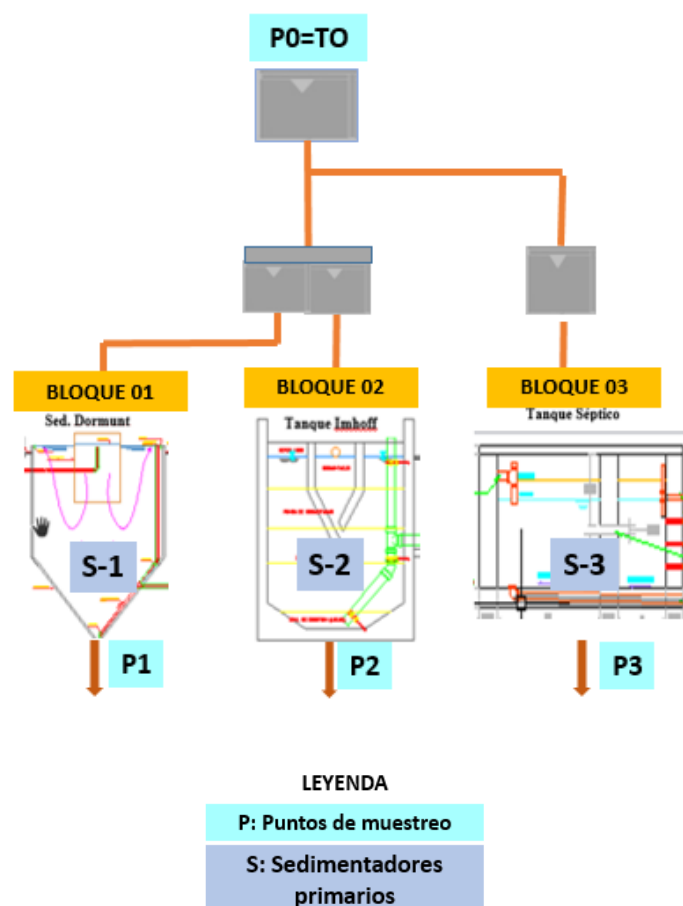
Cabe mencionar que el diseño e implementación del tanque séptico fue realizado por los tesisistas del grupo de Tanque séptico en el centro de investigación Tuyu-Marcara de la UNASAM paralelamente con la implementación del tanque Imhoff y dormund.

3.3.2. Etapa 02: Toma de muestra

Los puntos de monitoreo se ubicaron en el ingreso de agua residual a los prototipos (PM1=T0) y salida de los prototipos (PM2=TS1, PM3=TS2 y PM4=TS3) de sedimentadores primarios: Tanque Imhoff (TS1), Sedimentador Dourmund (TS2) Tanque séptico (TS3), así como se muestra en la Gráfica 2.

Gráfica 2

Puntos de muestreo para Toma de Datos



Se realizaron las mediciones en la entrada (01 punto) y en la salida (03 puntos) de los siguientes parámetros:

- Parámetros medidos en el afluente:
 - ✓ Caudal de operación

- ✓ DQO
- ✓ Ph
- ✓ Temperatura
- ✓ Turbiedad
- ✓ Solidos suspendidos totales
- Parámetros medidos en el afluente:
 - ✓ Caudal de operación
 - ✓ DQO
 - ✓ Ph
 - ✓ Temperatura
 - ✓ Turbiedad
 - ✓ Sólidos suspendidos totales

La frecuencia de la toma de datos o monitoreo para el estudio fue de manera semanal con muestras puntuales realizados por el tesista teniendo en cuenta los protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, recomendados en la RM 273-2013-VIVIENDA, los materiales empleados fueron: agua destilada con piceta, reactivos de ph, frascos de plástico de 1 litro , vasos descartables, ficha de registro de datos de campo y lapicero, también los equipos que se emplearon fueron : equipo de medición de pH y temperatura, cronómetro y cámara mediante el celular, así mismo la indumentaria que se empleo fue: guantes quirurgico, mascarillas KN-95, Lentes y guardapolvo.

Los análisis de parámetros fue realizado en el laboratorio del centro de investigación de Tuyu -Marcara que se ubica a unos metros de los puntos de monitoreo, el cual se implemento y calibro por los tesistas previo ala etapa de muestreo los cuales se usara para ensayos de laboratorio segun el Método estándar para la medición de parámetros APHA, AWWA and WEF Standard Methods for the Analysis of Water and Wastewater realizado por un analisita de laboratorio de calidad ambiental-Unasam bajo supervisión drante 16 semanas y el monitoreo de datos se detalla en la

Tabla 4.

Tabla 4

Indicadores e instrumentos de recolección de datos

Variables Independiente	Indicadores	Escala de medición	Técnica	Instrumento	Descripción
Eficiencia del tanque Imhoff, sedimentador dormunt en la remoción de la carga másica Eficiencia del tanque Imhoff, sedimentador dormunt en la remoción de la carga másica	Caudal de operación	M3/día	Método de observación - Método de análisis Documental	Recipiente graduado y cronometro	Método volumétrico de Medición de caudales
	Tiempo de Retención Hidráulica	Horas	Medición indirecta	Cálculo	Método de Cálculo
	Potencial de Hidrogeno pH	Identificación	Prueba estandarizada	SMEWWAPHA-AWWAWEF Parte 4500H+ B, 23a Edición	Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales, Edición 23rd 2017. Método del Valor de PH - Método electrométrico
	Temperatura	°C	Prueba estandarizada	SMEWWAPHA-AWWAWEF Parte 2550 B.	Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales, Edición 23rd 2017. Método de Temperatura de laboratorio y de campo
	Turbiedad	UNT	Prueba estandarizada	SMEWWAPHA-AWWAWEF Parte 2130B	Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales, Edición 23rd 2017. Método nefelométrico
	Sólidos Suspendidos totales (SST)	mg/L	Prueba estandarizada	SMEWWAPHA-AWWAWEF Parte 2540 D	Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales, Edición 23rd 2017. Método Parte 2540 D
	Tasa de acumulación de lodos	L/hab. Dia	Medición indirecta (semanal)	Cálculo	Método de Cálculo y análisis documental
	Concentración de solidos	%	Medición indirecta (semanal)	Cálculo	Método de Cálculo y análisis documental
	cantidad de solidos producidos	kg/dia	Medición indirecta (semanal)	Cálculo	Método de Cálculo y análisis documental

	Carga masica	Kg/dia	Medición indirecta - Método de análisis Documental	Cálculo mediante Antecedentes y documentos de investigación.	Método de Cálculo y análisis documental
	Caudal de operación	M3/dia	Método de observación - Método de análisis Documental	Recipiente graduado y cronometro	Método volumétrico de Medición de caudales
	Tiempo de Retención Hidráulica	Horas	Medición indirecta	Cálculo	Método de Cálculo
Variabes Dependiente	Indicadores	Escala de medición	Tipo de variable	Instrumento	Descripcion
DQO de las aguas residuales domesticas	Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	Prueba estandarizada	SMEWWAPHA-AWWAWEF Parte 5220 D	Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales, Edición 23rd 2017. Método colorimétrico a refluj cerrado

3.3.3. Etapa 03: Procesamiento de datos

Se elaboró tablas y cuadros de los indicadores por cada semana de monitoreo y gráficos para el análisis e interpretación de todos los datos monitoreados y recolectados, la organización de datos: condiciones hidráulicas y fisicoquímicas de los sedimentadores primarios para las 16 semanas se presenta en los anexos 5.1, 5.2 y 5.3, para el indicador de carga másica y su eficiencia se presenta en el anexo 5.4. para esta etapa se siguió los siguientes pasos:

- o Tabulación de los resultados de ensayos de laboratorio y datos de campo en programa Excel.
- o Cálculo de la carga másica para cada unidad de análisis Tanque Imhoff, Sedimentador Dourmund y tanque séptico y tabulación en programa Excel la eficiencia de remoción de la carga másica en función de la DQO.
- o Comparación de los sedimentadores primarios tanque Imhoff, sedimentador dormund y tanque séptico con los resultados obtenidos de la eficiencia de remoción de la carga másica en función de la DQO mediante gráficas y análisis estadístico, de acuerdo a los objetivos e hipótesis planteadas y estos valores son obtenidos de la investigación realizada por una tesista.

3.3.4. Etapa 04: Análisis e interpretación

En esta etapa de procesamiento y análisis de los datos que se obtuvieron durante la caracterización de la muestra se aplicara el uso de gráfico de cajas y bigotes, intervalos y de puntos con intervalo de confianza del 95% mediante el Método de coeficiente de pearson por ello los pasos para el análisis estadístico primero fue la parte descriptiva (gráficas de cajas e intervalos), después de ello la prueba de normalidad para identificar que tipo de prueba estadística se va utilizar, ya sea pruebas paramétricas o no paramétricas y por último viene a ser la contrastación de hipótesis utilizando la prueba de correlación de Pearson para encontrar la relación o correlación entre los variables e intepretar el comportamiento del sedimentador primario: tanque Imhoff, sedimentador dormund y tanque séptico en el proceso de tratamiento de las aguas residuales con respecto a la eficiencia de emosion de la carga másica en función a la DQO.

3.4. Población o Universo

En la presente investigación la población de estudio estuvo conformada por las aguas residuales domésticas del Centro Poblado de Tuyururi, Distrito de Marcará que ingresan al prototipo de sedimentadores primarios tanque Imhoff, sedimentador dormund y tanque séptico.

Muestra: El tipo de muestreo fue no probabilístico, y por cuotas; debido a que la localidad cuenta con una descarga de aguas residuales que llega tanques sedimentadores primarios tanque Imhoff, sedimentador Dortmund, tanque Séptico, el cual permitirá tener tres cargas másicas en función de las DQO distintas del efluente, para nuestro caso fue de 1.28 m³/d el caudal de operación de cada sedimentador primario tanque Imhoff, sedimentador Dortmund, tanque Séptico.

Unidad de análisis: la unidad de análisis fueron los sedimentadores primarios tanque Imhoff, sedimentador dormund y tanque séptico con diferentes eficiencias de remoción de carga másica en función a la DQO.

3.5. Instrumentos validados de recolección de datos

Los datos recopilados se realizo en función alas variables de estudio de la investigación, así también los parámetros de campo se realizó insitu mediante el uso de equipos calibrados previo al monitoreo, también el análisis de laboratorio se

desarrollo en el centro de investigación Tuyururi – Maracara de la universidad mediante la aplicación de los métodos estandarizados (Metodo APA -estándar Methods 5210 A) y el uso de equipos calibrados y realizado bajo supervisión un analista capacitados de laboratorio de calidad ambiental-Unasam. Los instrumentos utilizados para la presente investigación comprenderán las fichas técnicas de observación, fichas de ensayo de campo y laboratorio y métodos estandarizados de análisis de agua proporcionado por el laboratorio de calidad ambiental, diversos instrumentos de medición de parámetros fisicoquímicos en laboratorio, instrumentos de medición de parámetros de campo y un cronograma de monitoreo.

3.6. Plan de procesamiento y análisis estadístico de la información

La investigación cuenta con datos cuantitativos y correlación entre las variables para ello su análisis se desarrolló en el programa Excel y en el programa estadístico SPSS empleando el coeficiente de correlación de Pearson que es adecuado para datos de escala o razón o intervalo. La correlación o coeficiente de Pearson es una prueba estadística que sirve para analizar la relación entre dos variables que se calcula a partir de las puntuaciones de una muestra para luego relacionar mediante niveles de medición de las variables o intervalos o razón.

El coeficiente r de Pearson puede variar de -1 a $+1$ distribuidos de la siguiente manera:

- $-1=r$, hay una relación negativa muy alta entre ambas variables.
- $-1<r\leq-0.8$, hay una relación negativa alta entre ambas variables.
- $-0.8<r\leq-0.5$, hay una relación negativa media entre ambas variables.
- $-0.5<r<0$, hay una relación negativa baja entre ambas variables.
- $0=r$, no hay ninguna relación entre ambas variables.
- $0<r<0.5$, hay una relación positiva media entre ambas variables.
- $0.5\leq r<0.8$, hay una relación positiva moderada entre ambas variables.
- $0.8\leq r<1$, hay una relación positiva alta entre ambas variables.
- $1=r$, hay una relación positiva muy alta entre ambas variables

IV. RESULTADOS

En este capítulo se dan a conocer los resultados de los parámetros monitoreados de acuerdo a la operacionalización de variables, que después de la caracterización del afluente, instalación del prototipo, puesta en marcha y analizado cada uno de los parámetros en estudio en el afluente y efluente de acuerdo a los puntos de muestreo que se realizó desde el 05 de octubre del 2019 durante un periodo de 04 meses con frecuencia semanal se presentan los resultados de acuerdo a los objetivos específicos planteados en la presente investigación.

Los resultados se presentan teniendo en cuenta los parámetros evaluados, es decir se describirá la eficiencia de los sedimentadores primarios (Sedimentador Dortmund y Tanque Imhoff que se comparó con el Tanque Séptico) en la remoción de la carga másica, en función a la DQO, la carga másica al ingreso y salida de la unidad de análisis depende de parámetros como caudal y SST, los cuales contrastan y demuestran la hipótesis planteada.

4.1. Condiciones Hidráulicas

4.1.1. Caudal

Tabla 5

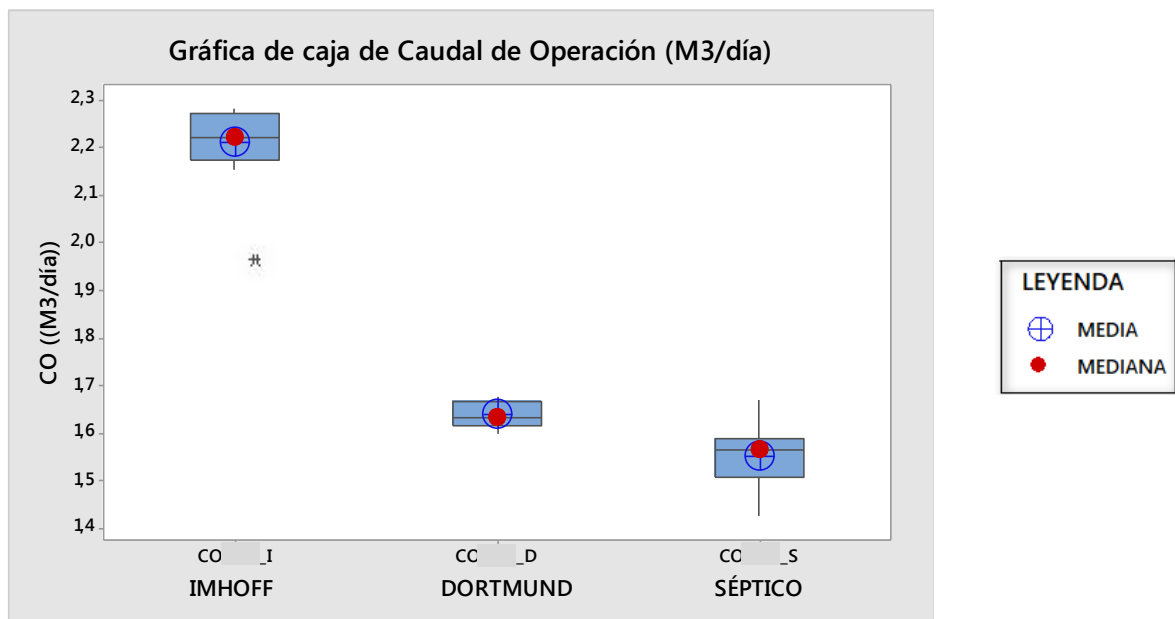
Valores de caudal de operación-CO (m³/día) en los sedimentadores primarios

Caudal (m ³ /día)	Tanque imhoff	Sedimentador Dormund	Tanque Séptico
Mínimo (Min)	2.151	1.598	1.425
Máximo (Max)	2.281	1.676	1.668
Promedio (\bar{x})	2.212	1.638	1.55
Mediana (Me)	2.220	1.632	1.564

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 3

Comparación de los sedimentadores con el Caudal de operación (m³/día)



Fuente: Elaboración propia, Minitab V.17

En la gráfica 3, se muestra la gráfica de caja o bigotes del caudal de operación (m³/día) comparando el mínimo valor (Mín.), máximo valor (Máx.), mediana (Me), y el promedio (\bar{x}), en la cual se observa que, el mayor promedio es de 2.212 (m³/día) en el tanque IMHOFF, seguido por el sedimentador DORTMUND con un promedio de 1.638 (m³/día) y el mínimo promedio de 1.550 (m³/día) en el tanque SÉPTICO; teniendo una variación mínima entre el sedimentador DORMUNT y el tanque SÉPTICO, mientras que con el tanque IMHOFF es una variación alta.

4.1.1. Tiempo de Retención Hidráulica

Tabla 6

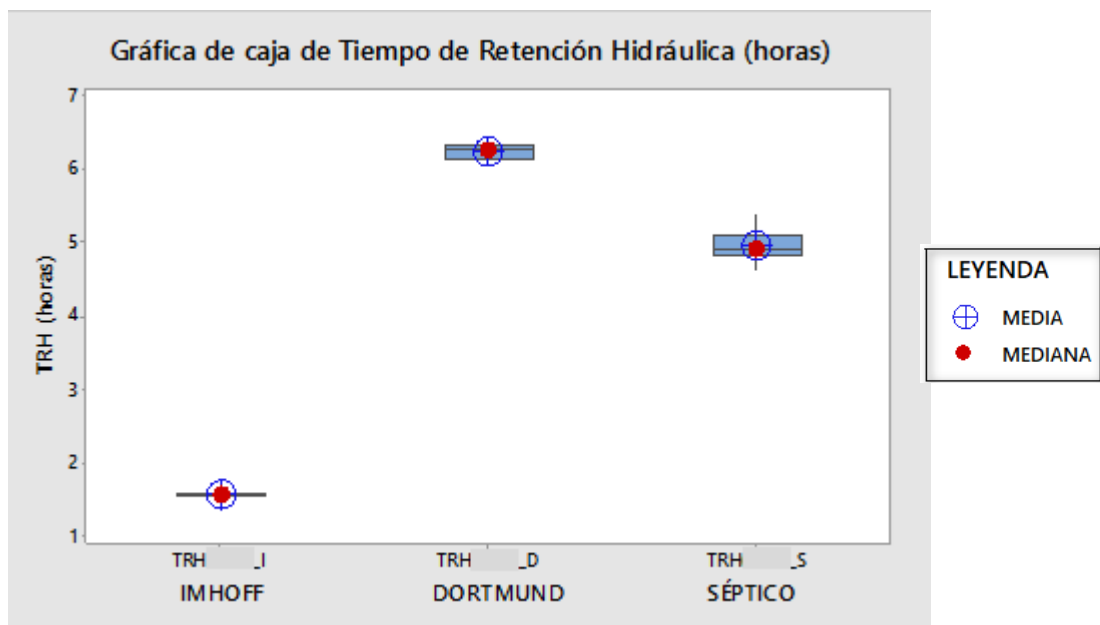
Valores de tiempo de retención hidráulica -TRH(Horas) en los sedimentadores primarios

Tiempo de Retención Hidráulicas (Horas)	Tanque imhoff	Sedimentador Dormund	Tanque Séptico
Mínimo (Min)	1.524	6.089	4.606
Máximo (Max)	1.616	6.385	5.387
Promedio (\bar{x})	1.565	6.251	4.959
Mediana (Me)	1.566	6.251	4.911

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4

Comparación de los sedimentadores con el tiempo de retención hidráulica (Horas)



Fuente: Elaboración propia, Minitab V.17

En la gráfica 4, se muestra la gráfica de caja o bigotes del tiempo de retención hidráulica (días), comparando el mínimo valor (Mín.), máximo valor (Máx.), mediana (Me), y el promedio (\bar{x}), en el cual se observa que, el mayor promedio es en el sedimentador DORTMUND con 6.251 (Horas), seguido por el tanque SÉPTICO con un promedio de 4.959 (Horas) y el mínimo promedio de 1.565 (Horas) en el tanque IMHOFF; teniendo una variación moderada entre el sedimentador DORTMUND y el tanque SÉPTICO, mientras que con el tanque IMHOFF hay una variación alta.

4.1.3. Volumen

Tabla 7

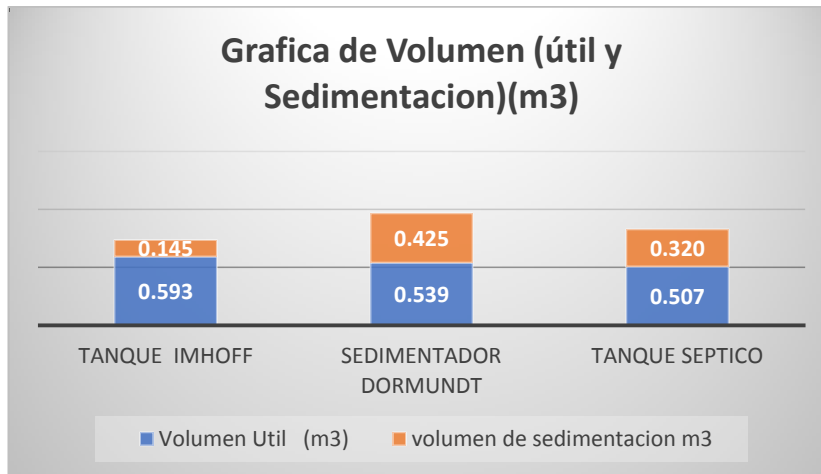
Valores de Volumen (útil y sedimentación) (m3) de los sedimentadores primarios

Volumen (m3)	Tanque imhoff	Sedimentador Dormund	Tanque Séptico
Volumen Util (m3)	0.593	0.539	0.507
Volumen de Sedimentacion(m3)	0.145	0.425	0.32

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 5

Comparación de los sedimentadores con el Volumen (útil y sedimentación) (m3)



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 5 se observa, que en el mayor volumen útil (m3) es en el tanque IMHOFF con 0.593 m3, seguido del sedimentador DORTMUND con 0.539 m3 y por último del tanque SÉPTICO con 0.507 m3; mientras que, en el mayor volumen de sedimentación (m3) es del sedimentador DORTMUND con 0.425 m3, seguido del tanque SÉPTICO con 0.320 m3 y por último del tanque IMHOFF con 0.145 m3.

4.1.4. Velocidad de sedimentación

Tabla 8

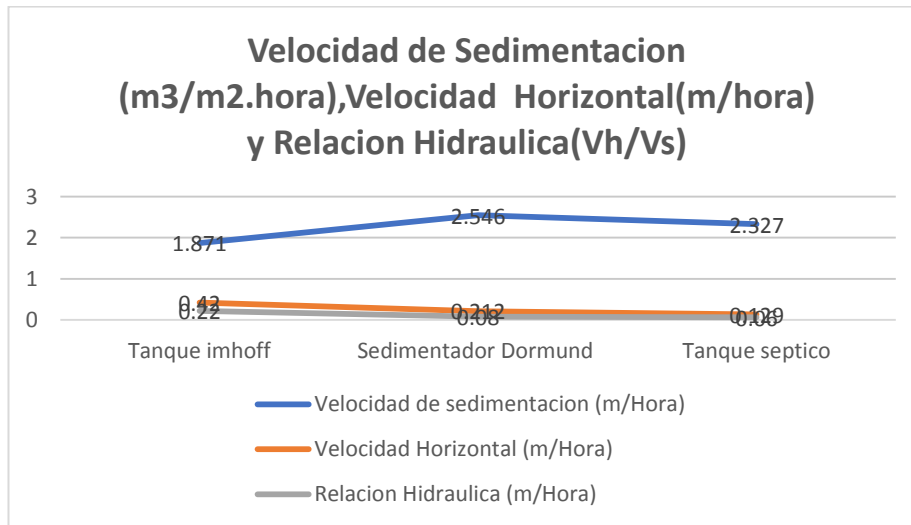
Valores de Velocidad de Sedimentación ($m^3/m^2.hora$), Velocidad Horizontal ($m/Hora$) y Relación Hidráulica en los sedimentadores

Velocidad de sedimentación	Tanque imhoff	Sedimentador Dormund	Tanque septico
Velocidad de sedimentación ($m^3/m^2.Hora$)	1.871	2.546	2.327
Velocidad Horizontal ($m/Hora$)	0.42	0.212	0.129
Relación Hidráulica	0.22	0.08	0.06

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 6

Comparación de los sedimentadores con la velocidad de sedimentación ($m^3/m^2.hora$), velocidad Horizontal($m/hora$) y relación Hidráulica (Vh/Vs).



Fuente: Elaboración propia, Minitab V.17

En la gráfica 6 se observa que, mayor velocidad de sedimentación, es en el sedimentador DORTMUND con 2.546 $m^3/m^2.hora$, seguido del tanque SÉPTICO con 2.327 $m^3/m^2.hora$ y por último del tanque IMHOFF con 1.871 $m^3/m^2.hora$, así mismo el mayor velocidad horizontal es del tanque IMHOFF con 0.420 $m/hora$, seguido del DORTMUND con 0.212 $m/hora$ y por último del tanque SÉPTICO con 0.129 $m/hora$, mientras que la mayor relación hidrualica Vh/Vs es del tanque IMHOFF con 0.22, seguido del sedimentador DORTMUND con 0.08 y por último del tanque SÉPTICO con 0.06.

4.2. Condiciones Fisicoquimicas

4.2.1. pH

Tabla 9:

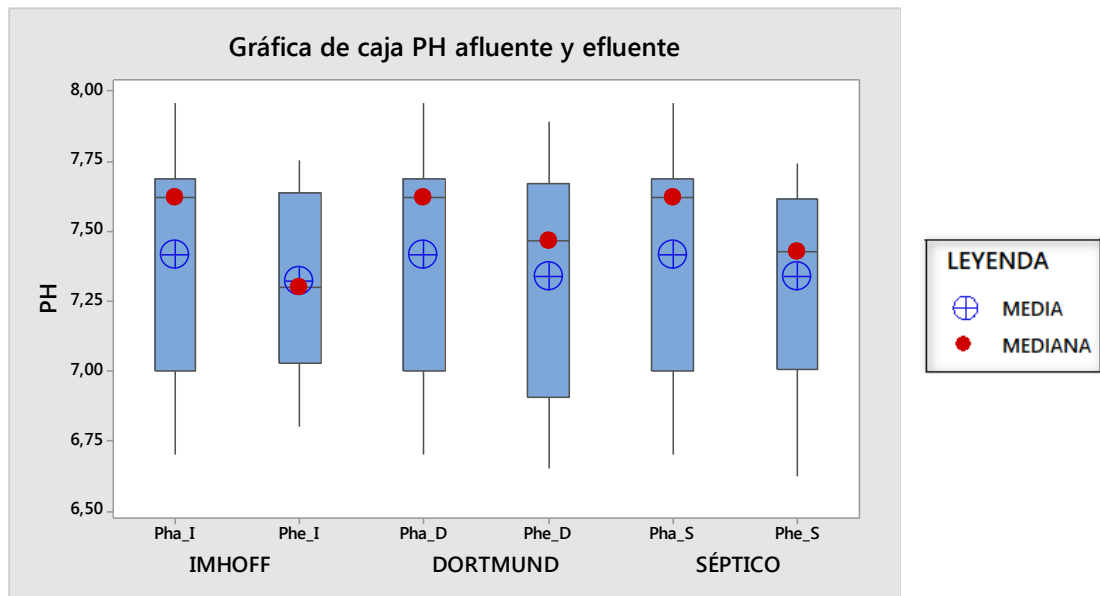
Valores de pH en el afluente y efluente de los sedimentadores primarios

Punto de Muestreo	pH	Tanque imhoff (I)	Sedimentador Dormund (D)	Tanque septico (S)
Afluente(a)	Mínimo (Min)	6.7	6.7	6.7
	Máximo (Max)	7.96	7.96	7,96
	Promedio (\bar{x})	7.41	7.41	7.41
	Mediana (Me)	7,62	7,62	7.62
Efluente(e)	Mínimo (Min)	6.8	6.65	6.62
	Máximo (Max)	7.75	7.89	7,74
	Promedio (\bar{x})	7.32	7.33	7.34
	Mediana (Me)	7,30	7,465	7,42

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 7

Comparación de los sedimentadores con el PH afluente y efluente



Fuente: Elaboración propia, Minitab V.17

En la *gráfica 7*, se muestra la gráfica de caja o bigotes del PH afluente y efluente comparando el mínimo valor (Mín.), máximo valor (Máx.), mediana (Me), y el promedio (\bar{x}) en el tanque IMHOFF, sedimentador DORTMUND y el tanque SÉPTICO, en el cual se observa que para los tres sedimentadores primarios se tienen los mismos promedios del PH afluente de 7.41; mientras que en el efluente el mayor promedio de 7.34 es en el tanque SÉPTICO, seguido por el sedimentado DORTMUND con un promedio de 7.33 y el mínimo promedio de 7.32 en el tanque IMHOFF. Además, se tiene que hay variación mínima en el Phe.

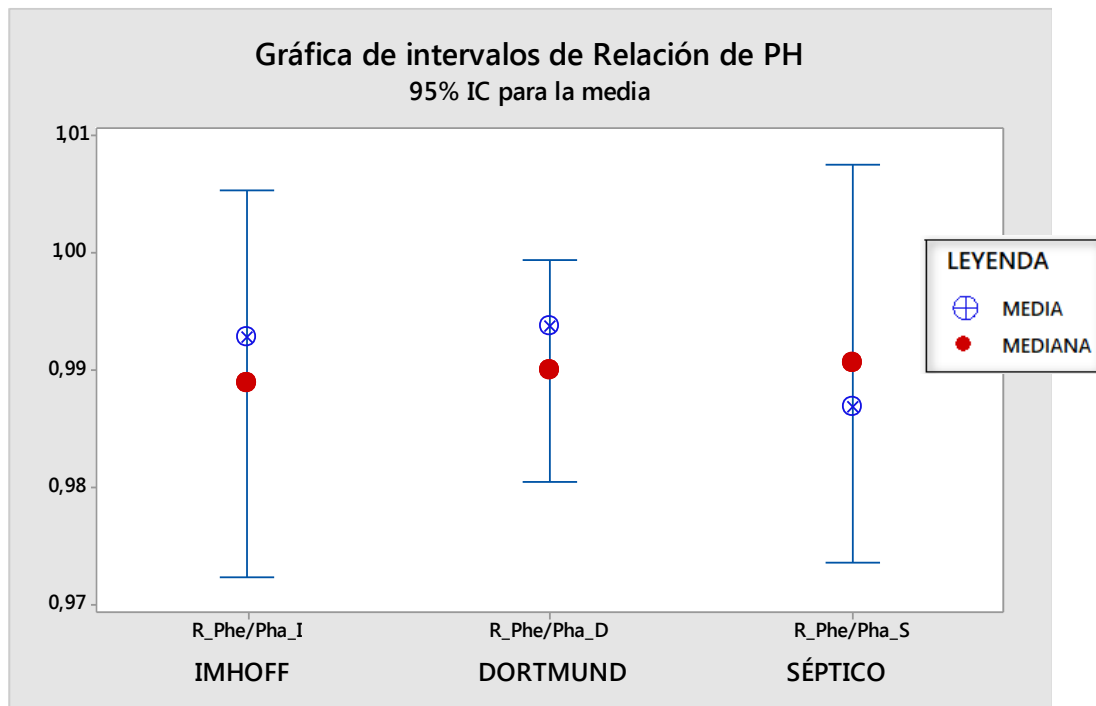
Tabla 10

Valores de relación de pH-(pHe/pHa) en los sedimentadores primarios

Intervalo de Relación pHe/pHa	Tanque imhoff (I)	Sedimentador Dormund (D)	Tanque Séptico (S)
Promedio (\bar{x})	0.992	0.993	0.986
Mediana (Me)	0.988	0.989	0.990

Gráfica 8

Comparación de los sedimentadores con el intervalo de relación de PH-(pHe/pHa)



Fuente: Elaboración propia, Minitab V.17

En la gráfica 8, se muestra la gráfica de intervalos de confianza de la relación del PH efluente y afluente (Phe/Pha), comparando la mediana (Me), el promedio (\bar{x}) en el cual indica que hay una variación mínima de salida e ingreso entre los tres sedimentadores primarios.

4.2.2. Temperatura

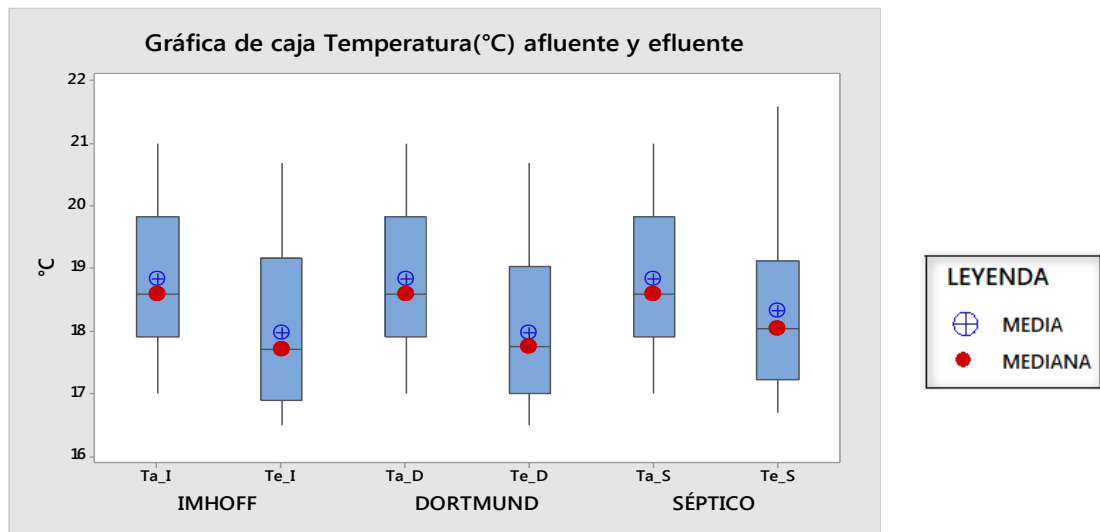
Tabla 11

Valores de Temperatura T ($^{\circ}\text{C}$) en afluente y efluente de los sedimentadores primarios

Punto de Muestreo	T($^{\circ}\text{C}$)	Tanque imhoff (I)	Sedimentador Dormund (D)	Tanque septico (S)
Afluente(a)	Mínimo (Min)	17.00	17.00	17.00
	Máximo (Max)	21.00	21.00	21.00
	Promedio (\bar{x})	18.83	18.83	18.83
	Mediana (Me)	18.60	18.60	18.60
Efluente(e)	Mínimo (Min)	16.5	16.5	16.70
	Máximo (Max)	20.7	20.7	21.60
	Promedio (\bar{x})	17.98	17.97	18.33
	Mediana (Me)	17.7	18	21.60

Gráfica 9

Comparación de los sedimentadores con la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) afluente y efluente



Fuente: Elaboración propia, Minitab V.17

En la gráfica 9, se muestra la gráfica de caja o bigotes de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) afluente y efluente comparando el mínimo valor (Mín.), máximo valor (Máx.), mediana (Me), y el promedio (\bar{x}) en el tanque IMHOFF, sedimentador DORTMUND y el tanque SÉPTICO, en el cual se observa que para los tres sedimentadores primarios se tienen los mismos promedios de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en el afluente de 18.83 y mientras que en los efluentes el mayor promedio de 18.33 $^{\circ}\text{C}$ es en el tanque SÉPTICO, seguido por el tanque IMHOFF con un promedio de 17.98 $^{\circ}\text{C}$ y el mínimo promedio de 17.97 $^{\circ}\text{C}$ en el sedimentador DORTMUND. Además, se tiene que hay variación mínima en la Te.

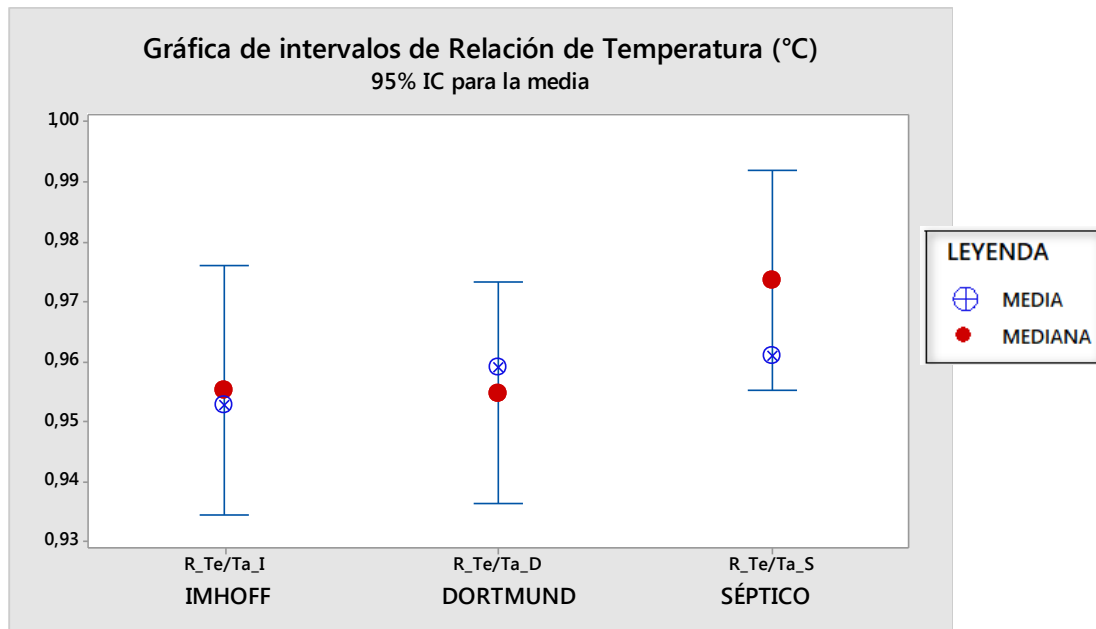
Tabla 12

Valores de intervalo de relación de Temperatura $-(T_e/T_a)$

Intervalo de Relación de Temperatura T_e/T_a	Tanque Imhoff (I)	Sedimentador Dormund (D)	Tanque Séptico (S)
Promedio (\bar{x})	0.955	0.954	0.973
Mediana (Me)	0.952	0.958	0.960

Gráfica 10

Comparación de los sedimentadores con el intervalo de relación de la temperatura (T_e/T_a)



Fuente: Elaboración propia, Minitab V.17

En la gráfica 10, se muestra la gráfica de intervalos de confianza de la relación de la temperatura (°C) efluente y afluente (T_e/T_a), comparando la mediana (Me), el promedio (\bar{x}) en el cual se indica que hay una variación mínima de salida e ingreso entre el tanque IMHOFF y el sedimentador DORTMUND, mientras que con el tanque SÉPTICO hay una variación media.

4.2.3. Turbiedad

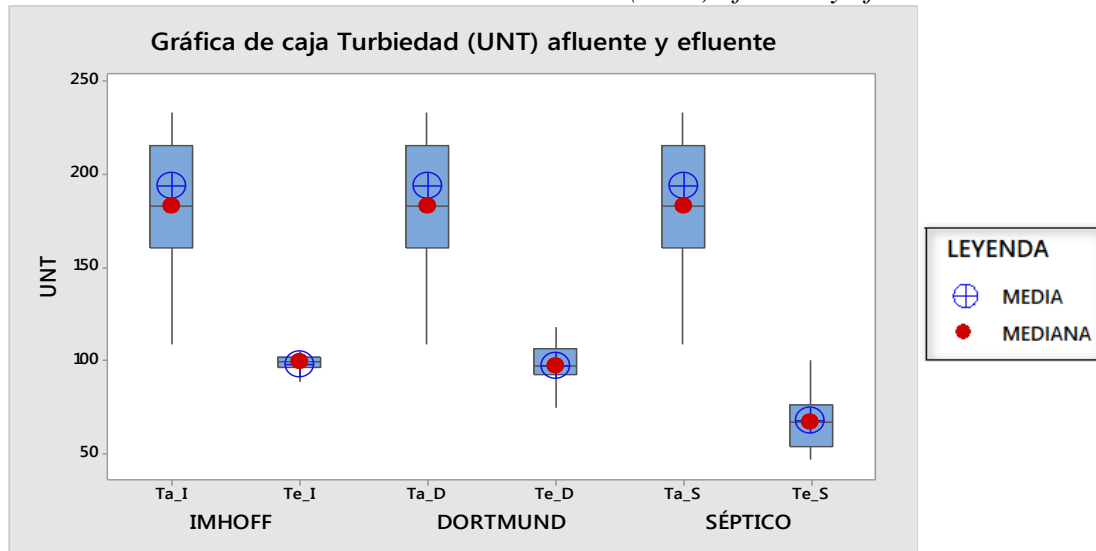
Tabla 13

Valores de Turbiedad (UNT) en el afluente y efluente de los sedimentadores primarios

Punto de Muestreo	Turbiedad (UNT)	Tanque imhoff (I)	Sedimentador Dormund (D)	Tanque Séptico (S)
Afluente(a)	Mínimo (Min)	108.60	108.60	108.60
	Máximo (Max)	233.00	233.00	233.00
	Promedio (\bar{x})	193.18	193.18	193.18
	Mediana (Me)	183.00	183.00	183.00
Efluente(e)	Mínimo (Min)	88.5	74.9	47.1
	Máximo (Max)	103.3	118.0	100.4
	Promedio (\bar{x})	193.2	96.8	67.3
	Mediana (Me)	183.0	97.1	66.6

Gráfica 11

Comparación de los sedimentadores con la turbiedad (UNT) afluente y efluente



Fuente: Elaboración propia, Minitab V.17

En la gráfica 11, se muestra la gráfica de caja o bigotes de la turbiedad (UNT) afluente y efluente comparando el mínimo valor (Mín.), máximo valor (Máx.), mediana (Me), y el promedio (\bar{x}) en el tanque IMHOFF, sedimentador DORTMUND y el tanque SÉPTICO, en el cual se observa que para los tres sedimentadores primarios se tienen los mismos promedios en la turbiedad (UNT) afluente de 193.184(UNT), mientras que en los efluentes el mayor promedio es de 96.81 UNT en el sedimentador DORTMUND, seguido por el tanque IMHOFF con un promedio de 97.44 UNT y el mínimo promedio de 67.25 UNT en el tanque SÉPTICO. Además, se tiene que hay variación mínima Te (UNT) entre en el tanque IMHOFF y sedimentador DORTMUND, mientras que con en el tanque SÉPTICO hay una variación media.

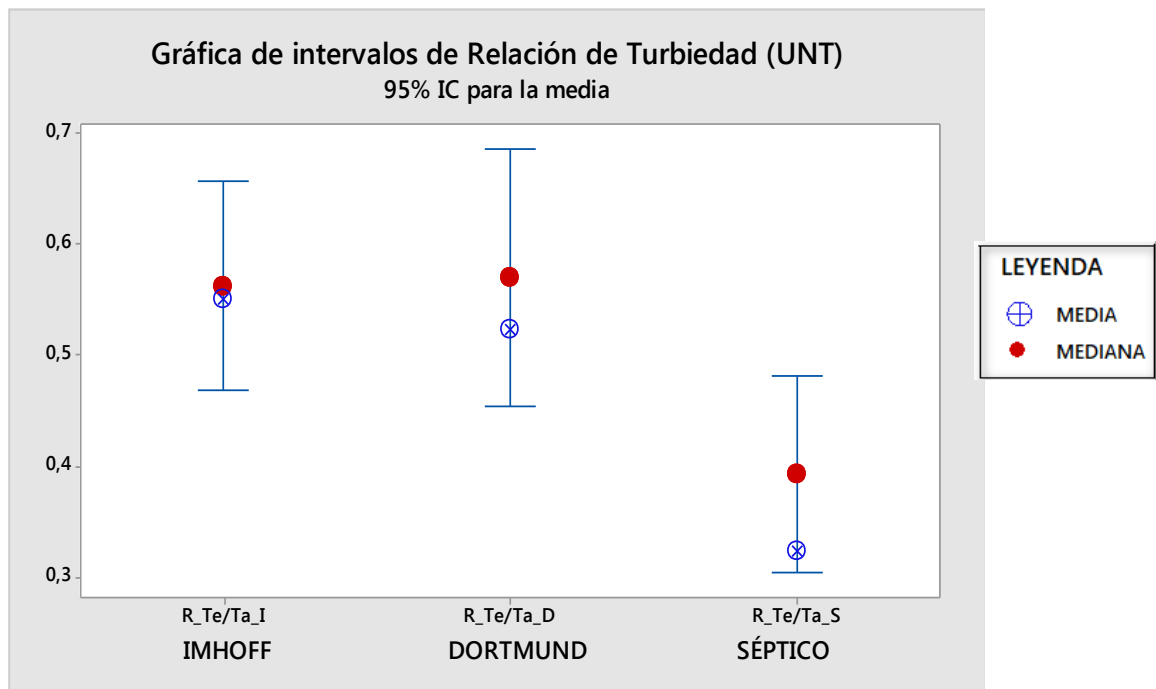
Tabla 14

Valores de intervalo de relación de Turbiedad $-(Te/Ta)$

Intervalo de Relación de Turbiedad Te/Ta	Tanque imhoff (I)	Sedimentador Dormund (D)	Tanque Séptico (S)
Promedio (\bar{x})	0.562	0.570	0.392
Mediana (Me)	0.550	0.523	0.322

Gráfica 12

Comparación de los sedimentadores con la relación de la turbiedad (UNT)



Fuente: Elaboración propia, Minitab V.17

En la gráfica 12, se muestra la gráfica de intervalos de confianza de la relación de la turbiedad (UNT) efluente y afluente (Te/Ta), comparando la mediana (Me), el promedio (\bar{x}), en el cual se indica que hay una variación mínima de salida e ingreso entre el tanque IMHOFF y el sedimentador DORTMUND, mientras que con el tanque SÉPTICO hay una variación alta.

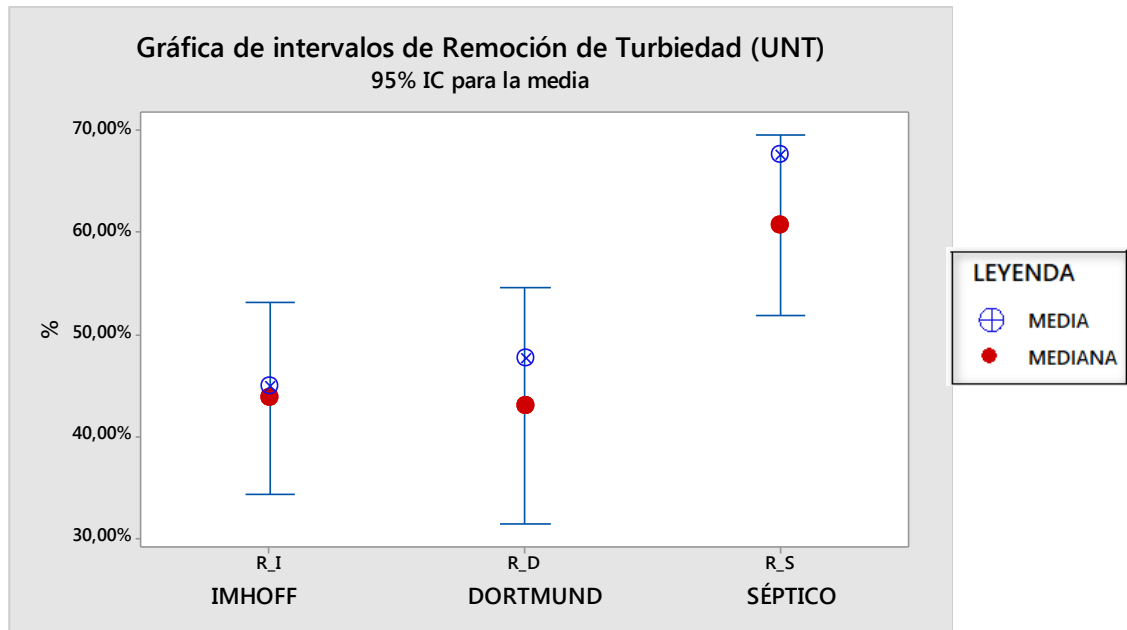
Tabla 15

Valores de intervalo de remoción de la Turbiedad (%)

Intervalo de Remoción de Turbiedad (%)	Tanque Imhoff (I)	Sedimentador Dormund (D)	Tanque Séptico (S)
Promedio (\bar{x})	43.72%,	42.97%	60.74%
Mediana (Me)	44.98%	47.62%	67.73%

Gráfica 13

Comparación de los sedimentadores con el intervalo de remoción de la turbiedad (UNT)



Fuente: Elaboración propia, Minitab V.17

En la gráfica 13, se muestra la gráfica de intervalos de confianza de la remoción de la turbiedad (UNT) (%), comparando la mediana (Me), el promedio (\bar{x}), en el cual se indica que el mayor promedio de remoción de Turbiedad es de 60.74% del Tanque séptico, seguido del tanque Imhoff con 43.72% y el mínimo promedio de 42.97% en el Sedimentador Dormund, Además hay una variación mínima entre el tanque IMHOFF y el sedimentador DORTMUND, mientras que con el tanque SÉPTICO hay una variación alta.

4.2.4. Sólidos Suspendidos totales (SST)

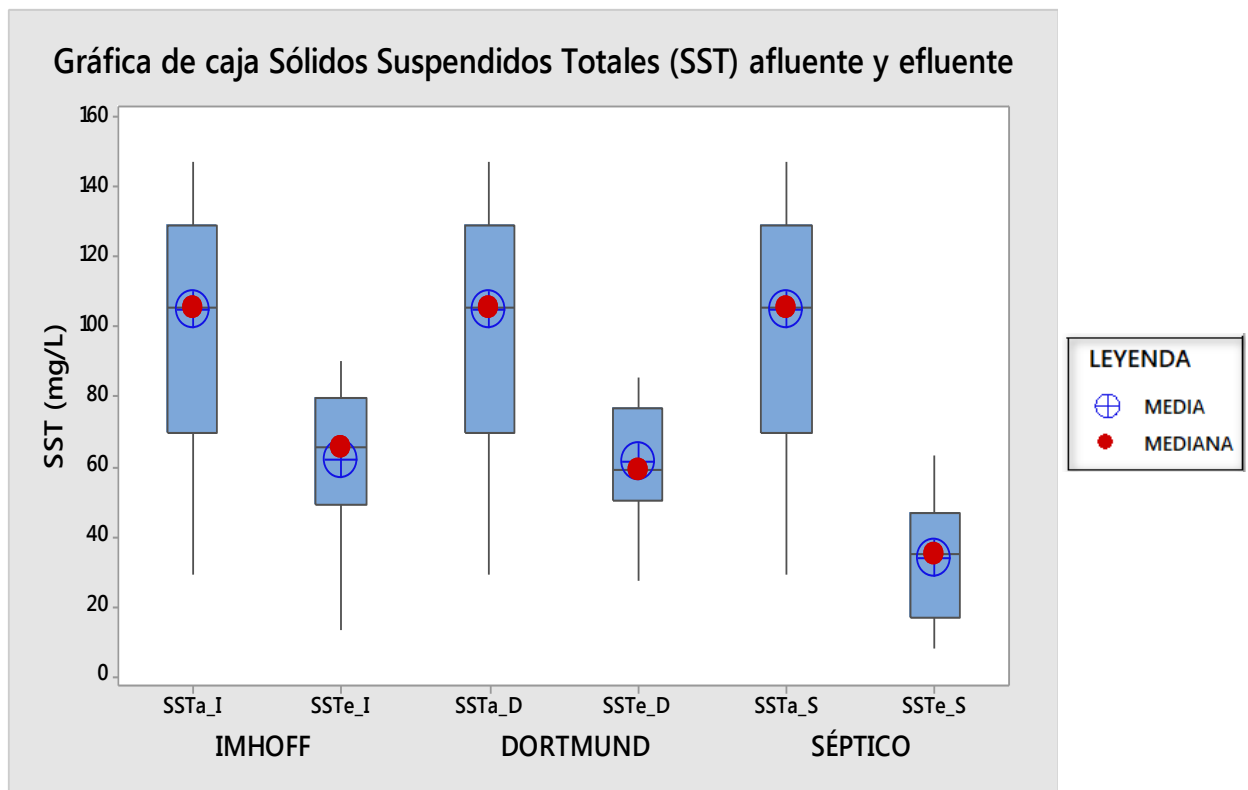
Tabla 16

Valores de Sólidos Suspendidos Totales SST (mg/L) en el afluente y efluente en los Sedimentadores

Punto de Muestreo	Sólidos Suspendidos Totales (SST) (mg/L)	Tanque Imhoff (I)	Sedimentador Dormund (D)	Tanque Séptico (S)
Afluente(a)	Mínimo (Min)	29.00	29.00	29.00
	Máximo (Max)	147.00	147.00	147.00
	Promedio (\bar{x})	104.43	104.43	104.43
	Mediana (Me)	105.50	105.50	105.50
Efluente(e)	Mínimo (Min)	13.0	27.0	8.0
	Máximo (Max)	90.0	85.0	63.0
	Promedio (\bar{x})	65.5	61.1	35.0
	Mediana (Me)	61.8	59.0	33.9

Gráfica 14

Comparación de los sedimentadores con los sólidos suspendidos totales (SST) (mg/L) afluente y efluente



Fuente: Elaboración propia, Minitab V.17

En la gráfica 14, se muestra la gráfica de caja o bigotes de los sólidos suspendidos totales (SST) (mg/L) afluente y efluente comparando el mínimo valor (Mín.), máximo valor (Máx.), mediana (Me) y el promedio (\bar{x}) en el tanque IMHOFF, sedimentador DORTMUND y el tanque SÉPTICO, el cual se observa que para los tres sedimentadores primarios se tienen los mismos promedios en los sólidos suspendidos totales (SST) (mg/L) en el afluente de 104.43 (mg/L) , mientras que en los efluentes, el mayor promedio es de 61.75 (mg/L) en el tanque IMHOFF, seguido por el sedimentador DORTMUND con un promedio de 61.06 (mg/L) y el mínimo promedio de 33.87 (mg/L) en el tanque SÉPTICO. Además, se tiene que hay variación mínima STTe (mg/L) entre en el tanque IMHOFF y sedimentador DORTMNUD, mientras que con en el tanque SÉPTICO hay una variación alta.

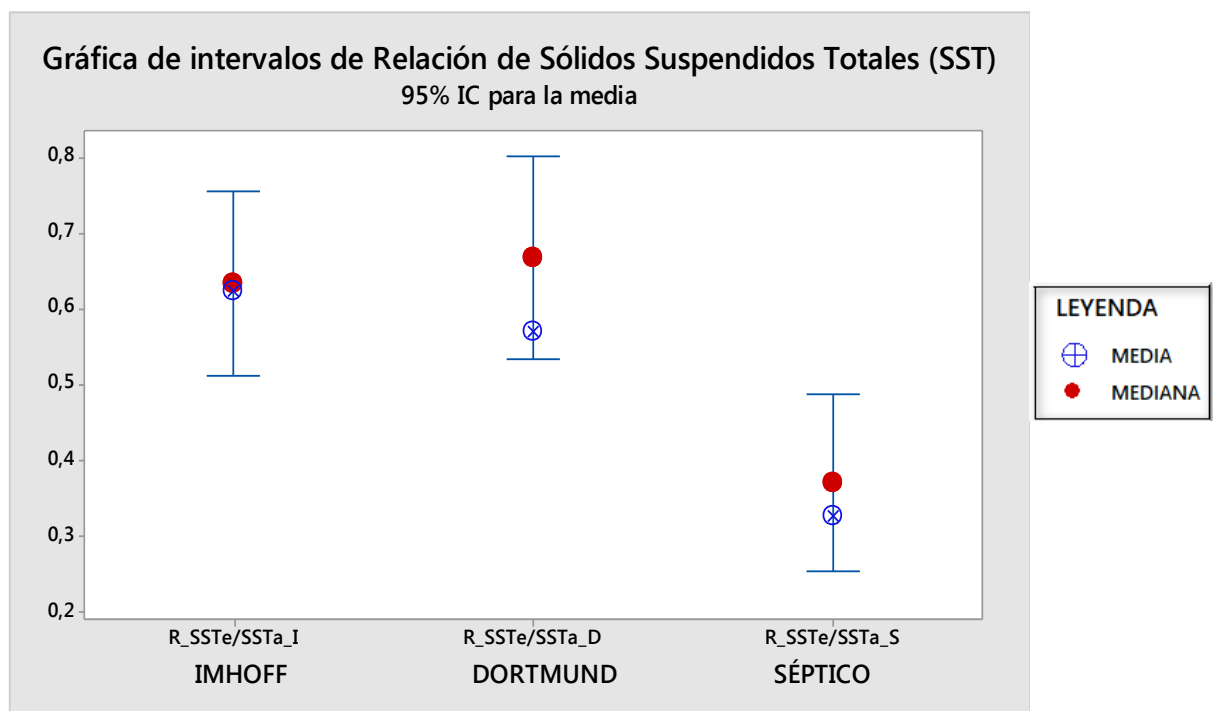
Tabla 17

Valores de intervalo de relación de la Sólidos Suspendidos Totales SST

Intervalo de Relación de SST (SSTa/SSTe)	Tanque imhoff (I)	Sedimentador Dormund (D)	Tanque Séptico (S)
Promedio (\bar{x})	0.634	0.669	0.371
Mediana (Me)	0.625	0.569	0.325

Gráfica 15

Comparación de los sedimentadores con el intervalo de relación de los sólidos suspendidos totales (SST)



Fuente: Elaboración propia, Minitab V.17

En la gráfica 15, se muestra la gráfica de intervalos de confianza de la relación de los sólidos suspendidos totales (SST) (mg/L) efluente y afluente (SSTe/SSTa), comparando la mediana (Me), el promedio (\bar{x}) en el cual se indica que hay una variación mínima de salida e ingreso entre el tanque IMHOFF y el sedimentador DORTMUND, mientras que con el tanque SÉPTICO hay una variación alta con un promedio de 0.371 (mg/L).

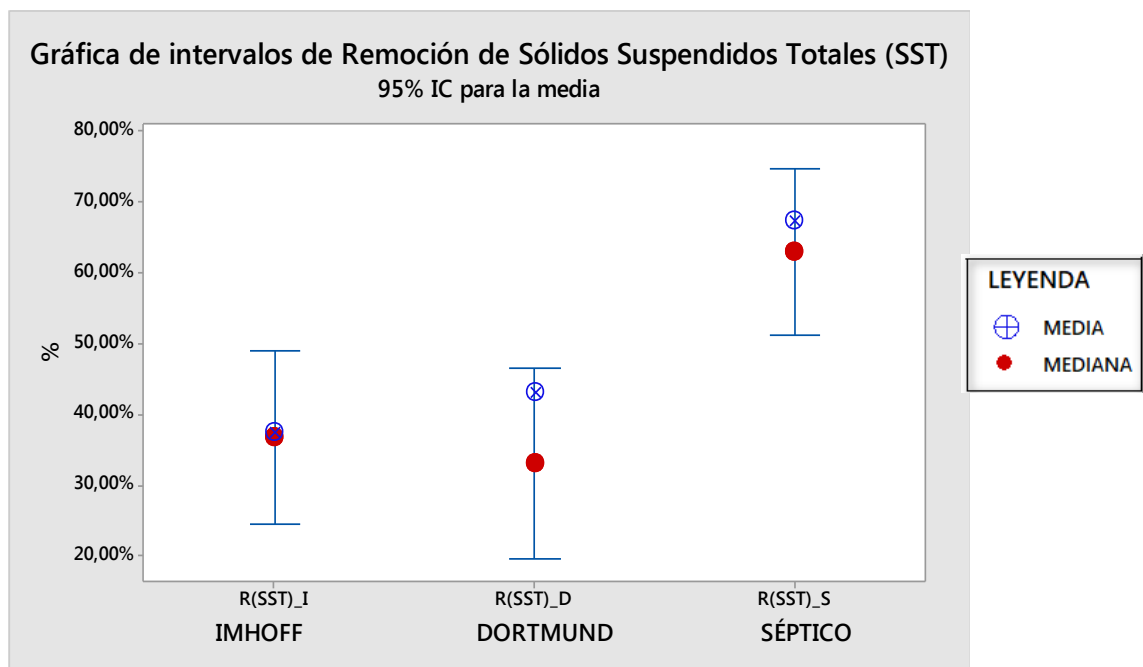
Tabla 18

Valores de intervalo de remoción de la Sólidos Suspendidos Totales SST (%)

Intervalo de remoción de SST (%)	Tanque Imhoff (I)	Sedimentador Dormund (D)	Tanque Séptico (S)
Promedio (\bar{x})	36.57%	33.05%	62.90%
Mediana (Me)	44.98%	47.62%	67.73%

Gráfica 16

Comparación de los sedimentadores con el intervalo de remoción de sólidos suspendidos totales (SST) (%)



Fuente: Elaboración propia, Minitab V.17

En la gráfica 16, se muestra la gráfica de intervalos de confianza de la remoción de los sólidos suspendidos totales (SST) (%), comparando la mediana (Me), el promedio (\bar{x}) en el cuál se indica que el mayor promedio de remoción de SST (%) es en el tanque septico con 62.90%, seguido del Tanque Imhoff con 36.57% y el mínimo promedio es en el Sedimentador Dormund con 33.05%; Además hay una variación mínima entre el tanque IMHOFF y el sedimentador DORTMUND, mientras que con el tanque SÉPTICO hay una variación alta.

4.2.5. Tasa de Acumulación de Lodos

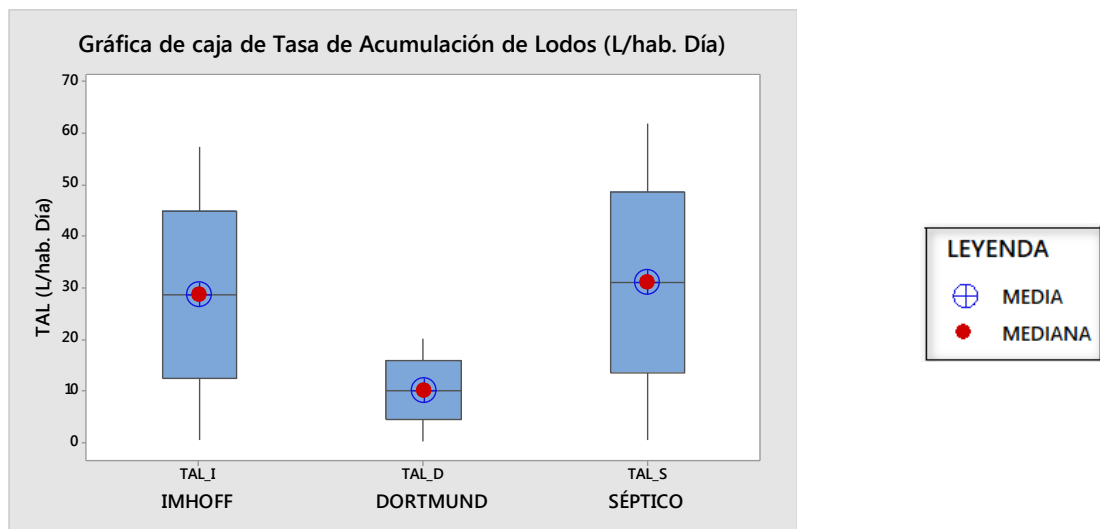
Tabla 19

Valores de Taza de acumulación de Lodos (L/Hab. Día) en el periodo de análisis de los sedimentadores

Taza de Acumulacion de Lodos TAL (L/Hab.día)	Tanque Imhoff (I)	Sedimentador Dormund (D)	Tanque Séptico (S)
Mínimo (Mín) (Día N°01)	0.55	0.19	0.59
Máximo (Max) (Día N°105)	57.45	20.28	62.04
Promedio (\bar{x}) (Día N°49)	28.76	10.15	31.06
Mediana (Me)	28.72	10.14	31.02

Gráfica 17

Comparación de los sedimentadores con la tasa de acumulación de lodos (L/hab. Día)



Fuente: Elaboración propia, Minitab V.17

En la gráfica 17, se muestra la gráfica de caja o bigotes de tasa de acumulación de lodos (L/hab. Día), comparando el mínimo valor (Mín.), máximo valor (Máx.), mediana (Me), y el promedio (\bar{x}), en el cual se observa que, la tasa de acumulación de lodos promedio en el tanque IMHOFF es de 28.758 (L/hab. Día) durante todo el periodo de análisis en el día 105 y siendo así de 199.66 (L/Hab.año); en el sedimentador DORTMUND es de 10.149 (L/hab. Día) durante todo el periodo de análisis en el día 105 y siendo así de 70.45 (L/Hab.año); y en el tanque SEPTICO es de 31.056 (L/hab. Día) todo el periodo de análisis en el día 105 y siendo así de 215.35 (L/Hab.año); teniendo una variación moderada entre los 3 sedimentadores primarios.

4.2.6. Concentración de sólidos

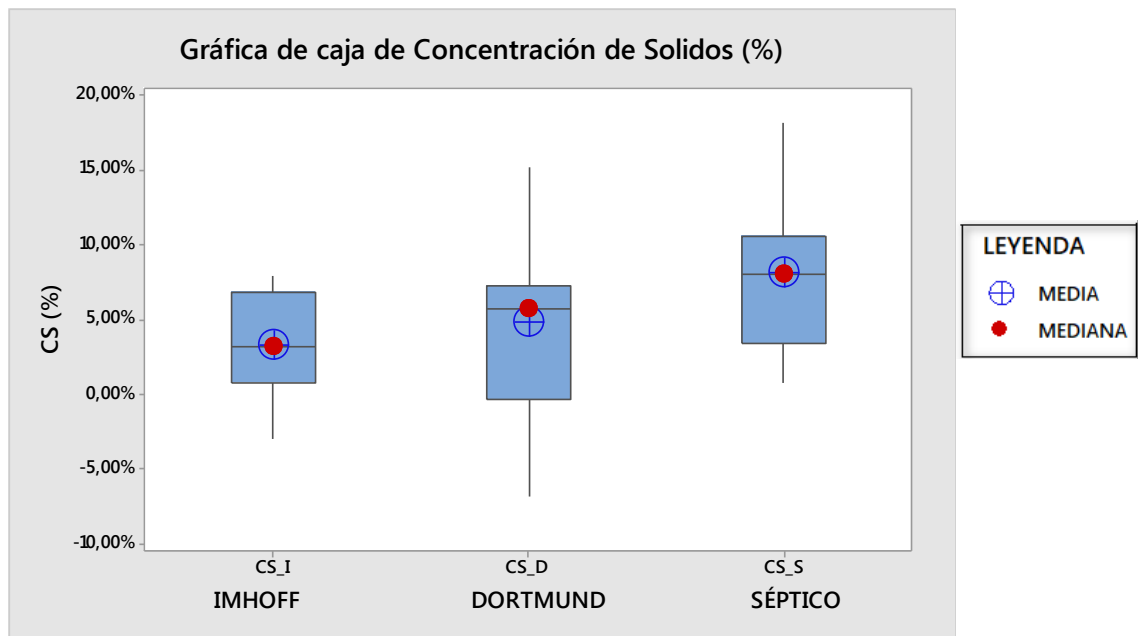
Tabla 20

Valores de Concentración de Sólidos (%) en el periodo de análisis de los sedimentadores

Concentración de Sólidos (%)	Tanque Imhoff (I)	Sedimentador Dortmund (D)	Tanque Séptico (S)
Mínimo (Min)	-3.00%	-6.90%	0.70%
Máximo (Max)	7.90%	15.20%	18.20%
Promedio (\bar{x})	3.26%	4.84%	8.18%
Mediana (Me)	3.20%	5.70%	8.00%

Gráfica 18

Comparación de los sedimentadores con la concentración de sólidos (%)



Fuente: Elaboración propia, Minitab V.17

En la gráfica 18, se muestra la gráfica de caja o bigotes de concentración de sólidos (%), comparando el mínimo valor (Mín.), máximo valor (Máx.), mediana (Me), y el promedio (\bar{x}), en donde en el tanque SÉPTICO es el mayor promedio con 8.18%, del sedimentador DORTMUND con un promedio de 4.84% y en el tanque IMHOFF es mínimo promedio de 3.26%; teniendo una variación mínima entre en el tanque IMHOFF y sedimentador DORTMUND, mientras que con en el tanque SÉPTICO hay una variación alta.

4.2.7. Cantidad de Sólidos Producidos

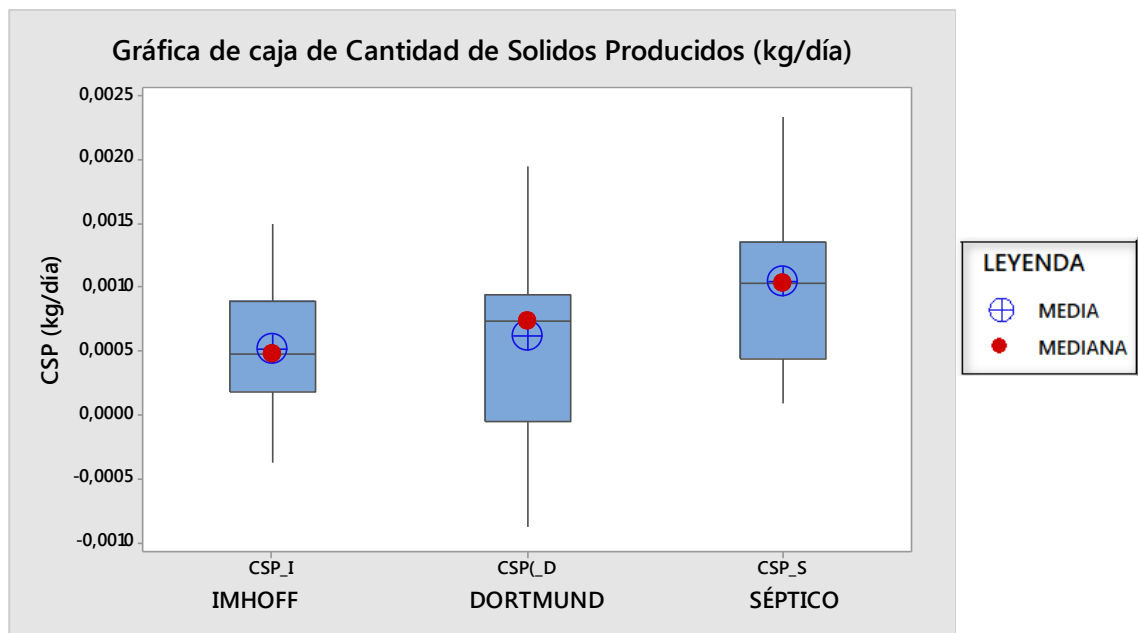
Tabla 21

Valores de Cantidad de Sólidos Producidos-CSP (Kg/día) en el periodo de análisis de los sedimentadores

Cantidad de Sólidos Producidos-CSP (Kg/día)	Tanque imhoff (I)	Sedimentador Dormund (D)	Tanque Séptico (S)
Mínimo (Min) (Día N°01)	-0.000384	-0.000883	0.000089
Máximo (Max) (Día N°105)	0.001497	0.001945	0.002329
Promedio (\bar{x}) (Día N°49)	0.000509	0.000619	0.001047
Mediana (Me)	0.000467	0.000736	0.001030

Gráfica 19

Comparación de los sedimentadores con la cantidad de sólidos producidos (kg/día)



Fuente: Elaboración propia, Minitab V.17

En la gráfica 19, se muestra la gráfica de caja o bigotes de la cantidad de sólidos producidos (kg/día), comparando el mínimo valor (Mín.), máximo valor (Máx.), mediana (Me), y el promedio (\bar{x}), del cual se observa que en el tanque SÉPTICO es el mayor promedio de 0.001047 (kg/día), seguido por el sedimentador DORTMUND con un promedio de 0.000619 (kg/día) y en el tanque IMHOFF el mínimo promedio de 0.000509 (kg/día); teniendo una variación mínima entre el tanque IMHOFF y sedimentador DORTMUND, mientras que con en el tanque SÉPTICO hay una variación alta.

4.2.8. DQO

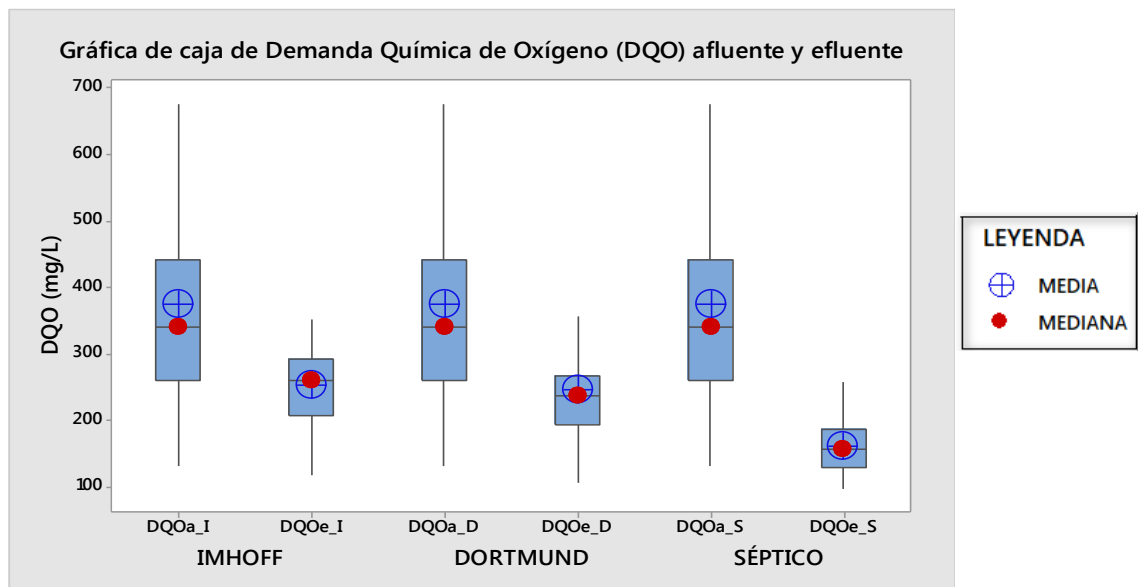
Tabla 22

Valores de Demanda Química de Oxígeno DQO (mg/L) en el afluente y efluente en los Sedimentadores

Punto de Muestreo	Sólidos Suspensidos Totales (SST)	Tanque imhoff (I)	Sedimentador Dormund (D)	Tanque Séptico (S)
Afluente(a)	Mínima (Min)	131.50	131.50	131.50
	Máximo (Max)	676.50	676.50	676.50
	Promedio (\bar{x})	376.18	376.18	376.18
	Mediana (Me)	341.50	341.50	341.50
Efluente(e)	Mínima (Min)	116.5	105.5	96.5
	Máximo (Max)	351.5	356.5	256.5
	Promedio (\bar{x})	253.0	236.5	156.5
	Mediana (Me)	259.0	236.5	156.5

Gráfica 20

Comparación de los sedimentadores con (DQO) (mg/L) afluente y efluente



Fuente: Elaboración propia, Minitab V.17

En la gráfica 20, se muestra la gráfica de caja o bigotes de la demanda química de oxígeno (DQO) (mg/L) afluente y efluente comparando el mínimo valor (Mín.), máximo valor (Máx.), mediana (Me), y el promedio (\bar{x}) en el tanque IMHOFF, sedimentador DORTMUND y el tanque SÉPTICO, lo cuál se determino que para los tres sedimentadores primarios se tienen los mismos promedios de la DQO (mg/L) en el afluente con 376.18 (mg/L), mientras que, en la demanda química de oxígeno

(DQO) (mg/L) en el efluente del tanque IMHOFF es de 253.00 (mg/L) siendo el mayor promedio, seguido por el sedimentador DORTMUND con un promedio de 236.50 (mg/L) y del tanque SÉPTICO es de 156.50 (mg/L) siendo el mínimo promedio; teniendo una variación mínima entre el tanque IMHOFF y el sedimentador DORTMUND, mientras que con el tanque SÉPTICO es alta en la salida.

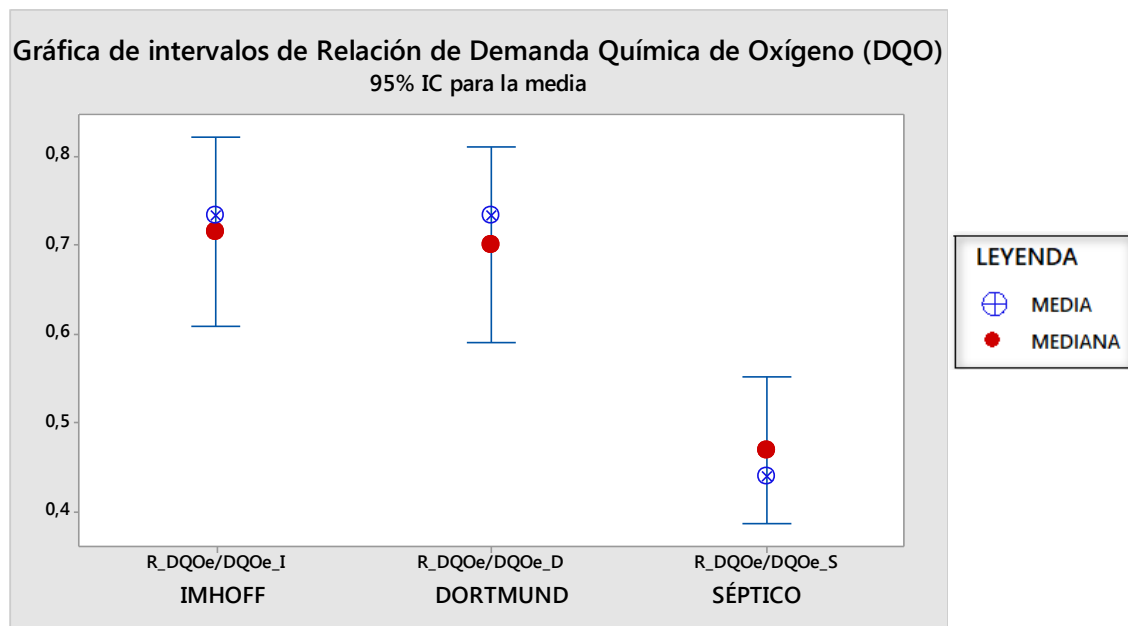
Tabla 23

Valores de intervalo de la Demanda Química de Oxígeno (DQOe/DQOa)

Intervalo de DQOe/DQOa	Tanque imhoff (I)	Sedimentador Dormund (D)	Tanque Séptico (S)
Promedio (\bar{x})	0.714	0.700	0.468
Mediana (Me)	0.714	0.700	0.468

Gráfica 21

Comparación de los sedimentadores con el intervalo de relación de la (DQO) (mg/L)



Fuente: Elaboración propia, Minitab V.17

En la gráfica 21, se muestra la gráfica de intervalos de confianza de la relación de la demanda química de oxígeno (DQO) (mg/L) efluente y afluente (CCe/CCa), comparando la mediana (Me), el promedio (\bar{x}) en el cual se indica que hay una variación mínima entre el tanque IMHOFF y el sedimentador DORTMUND, mientras que con el tanque SÉPTICO hay una variación alta.

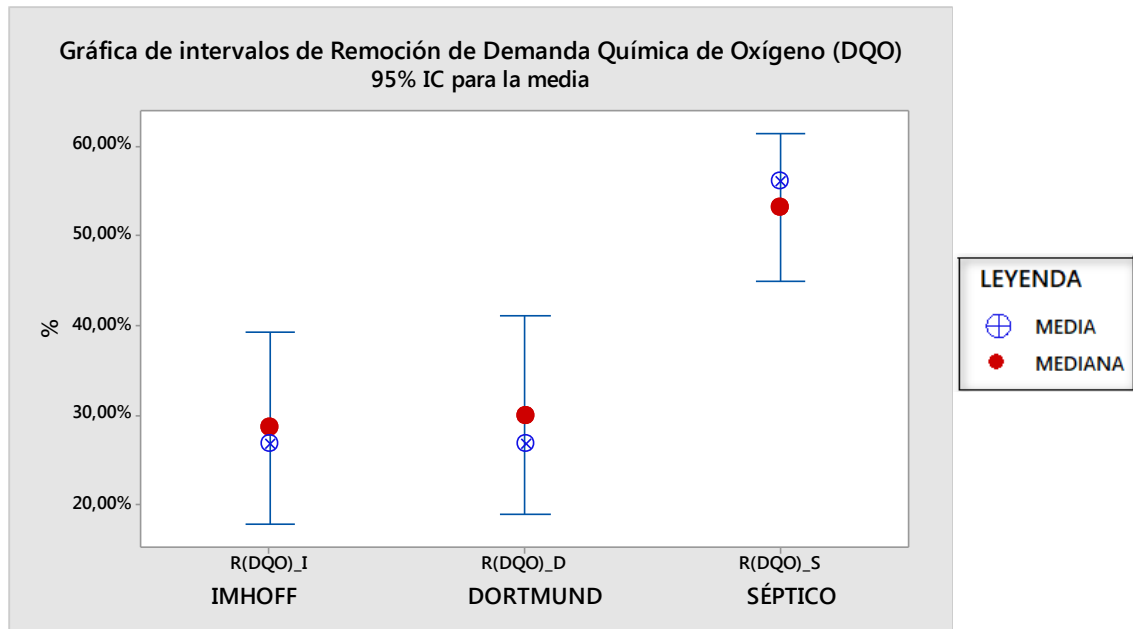
Tabla 24

Valores de intervalo de remoción de la Demanda Química de Oxígeno (%)

Intervalo de R Remoción (%)	Tanque imhoff (I)	Sedimentador Dormund (D)	Tanque séptico (S)
Promedio (\bar{x})	28.51%,	29.95%,	53.16%
Mediana (Me)	26.68%,	26.68%,	56.06%

Gráfica 22

Comparación de los sedimentadores con el intervalo de remoción de la (DQO) (mg/L)



Fuente: Elaboración propia, Minitab V.17

En la gráfica 22, se muestra la gráfica de intervalos de confianza de la demanda química de oxígeno (DQO) (%), comparando la mediana (Me), el promedio (\bar{x}) y el intervalo de confianza (IC), en el cual se observa el mayor promedio de remoción de 53.16 % en el tanque séptico, seguido por el sedimentador Dormudn con 29.95 y el mínimo promedio por el tanque Imhoff con 28.51, Además hay una variación mínima entre el tanque IMHOFF y el sedimentador DORTMUND, mientras que con el tanque SÉPTICO hay una variación alta.

4.2.9. Carga másica

4.2.9.1. Carga másica (DQO)

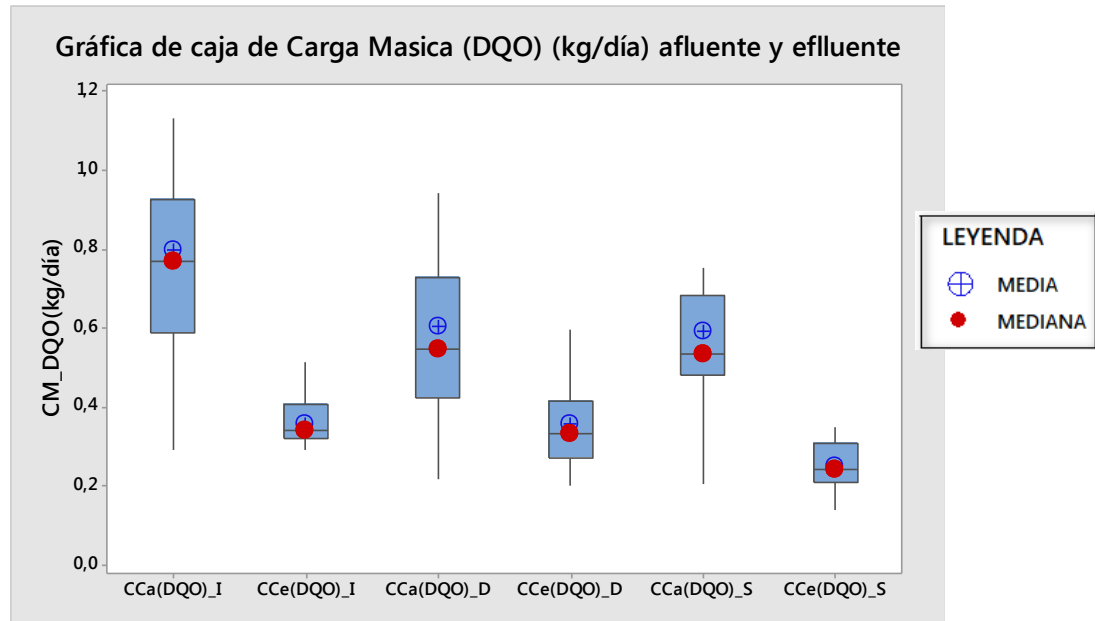
Tabla 25

Valores de Carga Másica (CM-DQO) (Kg/día) en el afluente y efluente de los sedimentadores

Punto de Muestreo	Carga Másica (CM_DQO) (Kg/día)	Tanque Imhoff (I)	Sedimentador Dormund (D)	Tanque Séptico (S)
Afluente(a)	Mínima (Min)	0.29	0.22	0.21
	Máximo (Max)	1.14	0.94	0.75
	Promedio (\bar{x})	0.74	0.61	0.59
	Mediana (Me)	0.75	0.55	0.54
Efluente(e)	Mínima (Min)	0.29	0.20	0.14
	Máximo (Max)	0.51	0.60	0.35
	Promedio (\bar{x})	0.36	0.36	0.25
	Mediana (Me)	0.34	0.33	0.24

Gráfica 23

Comparación de los sedimentadores con la carga másica (DQO) (kg/día) afluente y efluente



Fuente: Elaboración propia, Minitab V.17

En la gráfica 23, se muestra la gráfica de caja o bigotes de la carga másica (DQO) (kg/día) afluente y efluente comparando el mínimo valor (Mín.), máximo valor (Máx.), mediana (Me), y el promedio (\bar{x}) en el tanque IMHOFF, sedimentador DORTMUND y el tanque SÉPTICO, en el cual se observa que la carga másica (DQO) (kg/día) afluente el mayor promedio es de 0.737 (kg/día) en el tanque IMHOFF, seguido por el sedimentador DORTMUND con un promedio de 0.606 (kg/día) y el mínimo promedio de 0.593 (kg/días) en el tanque SÉPTICO, mientras que, en la carga másica (DQO) (kg/día) en el efluente, el mayor promedio es de 0.3587 (kg/día) en el sedimentador DORTMUND, seguido por el tanque IMHOFF con un promedio de 0.3586 (kg/día) y el mínimo promedio de 0.251 (kg/día) en el tanque SÉPTICO; teniendo una variación moderada entre los 3 sedimentadores primarios en ingreso y salida.

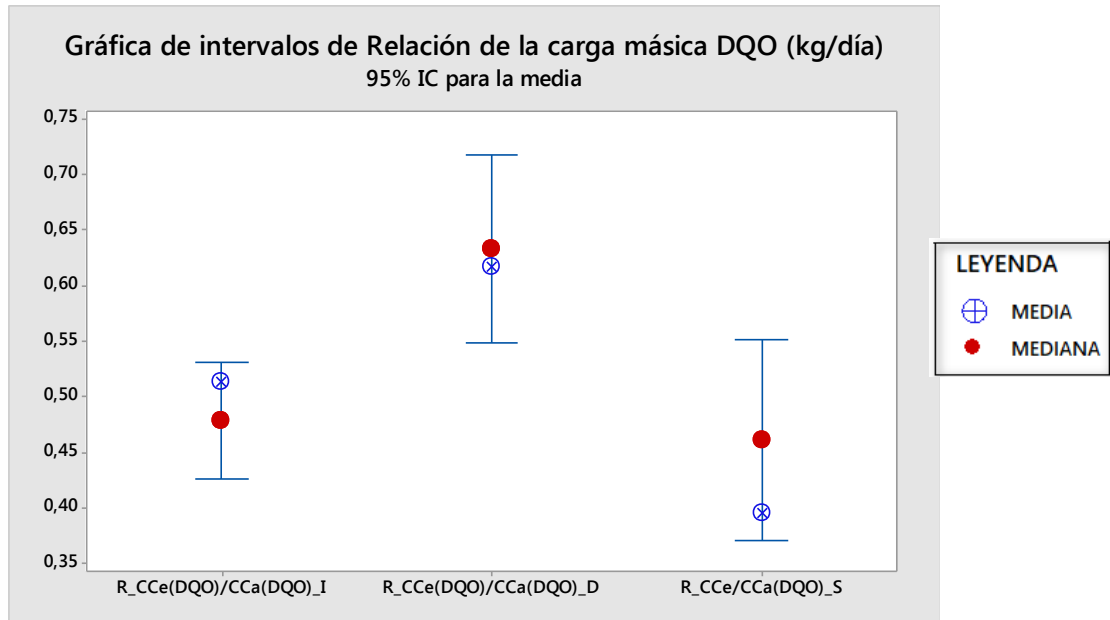
Tabla 26

Valores de intervalo de la Carga Másica (CM_{DQOe}/CM_{DQOa}) (kg/día)

Intervalo de Carga Másica (CM_{DQOe}/CM_{DQOa})	Tanque Imhoff (I)	Sedimentador Dormund (D)	Tanque Séptico (S)
Promedio (\bar{x})	0.478	0.632	0.461
Mediana (Me)	0.512	0.617	0.395

Gráfica 24

Comparación de los sedimentadores con la relación de la carga másica (CM_{DQOe}/CM_{DQOa}) (kg/día)



Fuente: Elaboración propia, Minitab V.17

En la gráfica 24, se muestra la gráfica de intervalos de confianza de la relación de carga másica (DQO) (kg/día) efluente y afluente ($CCe(kg/día)/CCa(kg/día)$), comparando la mediana (Me), el promedio (\bar{x}) en el cual se indica que hay una variación moderada de salida e ingreso entre los 3 sedimentadores primarios.

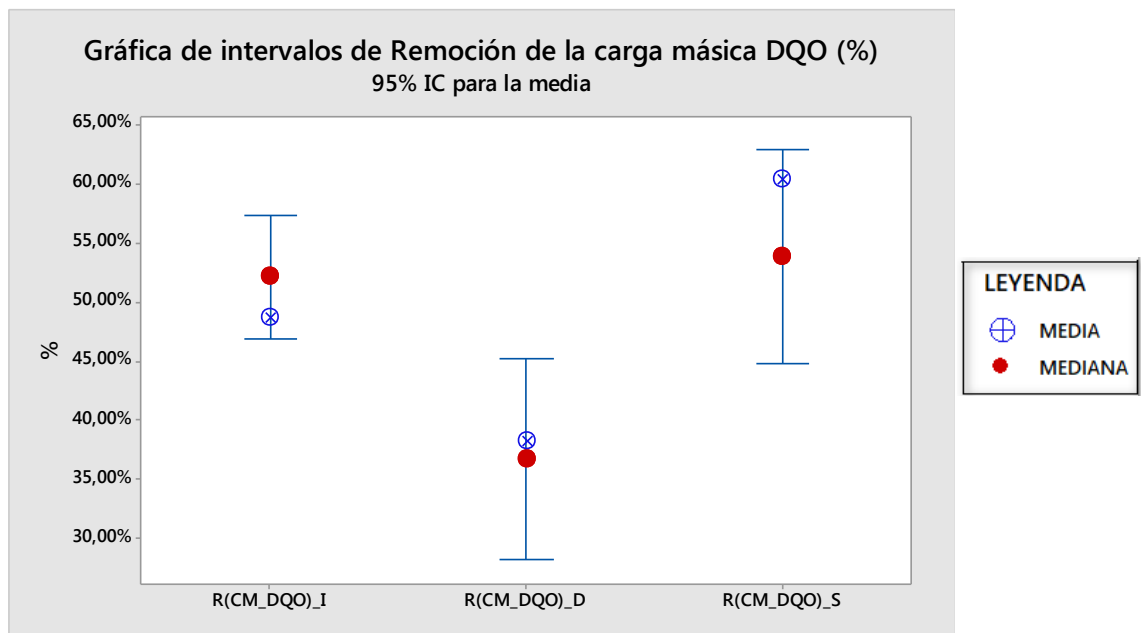
Tabla 27

Valores de intervalo de remoción de la Carga Másica CM_{DQO} (%)

Intervalo de Remoción (%)	Tanque imhoff (I)	Sedimentador Dormund (D)	Tanque Séptico (S)
Promedio (\bar{x})	52.15%	36.72%	53.89%
Mediana (Me)	48.70%	38.28%	60.45%

Gráfica 25

Comparación de los sedimentadores con el intervalo de remoción de la carga másica (DQO) (%).



Fuente: Elaboración propia, Minitab V.17

En la gráfica 25, se muestra la gráfica de intervalos de confianza de la remoción de la carga másica (DQO) (%), comparando la mediana (Me), el promedio (\bar{x}) y el intervalo de confianza (IC) el cual se indica que hay una variación moderada entre el tanque IMHOFF y SÉPTICO, mientras que con el sedimentador DORTMUND es alta.

4.5. Contrastación de Hipótesis

4.5.1. Hipótesis General

Hipótesis General

La eficiencia de remoción del tanque Imhoff y sedimentador dormund y tanque séptico en la remoción de la carga másica tiene relación con la DQO de las aguas residuales domésticas adaptado en climas altoandinos Marcará – Carhuaz, 2019.

I. Formulación de la hipótesis

H₀: La eficiencia de remoción del tanque Imhoff y sedimentador dormund y tanque séptico en la remoción de la carga másica no tiene relación con la DQO de las aguas residuales domésticas adaptado en climas altoandinos Marcará – Carhuaz, 2019.

H₁: La eficiencia de remoción del tanque Imhoff y sedimentador dormund y tanque séptico en la remoción de la carga másica tiene relación con la DQO de las aguas residuales domésticas adaptado en climas altoandinos Marcará – Carhuaz, 2019.

II. Nivel de significación

El nivel de significancia es del 5%.

III. Función de prueba

La prueba a utilizar en el contraste de hipótesis será el coeficiente de correlación de Pearson ver tabla 40 y gráfica 26 de Anexos.

IV. Región crítica

$p - \text{valor}(\text{sig.}) > 0.05$, se acepta H₀ y se rechaza H₁

$p - \text{valor}(\text{sig.}) \leq 0.05$, se rechaza H₀ y se acepta H₁

V. Decisión

Los p - valores de los indicadores de R(CM_DQO) (%) en tanque Imhoff, Sedimentador Dormund y Tanque septico son 0.023, 0.000 y 0.000 respectivamente, siendo menores a 0.05.

VI. Conclusión

En la tabla 40 y gráfica 26, como se puede observar, los p – valores de los indicadores de la remoción de la carga másica (CM_DQO) en relación a la remoción

de la demanda química de oxígeno (DQO) son menores a 0.05, por lo que, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Es decir que, la eficiencia de la remoción del tanque Imhoff, sedimentador dormund y el tanque séptico en la remoción de la carga másica tiene relación con la DQO de las aguas residuales domésticas adaptado en climas altoandinos Marcará – Carhuaz, 2019.

Hipótesis Hipótesis I

El comportamiento de las condiciones hidráulicas (Caudal de operación y Tiempo de retención hidráulica) tienen efecto con la remoción de la carga másica de las aguas residuales domésticas adaptado en climas altoandinos Marcará – Carhuaz, 2019.

I. Formulación de la hipótesis

H₀: El comportamiento de las condiciones hidráulicas (Caudal de operación y Tiempo de retención hidráulica) no tienen efecto con la remoción de la carga másica

H₁: El comportamiento de las condiciones hidráulicas (Caudal de operación y Tiempo de retención hidráulica) tienen efecto con la remoción de la carga másica.

II. Nivel de significación

El nivel de significancia es del 5%.

III. Función de prueba

La prueba a utilizar en el contraste de hipótesis será el coeficiente de correlación de Pearson ver la tabla 41 y gráfica 27.

IV. Región crítica

$p > 0,05$, rechazar H₀.

$p < 0,05$, rechazar H₀.

V. Decisión

Los p - valores de los indicadores de las condiciones hidráulicas (CO(m³/dia) y TRH (Horas)) con respecto a la remoción de la carga masica (CM_DQO) son menores a 0.05.

VI. Conclusión

En la tabla 41 y gráfica 27, como se puede observar, los p – valores de los indicadores de las condiciones hidráulicas en relación a la remoción de la carga másica (CM_DQO) son menores a 0.05, por lo que, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Es decir que, que el comportamiento de las condiciones hidráulicas (Caudal de operación y Tiempo de retención hidráulica) tienen efecto con la remoción de la carga másica de las aguas residuales domésticas adaptado en climas altoandinos Marcará – Carhuaz, 2019.

Hipótesis Específica II

El comportamiento de las condiciones físico-químicas (Remoción de la Turbiedad (UNT) (%), Remoción de los sólidos suspendidos totales (SST) (%), Cantidad de sólidos producidos (kg/día), Concentración de sólidos y Tasa de acumulación de lodos (L/hab. Día)) tienen efecto con la remoción de la carga másica de las aguas residuales domésticas adaptado en climas altoandinos Marcará – Carhuaz, 2019

I. Formulación de la hipótesis

H₀: El comportamiento de las condiciones físico-químicas (Remoción de la Turbiedad (UNT) (%), Remoción de los sólidos suspendidos totales (SST) (%), Cantidad de sólidos producidos (kg/día), Concentración de sólidos y Tasa de acumulación de lodos (L/hab. Día)) no tienen efecto con la remoción de la carga másica.

H₁: El comportamiento de las condiciones físico-químicas (Remoción de la Turbiedad (UNT) (%), Remoción de los sólidos suspendidos totales (SST) (%), Cantidad de sólidos producidos (kg/día), Concentración de sólidos y Tasa de acumulación de lodos (L/hab. Día)) tienen efecto con la remoción de la carga másica.

II. Nivel de significación

El nivel de significancia es del 5%.

III. Función de prueba

La prueba a utilizar en el contraste de hipótesis será el coeficiente de correlación de Pearson. Ver la tabla 42 y gráfica 28 y 29.

IV. Región crítica

$p > 0,05$, rechazar H_0 .

$p < 0,05$, rechazar H_0 .

V. Decisión

Los p - valores de los indicadores de las condiciones fisicoquímicos (R(UNT) (%), R(SST) (%), CSP (kg/día), CS (%) y TAL (L/hab. Día)) con respecto a la remoción de la carga masica SST (%) y DQO (%) son menores a 0.05.

VI. Conclusión

En la tabla 42 y gráfica 28 y 29, como se puede observar, los p – valores de los indicadores de las condiciones fisicoquímicos en relación a la remoción de la carga másica (CM_DQO) menores a 0.05, por lo que, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Es decir que, que el comportamiento de las condiciones físico-químicas (Remoción de la Turbiedad (UNT) (%), Remoción de los sólidos suspendidos totales (SST) (%), Cantidad de sólidos producidos (kg/día), Concentración de sólidos y Tasa de acumulación de lodos (L/hab. Día)) tienen efecto con la remoción de la carga másica de las aguas residuales domésticas adaptado en climas altoandinos Marcará – Carhuaz, 2019.

V. DISCUSIÓN

En el capítulo se discutirá a mayor detalle los resultados obtenidos a fin de complementar el capítulo anterior de la presente investigación.

Según el objetivo específico 1 Determinar la relación de las condiciones hidráulicas (Caudal de operación (m³/día) y Tiempo de retención hidráulica (Horas)) en función la remoción de la carga másica (SST) en el tanque Imhoff, sedimentador dormund y en el tanque séptico de las aguas residuales domesticas adaptado en climas altoandinos – Marcará, 2019. Los resultados mostrados en la Gráfica 3 se observa valores promedio de caudal de operación (CO) para el tanque Imhoff de 2.212 m³/día, para el sedimentador dormund de 1.636 m³/día y para el tanque séptico 1.550 m³/día. Así mismo los resultados mostrados en la Gráfica 4 se observa valores promedio de tiempo de retención hidraulico (TRH) para el tanque Imhoff de 1.565 Horas, para el sedimentador dormund de 6.251 Horas y para el tanque séptico de 4.959 Horas. Además, en la Gráfica 27 el caudal de operación (CO) (m³/día) en relación a la remoción de la carga másica R(CM_DQO) tiene una relación negativa baja en el tanque IMHOFF y el tanque SÉPTICO y una relación positiva baja en el sedimentador DORTMUND. Para el tiempo de retención hidráulica (TRH) (Horas) en relación a la remoción de la carga másica R(CM_DQO) tiene una relación positiva baja en el tanque IMHOFF y una relación negativa baja en el sedimentador DORTMUND y en el tanque SÉPTICO; en donde las estructuras piloto opero para los valores de volumen Util (VOL_U) mostrados en la Gráfica 5 para el tanque Imhoff de 0.593 m³, 0.539 m³ y 0.507 m³, con una velocidad de sedimentacion de 1.871 m³/m².hora, 2.546 m³/m².hora y 2.327 m³/m².hora. Por otro lado, Según (Hidalgo, 2014 como se cito en ARROYO CURIÑAUPA Yordan Aedo, 2020), en su tesis “COMPARACIÓN DEL TRATAMIENTO PRIMARIO DE AGUAS RESIDUALES ENTRE EL TANQUE BAFFLED Y EL TANQUE IMHOFF” concluye que la eficiencia de la planta es baja porque la concentración de contaminantes es alta y el caudal que recibe la planta es mucho mayor que de la capacidad para la cual fue diseñada y por lo tanto el caudal tienen efecto en para la remosion de carga masica y las condiciones hidraulicas como el caudal de ingreso sirven para poder determinar le nivel de funcionamiento de la tecnología. Así mismo en otra investigación (Varillas, 2020) en su

tesis “COMPARATIVO TÉCNICO - ECONÓMICO ENTRE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS, BAJO LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN Y TANQUE IMHOFF DE LA ASOCIACIÓN CENTRO PROGRESO SAN JUAN DE IHUANCO DISTRITO DE CERRO AZUL, PROVINCIA CAÑETE, 2020” indica que el tanque Imhoff es una unidad de tratamiento primario cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos, y que se ha encontrado en el rendimiento de un tanque Imhoff en su cámara de sedimentación presenta remoción de 40 al 65%, dependiendo de la concentración de sólidos sedimentables en mg/l y del tiempo de retención y se concluyó que para el diseño de la planta de tratamiento de las aguas residuales, se toma como datos de partida la determinación de los caudales a tratar, la caracterización física, química y bacteriológica de la misma, y el grado de tratamiento requerido y para el diseño se empezó determinando la capacidad de caudal que soportan las instalaciones actuales para determinar las necesidades de la planta. Así mismo (Guerrero, 2014, como se cito en Jessica Milagros Angulo Urpeque & Adelaida Martínez Varillas 2020) en su tesis “REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA PILAHUÍN, CANTÓN AMBATO. RIOBAMBA. ECUADOR”, se concluye que, de las mediciones de caudal, se obtuvieron valores de 2.64 L/s y 6.17 L/s como mínimo y máximo respectivamente, y se comprobó que la planta fue diseñada para operar con un flujo equivalente al 30% del caudal actual, tal hecho ocasionaría la baja eficiencia en el proceso de tratamiento. También (Delgado, 2017) en su investigación “PROPUESTA DE RED HIDROSANTARIA Y PLANTA DE TRATAMIENTO PARA AGUAS SERVIDAS EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE VILLA EL CARMEN MANAGUA” para el tanque IMHOFF se trabajó a una Temperatura media anual 26°C, caudal medio 391,482 lpd y Tiempo de retención (Tr) de 2.0 h, del cual se concluye en el caso del tanque Imhoff es el mejor método para lograr una buena recepción y sedimentación de sólidos para que sean procesados anaeróbicamente gracias a su geometría las diferentes recamaras de captación que posee que permiten separar con eficacia los sólidos, líquidos y gases los cuales serán liberados al exterior sin mucho riesgo para la vida. Así mismo en otra investigación (LOPEZ, 2014) “EFLUENTES CLOACALES EN LA PROVINCIA DE CORDOBA” en donde se evaluó una planta con un tanque Imhoff de dimensiones útiles de 3.60 m 4.80 m y profundidad h= 4.60 m. y volumen de digestión de 80 m³, y se concluyó que para las plantas en que solo se contemple la sedimentación primaria como único tratamiento, o en aquellas en que ésta es

seguida por lechos percoladores, los tiempos de retención hidráulica, usuales son de 1 1/2 a 3 hs, para el caudal promedio, el mínimo se establece en 2 hs para hacerlo coincidir con la determinación standard de sólidos sedimentables en dos horas. Por esas razones los tanques Imhoff han sido utilizados en muchas de las opciones de tratamiento de aguas residuales desde que se inventó, por otro lado, la relación de condiciones hidráulicas en la carga masica o contaminante en tratamientos primarios existen varias conclusiones, pero ninguna lo contrario. Como se observa en los estudios descritos realizados en los diferentes sedimentadores primarios se afirma que las condiciones hidráulicas de caudal y tiempo de retención hidráulica tienen relación en la remoción de la carga masica.

Según el objetivo específico 2 Determinar la relación de las condiciones fisicoquímicas (Remoción de la Turbiedad (UNT) (%), Remoción de los sólidos suspendidos totales (SST) (%), Cantidad de sólidos producidos (kg/día), Concentración de sólidos y Tasa de acumulación de lodos (L/hab. Día)) en función la remoción de la carga másica (DQO) en el tanque Imhoff, sedimentador dormund y en el tanque séptico de las aguas residuales domésticas adaptado en climas altoandinos – Marcará,2019. Los resultados mostrados en la en la Gráfica 11 se observa valores promedio remoción de la turbiedad (UNT) para el tanque IMOHFF es de 43.72%, para el sedimentador DORTMUND es de 42.97%, y para el tanque SÉPTICO es de 60.74%, también en la Gráfica 16 valores promedios del porcentaje de remoción de los sólidos suspendidos totales (SST) (%), es de 36.57%, 33.05%, y 62.90%. Tambien en la Gráfica 19 se observa valores promedios de la cantidad de solidos producidos (kg/día) para el tanque IMHOFF es de 0.000509(kg/día), para el sedimentador DORTMUND es de 0.000619(kg/día), y para el tanque SÉPTICO es de 0.001047(kg/día).En la Gráfica 18 los valores promedios de la concentración de solidos (%) para el tanque IMHOFF es de 3.26%, para el sedimentador DORTMUND es de 4.84% y para el tanque SÉPTICO es de 8.18%. En en la Gráfica 17 los valores promedios de la Taza de acumulación de Lodos (L/hab. Día), para el tanque IMHOFF es de 28.758 (L/hab. Día), para el sedimentador DORTMUND es de 10.149 (L/hab. Día) y para el tanque SÉPTICO es de 31.056 (L/hab. Día). Además, en la Gráfica 28 se observa valores de la Correlación de Pearson para la remoción de la turbiedad (UNT) (%) en relación a la remoción de la carga másica (CM_DQO) (%), tiene una relación negativa baja en los 3 sedimentadores primarios, los Correlación de Pearson para la remoción de los sólidos suspendidos totales (SST) (%) en relación a la remoción de la

carga másica $R(\text{CM_DQO})$ (%) tiene una relación positiva muy media en los 3 sedimentadores primarios. En la grafica 29 para la cantidad de sólidos producidos CSP (kg/día) en relación a la remoción de la carga másica (CM_DQO) (%), tiene una relación positiva baja en el tanque IMHOFF y una relación media entre el sedimentador DORTMUND y el tanque SÉPTICO. Para la concentración de sólidos CS (%) en relación a la remoción de la carga másica $R(\text{CM_DQO})$ (%) tiene una relación positiva media en los 3 sedimentadores primarios. Para la tasa de acumulación de lodos TAL (L/hab. Día) en relación a la remoción de la carga másica $R(\text{CM_DQO})$ (%) tiene una relación negativa baja en los 3 sedimentadores primarios. Por otro lado, datos que al ser comparados por (BENAVENTE, 2019) “SISTEMA INTEGRADO TANQUE SÉPTICO Y HUMEDAL DE FLUJO HORIZONTAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA” concluye que el sistema integral tanque séptico - humedal es una opción para el tratamiento de aguas residuales domésticas, pues logra eficiencias de remoción del 89.5% en Turbiedad, y la eficiencia de remoción de turbiedad en el tratamiento primario es del 65.21%, siendo valores similares a los encontrados por (MALDONADO, 2005) “USO DE WETLANDS PARA EL TRATAMIENTO Y REUSO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS” concluye que la remosion de turbiedad fue el 60%. Por lo que en la investigación nos permite afirmar que los sedimenadore primarios están operando adecuadamente en la separación de solido del liquido y existe una variación mínima por lo que existe una relación negativa baja, Tambien (BENAVENTE, 2019) “SISTEMA INTEGRADO TANQUE SÉPTICO Y HUMEDAL DE FLUJO HORIZONTAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA” se concluye que el sistema integral tanque séptico – humedal es una opción para el tratamiento ya logro remover Sólidos Suspendidos Totales en 97.5%. Además en (OPS, 2005) “GUÍA PARA EL DISEÑO DE TANQUES SÉPTICOS, TANQUES IMHOFF Y LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN” se indica que el tanque imhoff elimina del 40 al 50% de sólidos suspendidos y eliminación del 80% de los sólidos en suspensión en tanques sépticos, así mismo la eficiencia de tratamiento en % sustancias suspendidas en tratamiento mecánico es de 40-70%, tratamiento biológico de 85-95% siendo valores similares a los mencionados en (RNE OS090, 2006) “NORMA OS.090 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES” indica que la Sedimentación primaria Sólidos en Suspensión 40-70%. Tambien (MIGLIO, 2012) “TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS MEDIANTE HUMEDALES ARTIFICIALES

EN LA COMUNIDAD DE RUMICHACA” se concluye el tratamiento primario es capaz de remover aguas residuales domésticas, pues logra eficiencias de remoción entre el 50 y 65% de los sólidos suspendidos. Por lo que se observa que la investigación el porcentaje de remosion lograda en los taques de sedimentacion primario están al rango indicados por las investigaciones mencionadas y mayor en el tanque septico e Imhoff y menor ya que en los sedimentadores primarios la actividad principal es la accion de sedimentacion de solidos como característica física que se refiere al contenido total de sólidos, término que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Tambien (OPS, 2005) en “GUÍA PARA EL DISEÑO DE TANQUES SÉPTICOS, TANQUES IMHOFF Y LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN” se indica que la Concentracion de solidos varía entre 8 a 12%.

En la Gráfica 7 se observa valores promedio de pH para el el tanque IMOHFF es de 7.32, para el sedimentador DORTMUND es de 7.33 y para el tanque SÉPTICO es de 7.34 datos que al ser comparados con (JABO, 2017) en su investigacion “TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL TANQUE IMHOFF PARA DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN EN LA QUEBRADA SICACATE DEL DISTRITO DE MONTERO” concluyo que el pH existente en el efluente en el año 2016 es de 6.74; y el efluente del año 2017 es de 6.86; ambos resultados están dentro de los Límites Máximos Permisibles, establecidos por el D.S. 003-2013 – MINAM, donde se estipula que el pH debe estar comprendido entre los valores de 6.5 y 8.5, por otro lado (BENAVENTE, 2019) “SISTEMA INTEGRADO TANQUE SÉPTICO Y HUMEDAL DE FLUJO HORIZONTAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA” concluye pH 7.87 en el afluente, 7.36 Salida del Tanque Séptico y 7.21 Salida del humedal segun la caracterización de aguas residuales; además (ANDRES, 2012) indica que la existencia de la mayoría de la vida biológica puede ser muy restrictivo y critico, pero generalmente es de 6.5 a 8.5 en tratamientos primarios. Por lo que se observa que la investigación se realizo en el rango optima de pH y con el proceso estadistico se demuestra que la variación es mínima del pH de ingreso y salida en los 3 sedimentadores primarios.

En la Gráfica 9 se observa valores promedio de temperatura para el tanque IMOHFF es de 17.98 °C, para el sedimentador DORTMUND es de 17.97 °C y para el tanque SÉPTICO es de 18.33 °C. datos que al ser comparados con lo encontrado por la temperatura del agua está dentro de (Ocaña, 2022) ”EVALUACIÓN TÉCNICA DE UN

TANQUE IMHOFF PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN CENTRO, TABASCO” concluyo que la temperatura del agua está dentro de norma ya que estas temperaturas (25 a 27.9 °C) no pasan el valor 40 °C norma. Por otro lado (JABO, 2017) “TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL TANQUE IMHOFF PARA DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN EN LA QUEBRADA SICACATE DEL DISTRITO DE MONTERO” concluyo que la temperatura en el efluente del tanque imhoff en el año 2016 es de 20.8°C y el efluente del año 2017 es de 21.5°C, se observó un aumento en la temperatura; sin embargo, ambos resultados están dentro de los Límites Máximos Permisibles, establecidos por el la Normativa Nacional D.S. 003-2010, MINAM, donde se estipula que la temperatura no debe ser mayor de 35 °C. Por lo que se observa que la investigación se realizo por debajo de la temperatura optima.

Tambien en la Gráfica 23 se observa los valores promedios de carga másica (DQO) en el efluente del tanque IMHOFF, sedimentador DORTMUND y tanque SÉPTICO es de 0.3586 (kg/día), 0.3587 (kg/ día) y 0.251 (kg/días), tambien en la Gráfica 26 se observa la remoción promedio de carga másica (DQO) es de 52.15%,36.72%, y 53.89%; también la relación de CM/DQO es de 1:5.0 , 1: 2.62 y 1:1.33 respectivamente . Por lo que tiene una variación moderada entre el tanque IMHOFF y SÉPTICO, mientras que con el sedimentador DORTMUND es alta para carga másica (DQO). Datos que al ser comparados con (Tello & Villegas, 2019) "DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA LA ENCAÑADA DEL PERIODO ABRIL – AGOSTO 2018” concluye que el valor de la carga contaminante para la Demanda Química de Oxígeno durante el mes de mayo se incrementa en un 3.93 kg/día y eficiencia de la planta nula; en el mes de junio el incremento es de 35.36 kg/día y durante el mes de agosto el incremento de la carga contaminante es de 2.42 kg/día y eficiencias negativas debido a que no existe un tratamiento primario y secundario adecuado al sistema y los nutrientes no están siendo eliminados en su totalidad. Por otro lado, en otra investigación (Carrillo, 2017) ”REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS PRESENTES EN AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA MEDIANTE PROTOTIPO A ESCALA DE LABORATORIO” para tanque séptico se concluye que el agua residual proveniente de la comunidad de Pulinguí, cuyo contenido de materia orgánica, es muy variable no afecta el sistema una vez estabilizado el tratamiento. Asimismo, un tratamiento combinado (anaerobio-aerobio), es eficiente para tratar los

efluentes provenientes de la comunidad de Pulinguí, al lograr un porcentaje de remoción del 88% de la materia orgánica expresada en DQO, logrando eficiencias de remoción de materia orgánica en términos de DQO en el tratamiento anaeróbico de 53%, en el tratamiento aeróbico de 75%, logrando una reducción total en todo el sistema del 88% y eliminando el olor. Por lo tanto, el rango de la remoción de la carga masica (DQO) es de 36.72% - 53.89% y la remoción de la carga masica (SST) es de 51.57% - 66.30% en los sedimentadores primarios que esta dentro del rango encontrados en las investigaciones ya mencionadas.

En en la Gráfica 22 se observa los valores promedios de remoción de la demanda química de oxígeno (DQO) (mg/L) para el tanque IMHOFF, sedimentador DORTMUND y el tanque SÉPTICO es de 28.51%, 29.95% y 53.16% respectivamente, además se observa en la Gráfica 26 la Correlación de Pearson para remoción de la carga másica $R(CM_DQO)$ (%) en relación a la remoción de la demanda química de oxígeno (DQO) (%) tiene una relación positiva media en el tanque IMHOFF y una relación positiva alta en el sedimentador DORTMUND y el tanque SÉPTICO. Datos que al ser comparados con (Manchuria, 2009, como se cito en (Ana Mejía, López 2017) “REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS PRESENTES EN AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA MEDIANTE PROTOTIPO A ESCALA DE LABORATORIO” se concluyo que con aguas urbanas en sistemas de tanques sépticos y se obtuvo eficacias de depuración del 55-75% en la eliminación de DQO al igual que (Manchuria, 2009, como se cito en (Ana Mejía, López 2017) se encontró una disminución hasta de 79.65% de DQO en una planta piloto con tanques sépticos y lodos activados. Tambien en otras investigaciones. Asimismo, en otra investigación (Hess, 1970, Citado en Jose Andres Chicala Lopez 2014) , 1970) “EFLUENTES CLOACALES EN LA PROVINCIA DE CORDOBA” concluye en cámaras sépticas correctamente proyectadas, construidas y mantenidas se observaron porcentajes de remoción de esos parámetros la eficiencia de Demanda Química de Oxígeno (DQO) es de 30-60%. Además (JABO, 2017) “TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL TANQUE IMHOFF PARA DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN EN LA QUEBRADA SICACATE DEL DISTRITO DE MONTERO” en lo cual se realizaron evaluaciones al afluente e influente del Tanque Imhoff; llevado a cabo en dos años diferentes (2016 – 2017); en el cual a través del análisis físicos, químicos y biológicos, se determinó que efectivamente el efluente del tanque Imhoff, no está

cumpliendo con los Límites Máximos Permisibles, establecidos por el D.S.003-2013 – MINAM, La Demanda Química de Oxígeno (DQO) existente en el efluente en el año 2016 es de 380 mg/l; y el efluente del año 2017 es de 280 mg/l, aunque se ve una disminución en la concentración de DQO, ambos resultados están por encima de los Límites Máximos Permisibles, establecidos por el D.S. 003-2013 – MINAM, donde se estipula que el DQO debe puede alcanzar un valor máximo de 200 mg/l. en el tanque Imhoff se pudo obtener el grado de reducción de materia orgánica DQO hasta el 34.2%. Además (Tello & Villegas, 2019) "DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA LA ENCAÑADA DEL PERIODO ABRIL – AGOSTO 2018" se concluyó que se determinó que la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales de la planta Demanda Química de Oxígeno se obtuvo un 25.8 %, se puede definir que el sistema de tratamiento no está haciendo eficiente su trabajo de remoción de nutrientes, para la Demanda Química de Oxígeno un promedio de 202.32 mg/L y la eficiencia total de la planta es nula en los meses de mayo, junio y agosto porque existen valores negativos que indican que en definitiva no existe un tratamiento primario y secundario adecuado al sistema y que los nutrientes no están siendo eliminados en su totalidad.

VI. CONCLUSIONES

Se determinó que la eficiencia de remoción promedio de carga másica CM en función a la DQO (CM/DQO) en el tanque Imhoff es de 52.15%, en sedimentador dormund es de 52.15%, y en el tanque séptico es de 53.89%; también su relación promedio de la remoción de carga másica y remoción de DQO (CM/DQO) en el tanque Imhoff es de 1:5.0, en sedimentador dormund es de 1: 2.62 y en el tanque séptico es de 1:1.33. Asimismo se determinó que existe efecto alta y significativa del DQO en la remoción de la carga másica y se observa mejor en el Tanque séptico. El aporte de investigación fue diseñar los sedimentadores primarios tanque Imhoff, sedimentador dormund y tanque séptico a escala real respectivamente en climas altoandinos mayores a 2850 m.s.n.m.

Se determinó que el caudal de operación m³/día promedio en el tanque Imhoff es de 2.21 m³/día, en sedimentador dormund es de 1.63 m³/día y en el tanque séptico es de 1.55 m³/día, para el tiempo de retención hidráulica promedio en el tanque Imhoff es de 1.56 horas, en sedimentador dormund es de 6.25 horas y en el tanque séptico es de 4.96 horas, para el Volumen útil del tanque Imhoff es de 0.59m³, del sedimentador dormund es de 0.53 m³ y tanque séptico es de 0.50 m³, para la velocidad de sedimentación del tanque Imhoff es de 1.87 m³/m².hora, del sedimentador dormund es de 2.55 m³/m².hora y del tanque séptico es de 2.33 m³/m².hora, también se determinó que la eficiencia de los sedimentadores primarios dependerá de las condiciones hidráulicas como el tiempo de retención hidráulica y caudal que recibe la planta para la remoción de la carga másica debido ya que tubo un efecto débil a media en los 3 sedimentadores y la mejor tecnología que funcionó según las condiciones hidráulicas fue en el tanque séptico.

Se determinó que el pH promedio en el tanque Imhoff es de 7.32, en el sedimentador dormund es de 7.33 y en el tanque séptico es de 7.34, la Temperatura promedio en el tanque Imhoff es de 17.98 °C, en el sedimentador dormund 17.97 °C y en el tanque séptico es de 18.33 °C, la remoción de Turbiedad promedio por el tanque Imhoff es 43.72%, por el sedimentador dormund es de 42.97% y por el tanque séptico es de 60.74%, la remoción de Sólidos suspendidos totales (SST) por el tanque Imhoff es de 36.57% por el sedimentador Dormund es de 33.05% y por el tanque séptico es de 62.90%,

la tasa de acumulación de lodos durante el periodo de analisis del tanque Imhoff es de 57.447 L/Hab.dia, del sedimentador dormund es de 20.275 L/Hab.dia, y del tanque séptico es de 62.039 L/Hab.dia , la cantidad de sólidos producidos durante el periodo de análisis por el tanque Imhoff es de 0.0015 kg/día, por el sedimentador dormund es de 0.0019 kg/día y por el tanque séptico es de 0.0010 kg/día y concentracion de Sólidos promedio en el tanque Imhoff es de 3.26%, en el sedimentador dormund es de 4.84% y en el tanque séptico es de 8.18%. También se determinó que la eficiencia de remoción de la carga másica (CM_DQO) en los 3 sedimentadores dependerá de las condiciones fisicoquímicas ya que el efecto es bajo para Turbiedad y media para taza de acumulación de lodos y alta para SST, cantidad de solidos producidos y concentracion de solidos; por lo que el efecto general es de medio a alta y la mejor tecnología que funciono según las condiciones fisicoquimicos fue en el tanque séptico. En esta etapa se dio la eliminación de una parte de los sólidos suspendidos y de la materia orgánica o carga másica (CM_DQO) presentes en el agua residual y se logró mayor concentración de Sólidos en valores menores de DQO.

VII. RECOMENDACIONES

La remoción de la carga de cotaminante o carga másica en la gran mayoría depende de las condiciones de operación de la Planta de tratamiento y demás condiciones fisicoquímicas: oxígeno disuelto, PH, Temperatura, tiempos de retención y demás condiciones hidráulicas por ello se recomienda implementar un programa de mantenimiento integral que comprenda retiro de sólidos para evitar cortos circuitos en zonas muertas, así como también el monitoreo constante también para que la planta se encuentre en buen estado y por ende la eficiencia de operación sea óptima

Hacer una hidrodinámica del sistema con el objetivo de determinar zonas muertas y de estancamiento y asegurar la operación continua de las unidades de tratamiento ya que es de suma importancia para la digestión biológica de sedimentadores primarios por la actividad microbioso, e implementar un monitoreo de la carga másica en función a DQO y SST.

Fomentar técnicas de empleo del tanque séptico, seguido del tanque Imhoff y por último el sedimentador dormund como sedimentadores primarios en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en las zonas sierra ya que en el estudio se pudo demostrar que tiene alto rendimiento de proceso en cuanto a la remoción de la carga másica en ese orden.

Se recomienda la aplicación del tanque séptico, en comparación de los 3 sedimentadores, así mismo, se recomienda la aplicación del tanque Imhoff en comparación del sedimentador dormund en climas altoandinos mayores a 2850 m.s.n.m.; ya de acuerdo a lo investigado de acuerdo a las condiciones fisicoquímicas del agua residual y características hidráulicas de los sedimentadores seleccionados se observó resultados esperados similares a otras bibliografías.

Se recomienda evaluar la carga másica con respecto a DBO para ampliar la información del estudio de investigación, entre otros, para tener mayor control de evaluar la producción de lodos en los sedimentadores primarios y plantear un modelo de gestión y disposición final de lodos.

VIII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

ANDRES, F. E. (2012). *Análisis y Evaluación de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para la Empresa TEIMSA-Ambato.*

AYALA, D. C. (2007). *MANUAL PARA EL DISEÑO DE UNIDADES DE TIPO BIOLÓGICO EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN EL SALVADOR*". EL SALVADOR: FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA -UNIVERSIDAD EL SALVADOR.

BALDERAS, M. D. (2008). *EVALUACIÓN Y APLICACIÓN DE UN MÉTODO FÍSICOQUÍMICO DE DETERMINACIÓN DE LA FRACCIÓN FÁCILMENTE BIODEGRADABLE DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO DE LAS AGUAS RESIDUALES.* SAN LUIS POTOSÍ.: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ.

BENAVENTE, E. M. (2019). *SISTEMA INTEGRADO TANQUE SÉPTICO Y HUMEDAL DE FLUJO HORIZONTAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA*".

Blas, A. (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: Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo.

Bruce, H. (2017). *Guía de referencia de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales utilizados en Centro América.* Estados Unidos: Agencia de los Estados Unidos para el desarrollo.

Calderón, L. G., Díaz, A. Q., & Fuentes, F. L. (2019). Efecto de un consorcio microbiano en la eficacia del tratamiento de aguas residuales, Trujillo,Perú. *ARNALDOA*, 2.

Carranza, G., & Rodriguez, F. (2012). *Rediseño del sistema de alcantarillado sanitario, alcantarillado pluvial y propuesta de diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales para la ciudad de Armenia*. San Salvador: Universidad de EL Salvador.

Carrillo, A. M. (2017). *REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS PRESENTES EN AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA MEDIANTE PROTOTIPO A ESCALA DE LABORATORIO*.

Castillo, B. G., & Martínez, D. J. (2019). *Alternativas de optimización técnico – económicas del tratamiento preliminar y biológico (tanque Imhoff y humedal de flujo subsuperficial) par flujo subsuperficial) para la PT a la PTAR de Sotaquir AR de Sotaquirá – Boyacá*. Universidad de La Salle, Bogotá .

Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua. (12 de Enero de 2015). *Características de las aguas residuales*. Obtenido de Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua (CIDTA): <https://cidta.usal.es/cursos/etap/modulos/libros/Caracteristicas.PDF>

CYCLUS. (17 de 11 de 2020). *Tratamiento Primario*.

Delgado, N. A. (2017). *Propuesta de red hidrosantaria y planta de tratamiento para aguas servidas en el casco urbano del municipio de Villa El Carmen Managua*. Managua: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA UNAN-MANAGUA .

DURÁN, C. A. (2008). *Manual para el diseño de unidades de tipo biológico en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en El Salvador*. El Salvador: Universidad el Salvador.

GARCÍA, M. E., & LÓPEZ, J. A. (1997). AGUAS RESIDUALES [Archivo PDF].

GUDIÉL, C. A. (2013). *EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ. GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN: UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR*.

Guerrero. (2014, como se cito en Jessica Milagros Angulo Urpeque & Adelaida Martínez Varillas 2020). *Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia PILAHUÍN, CANTÓN AMBATO. RIOBAMBA. ECUADOR*”,. RIOBAMBA.

Guzmán, M. S. (2013). *Eficiencia de remoción de carga orgánica en un sistema natural de tratamiento, evaluado por DQO. Tesis*. México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Guzmán, N. G., Granada, E. V., & Calderón, R. A. (July/Dec. de 2014). EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE DBO5 Y SS EN SEDIMENTADOR Y LECHO FILTRANTE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL BENEFICIO DE CAFÉ (*Coffea arabica*). *SCIELO*, vol.17 No.2, 151-159.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). Mexico: McGRAW-HILL.

Hess, D. A. (1970, Citado en Jose Andres Chicala Lopez 2014). *EFLUENTES CLOACALES EN LA PROVINCIA DE CORDOBA*.

Hidalgo, G. (2014 como se cito en ARROYO CURIÑAUPA Yordan Aedo, 2020). *COMPARACIÓN DEL TRATAMIENTO PRIMARIO DE AGUAS RESIDUALES ENTRE EL TANQUE BAFFLED Y EL TANQUE IMHOFF*. UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES, HUANCAYO – PERU. HUANCAYO – PERU: FACULTAD DE INGENIERIA.

JABO, S. N. (2017). *Tratamiento de aguas residuales en el tanque Imhoff para disminuir la contaminación en la quebrada Sicacate del distrito de Montero*. Piura-Perú: Universidad Nacional de Piura.

logo, Q. (21 de 02 de 2022). *Diferencias entre investigación descriptiva e investigación correlacional*.

LOPEZ, J. A. (2014). *EFLUENTES CLOACALES EN LA PROVINCIA DE CORDOBA*.

Lozano, W. (2012). *Diseño de plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Bogotá-Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

MADERA, C. &. (2005). *Sistemas combinados para el tratamiento de aguas residuales basados en tanque séptico - filtro anaerobio y humedales subsuperficiales*. COLOMBIA.

MALDONADO, Y. A. (2005). *Uso de Wetlands para el Tratamiento y Reuso de Aguas Residuales Domésticas. Tesis para optar el Grado de Maestro en Tratamiento de Aguas y Reuso de Desechos.*

Manchuria. (2009, como se cita en (Ana Mejía, López 2017). *El potencial de la digestión anaerobia en el tratamiento de aguas residuales urbanas y efluentes de baja carga orgánica.* (2.-1. U. Campus da Zapateira 1(1), Ed.)

Maps, G. (s.f.). *Google Maps.*

MEJIA, S. G. (2013). *Eficiencia de remoción de carga orgánica en un sistema natural de tratamiento, evaluado por DQO.* México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Mejía-López, A., Cabrera, M., & Carrillo, Y. (2017). REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS PRESENTES EN AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA MEDIANTE PROTOTIPO A ESCALA DE LABORATORIO. *LA GRANJA: REVISTA DE CIENCIAS DE LA VIDA, Artículo científico / Scientific paper REMEDIACIÓN AMBIENTAL*, 11-12.

MENESES, C. V. (2010). *Análisis de bacterias comunes en plantas de tratamiento de diferentes efluentes que son indicadores de alta eficiencia en remoción de contaminantes.*

Metcalf, E. (1995). *Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización.* España: McGraw-Hill.

MIGLIO, T. R. (11 de 2012). *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS MEDIANTE HUMEDALES ARTIFICIALES EN LA COMUNIDAD DE RUMICHACA.*

Ministerio de Salud y Asistencia Social. (24 de Mayo de 2005). *Aspectos importantes sobre manejos sanitarios de aguas residuales.* Recuperado el 15 de Febrero de 2020, de *SPECTOS IMPORTANTES SOBRE MANEJO SANITARIO DE AGUAS RESIDUALES*: http://usam.salud.gob.sv/archivos/pdf/aresiduales/aguas_residuales.pdf

Muñoz, T., & Reyes, R. (2013). Evaluación de la eficiencia de remoción de materia orgánica. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 12(3), 575-583.

Ocaña, M. B. (21 de 01 de 2022). *Evaluación Técnica de un Tanque Imhoff para el tratamiento de aguas residuales en Centro Tabasco*.

OPS. (2005). *GUÍA PARA EL DISEÑO DE TANQUES SÉPTICOS, TANQUES IMHOFF Y LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN*.

Perez, E. (2017). *Evaluar la calidad agronómica del agua residual tratada en el tanque imhoff (Tesis de pregrado)*. Buenavista: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Raffo, E., & Ruiz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1), 71-80.

Rios, I. M. (2018). *Eficiencia de un tanque Imhoff-HA a escala, para mejorar la calidad de las aguas servidas municipales del distrito de Habana, Moyobamba (tesis de pregrado)*. Tarapoto-Perú: Universidad Nacional de San Martín.

RNE OS090. (2006). *Norma técnica de edificaciones , Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Lima, Peru.

ROSALES, F. J. (2021). *DETERMINACIÓN DEL INCREMENTO DE NITROGENO AMONIAICAL EN LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS UTILIZANDO UN SEDIMENTADOR PRIMARIO PARA DIFERENTES CONDICIONES HIDRÁULICAS EN CLIMAS ANDINOS TUYU, MARCARA 2019*". HUARAZ-ANCASH-PERU: UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO.

Salazar, J. O. (2015). *Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales* . Puno-Peru: Universidad Nacional del Altiplano Puno.

Shavier, H., Díaz, V., & Rissel, J. (2015). *Simulación de una planta de tratamiento de aguas residuales y su análisis Técnico - económico - ambiental en la ciudad de Iquitos mediante el uso de Super pro Designer V6 – 2015*. Amazonas-Perú: Universidad Nacional de La Amazonía Peruana Facultad de Ingeniería Química.

SUNASS. (2017). *Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento*. Lima-Perú: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento/Programa de Modernización y Fortalecimiento del Sector Agua y Saneamiento.

Tello, E. K., & Villegas, E. V. (2019). *"DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA LA ENCAÑADA DEL PERIODO ABRIL – AGOSTO 2018"*. Cajamarca-Peru: UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE.

Varillas, J. M. (2020). *COMPARATIVO TÉCNICO - ECONÓMICO ENTRE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS, BAJO LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN Y TANQUE IMHOFF DE LA ASOCIACIÓN CENTRO PROGRESO SAN JUAN DE IHUANCO DISTRITO DE CERRO AZUL, PROVINCIA CAÑETE, 2020*. UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE, LIMA. CAÑETE: FACULTAD DE INGENIERÍA.

VILLARROEL, C. J. (2012). *"TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS MEDIANTE HUMEDALES ARTIFICIALES EN LA LOCALIDAD DE REMICHACA"*. Lima: UNALM.

YAURI, L. F. (2015). *REMOCION DE CONTAMINANTES DE AGUAS RESIDUALES URBANA DEL COLECTOR AGUA DE LAS VIRGENES POR ELECTROCOAGULACION, A NIVEL DE LABORATORIO, UTILIZANDO COMO FUENTE ENERGETICA UN PANEL FOTOVOLTAICO*.

AYALA, D. C. (2007). *MANUAL PARA EL DISEÑO DE UNIDADES DE TIPO BIOLOGICO EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN EL SALVADOR"*. EL SALVADOR: FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA -UNIVERSIDAD EL SALVADOR.

CYCLUS. (17 de 11 de 2020). Tratamiento Primario. Obtenido de <https://www.cyclucid.com/tecnologias-aguas-residuales/tratamiento-aguas/tratamiento-primario/>

Vejaranoa, T. E., Álvarezb, J. C., & Salazar, J. L. (Julio-Setiembre de 2018). Eficiencia de un sedimentador laminar y convencional para eliminar sólidos. Revista de la Sociedad Química del Perú, 84 N°3. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v84n3/a07v84n3.pdf>

Yactayo, V. M. (2000). Manual I Teoria de SEDIMENTACIÓN. Lima, Peru: Universidad Nacional de Ingenieria.

ANEXOS

Anexo 1 Diseño e implementación del prototipo

Anexo 1.1. Diseño del tanque imhoff

DATOS	
Caudal Promedio diario (Qpd)	1.28 m ³ /día
Caudal promedio (L/s)	0.01481 L/s
Temperatura del proyecto (°C)	15°C
Número de unidades	1
RESULTADOS	
A. DISEÑO DEL SEDIMENTADOR	
Area superficial del sedimentador (As).	1.28 m ²
Largo de la cámara de sedimentación (L)	1.14 m
Ancho de la cámara de sedimentación (An)	0.30 m
Volumen de la cámara de sedimentador (Vs)	0.14 m ³
Dimencionamiento de la cámara de sedimentación	
Area transversal de la cámara sedimentador As	0.13 m ²
Altura del triángulo	0.26 m
Altura del rectángulo	0.29 m
Altura de transición	0.18 m
Altura del borde libre	0.15 m
Altura total de sedimentación	0.88 m
Velocidad de sedimentación (Vs)	1.871 m/h
Velocidad Horizontal del Líquido (Vh)	0.420 m/h
B. DISEÑO DE LA CÁMARA DE DIGESTIÓN	
Altura de tolvas	0.26 m
Largo de tolvas	1.14 m
Ancho de tolvas	1.02 m
Volumen total de tolvas	0.10 m ³
Dimencionamiento de la parte rectangular de la camara de digestión	
Altura del rectángulo	0.20 m
Volumen del rectángulo	0.23 m ³
Altura de la zona neutra	0.10 m
Tiempo requerido para digestión de lodos (t)	55 días
RESUMEN	
Altura total del tanque imhof	1.44 m
Volumen de sedimentación	0.14 m ³
Volumen de digestión	0.23 m ³
Volumen del area neutra	0.12 m ³
Volumen de la tolva	0.10 m ³
Volumen util total	0.59 m ³

Fuente: elaboración propia con las formulas de (AYALA, 2007) y (OPS, 2005).

Anexo 1.2. Diseño del Sedimentador Dormund

DATOS	
Caudal Promedio diario Qp	1.28 m ³ /día 0.05 m ³ /horas
Diámetro de la unidad(D)	0.01 l/s 0.80 m
Número de sedimentadores	1.000
RESULTADOS	
A. TANQUE DE SEDIMENTACIÓN	
Area del sector cilindrico superior(A1)	0.50 m ²
Velocidad de sedimentación	2.546 m/hora
Dimencioanmiento de la zona de sedimentación	
Profundidad del tanque (h)	0.71 m
velocidad horizontal (Vh T)	0.212 m/hora
Volumen del sector cilíndrico (V1)	0.36 m ³
Diámetro de la base inferior de la tolva (d)	0.20 m
Área de la base inferior de la tolva (a)	0.03 m ²
Área de la base superior de la tolva(A)	0.50 m ²
Ángulo inclinación de los muros de la tolva(Θ)	60 °C
Altura del sector tronco cónico (h2)	0.52 m
Volumen de la tolva (Vt)	0.11 m ³
Altura del tercio superior de la tolva(h'2)	0.17 m
Diámetro a la altura h'2(D')	0.60 m
Área a la altura de h'2(A')	0.28 m ²
Volumen del tercio supercior de la tolva(V')	0.07 m ³
Volumen de sedimentación (Vs)	0.43 m ³
Tiempo de Retención Hidráulica (TRH)	7.97 horas 0.33 días
B. SISTEMA DE INGRESO AL SEDIMENTADOR	
Diámetro de la zona de entrada en el centro del tanque (Di)	0.20 m 8.0 pulg
Diámetro de la tubería (Dt)	0.05 m 2.0 pulg
Longitud de tubería (L)	1.00 m
Coficiente de Hazem Williams (Chw)	150.000
Perdida de carga por fricción (hf)	0.000002 m
Sumatoria de perdida de carga de accesorios (k'total)	2.100
Perdida de carga por accesorios (ha)	0.000006 m
Perdida de Carga Total (hf)	0.000008 m
C. SISTEMA DE SALIDA DEL AA.RR. EN EL SEDIMENTADOR	
Caudal máximo diario (Qmd)	0.00001 m ³ /s

separación de vértice a vértice (V. triangular) (s)	0.08 m
Número de Vertederos triangulares (Nv)	32
Caudal en cada Vertedero(qv)	0.0000002 m ³ /s
Tirante del AA.RR. Sobre los vértices(hv)	0.002 m
Tirante del AA.RR. Sobre los vértices	0.2 cm
Caida libre desde el vértice hasta el canal perimetral (hj)	3.5 cm
Pendiente del canal de recolección (S)	1.5 %
Espesor canal perimetral (diseñar para una máxima eficiencia hidráulica)	4.0 cm
Carga hidráulica en los vertederos (CH-v)	0.25000 m ³ /m.dia
Profundidad total del sedmientador dormund (ht)	1.23 m
RESUMEN	
Volumen (cilíndrica) sedimentación (Vs)	0.43 m ³
Volumen (Cónica) tolva (Vt)	0.11 m ³
Volumen del dormund útil o total (VT)	0.54 m ³

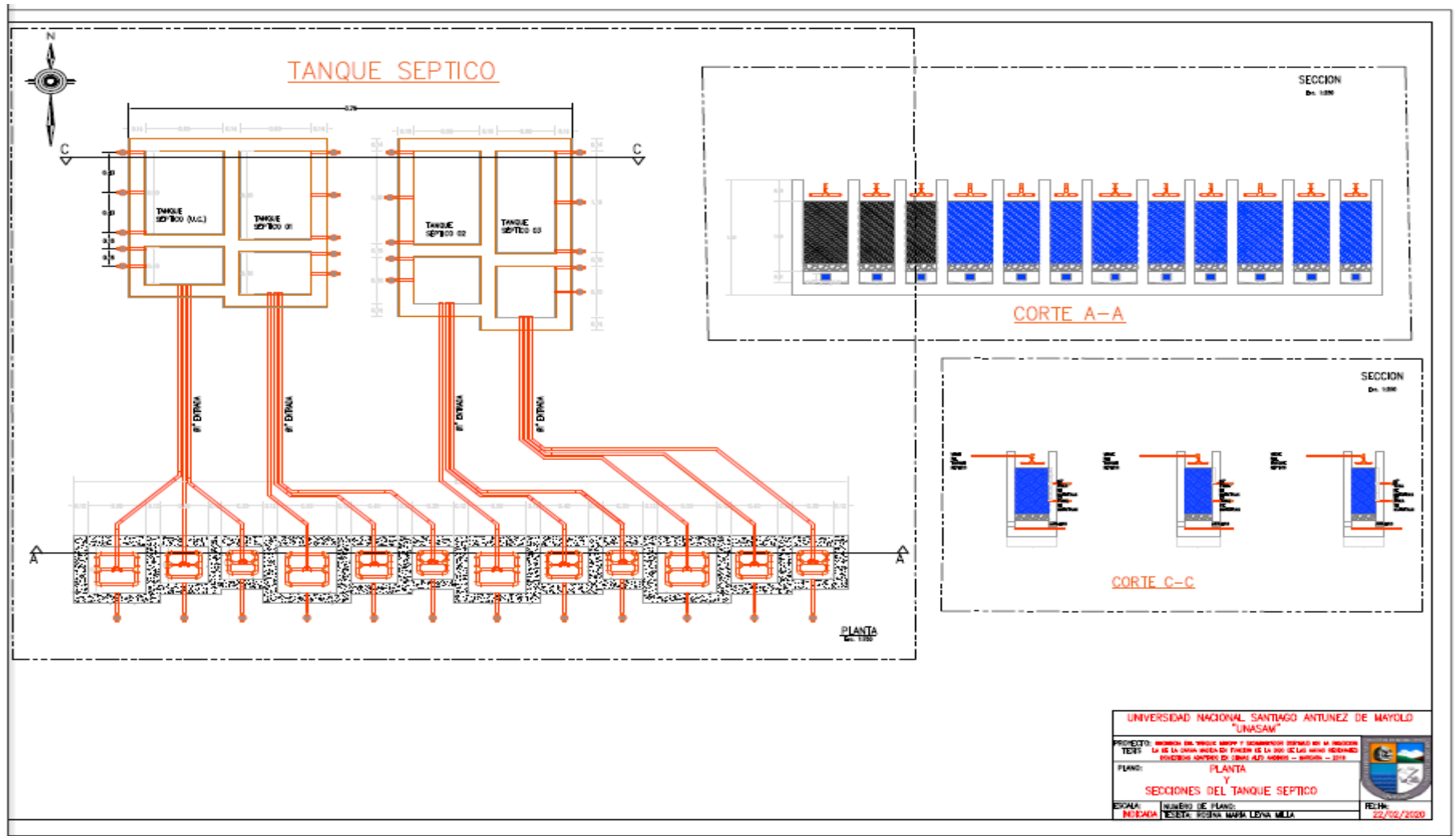
Fuente: elaboración propia con las fórmulas de (AYALA, 2007) y (OPS, 2005).

Anexo 1.3. Diseño del tanque séptico

DATOS	
Relación L/B	2.0
Población Futura (Pf)	20 hab
Dotación (Dot)	80 Lt/Hab/Dia
Caudal de Aguas Residuales (Qd)	1.28 m3/dia
(* si el caudal es <20m3/dia usar tanque séptico	0.01 l/s
	0.05 m3/horas
RESULTADOS	
Tiempo de Retención (TRH)	0.25 dias
	6 horas
Volumen de sedimentación calculado (Vs)	0.32 m3
Tasa de acumulación de lodos (TAL)	70 Lt/Hab/Año
Periodo de Limpieza (N)	0.08 años
	1.00 meses
Volumen de digestión calculado (Acumulación de Lodos) (Vd)	0.12 m3
Volumen Mínimo de Natas (Vn)	0.08 m3
Volumen útil calculado del tanque séptico (Vuts)	0.31 m3
Profundidad máxima de espuma sumergida (He)	0.10 m
Profundidad libre de lodo (H0)	0.30 m
Profundidad mínima requerida para la sedimentación (Hs)	0.30 m
Profundidad de almacenamiento de Lodos (Hd)	0.10 m
Espacio Libre (BL)	0.15 m
Profundidad del espacio libre Mínimo (HI)	0.40 m
Dimencionamiento Final	
Altura total (H)	0.75 m
Largo (L)	1.30 m
Ancho (B)	0.65 m
Volumen total instalado (Vi)	0.63 m3
Volumen útil instalado (Vui)	0.51 m3
Velocidad de sedimentación (Vs)	2.33 m/hora
Velocidad Horizontal del Líquido (Vh)	0.13 m/hora
RESUMEN	
Volumen de sedimentación (Vs)	0.320 m3
Volumen de digestión (Vd)	0.117 m3
Volumen útil instalado (Vui)	0.507 m3
Volumen total (VT)	0.634 m3

Fuente: Elaboración propia y (AYALA, 2007) y (ROSALES, 2021)

Figura 6 Esquema del ptar piloto con tratamiento primario de tanque séptico



Fuente: (ROSALES, 2021)

Anexo 3 Organización de datos obtenidos de los muestreos de campo y análisis en laboratorio

Tabla 28

Datos de pH, Temperatura (°C) y Turbiedad (UNT) en el Sedimentador Imhoff

FECHA	DIA	PH			TEMPERATURA a (°C)			TURBIEDAD (UNT)			
		pHa	pHe	Relacion Phe/Pha	TEMPERAT URA Ta(°C)	TEMPERAT URA Te(°C)	Relacion Te/Ta	TURBIEDAD Ta(UNT)	TURBIEDAD Te(UNT)	Relacion Ta / Te (UNT)	Remosion R(UNT)(%)
05/10/2019	1	7.66	7.33	0.956919	19.10	17.20	0.900524	108.60	80.40	0.740331	26%
12/10/2019	7	7.67	7.59	0.989570	18.50	17.80	0.962162	338.00	103.30	0.305621	69%
19/10/2019	14	7.10	6.80	0.957746	20.70	19.40	0.937198	184.00	99.60	0.541304	46%
26/10/2019	21	7.00	7.00	1.000000	17.00	16.90	0.994118	180.00	97.50	0.541667	46%
02/11/2019	28	6.70	7.00	1.044776	19.10	16.50	0.863874	124.60	99.20	0.796148	20%
09/11/2019	35	7.00	7.00	1.000000	18.20	17.70	0.972527	183.00	115.80	0.632787	37%
16/11/2019	42	6.88	7.10	1.031977	21.00	20.70	0.985714	366.00	101.40	0.277049	72%
30/11/2019	49	7.43	7.53	1.013459	17.90	17.00	0.949721	218.00	99.40	0.455963	54%
14/12/2019	56	7.64	7.27	0.951571	20.00	19.10	0.955000	233.00	97.40	0.418026	58%
21/12/2019	63	7.69	7.66	0.996099	17.90	16.60	0.927374	70.00	69.90	0.998571	0%
28/12/2019	70	7.66	7.65	0.998695	17.40	16.90	0.971264	193.70	112.50	0.580795	42%
04/01/2020	77	7.96	7.75	0.973618	18.70	17.70	0.946524	170.30	95.80	0.562537	44%
11/01/2020	84	7.80	7.65	0.980769	17.90	16.80	0.938547	177.00	96.40	0.544633	46%
18/01/2020	91	7.90	7.51	0.950633	20.20	19.20	0.950495	205.00	100.30	0.489268	51%
25/01/2020	98	6.90	7.10	1.028986	19.30	19.28	0.998964	183.00	101.70	0.555738	44%
01/02/2020	105	7.60	7.20	0.947368	18.40	18.90	1.027174	156.74	88.50	0.564629	44%

Tabla 29

Datos de SST (mg/L), Cantidad de Sólidos Producidos (Kg/día), Concentración n de Sólidos (%), Taza de acumulación de lodos (L/Hab.Día), Caudal (m3/día) y Tiempo de Retención Hidráulica (Horas) en el Tanque Imhoff.

FECHA	DIA	SST				Cantidad de Sólidos Producidos CSP(kg/día)	CONCENTRACION DE SÓLIDOS CS(%)	TASA DE ACUMULACION DE LODOS TAL(L/hab. Día)	CAUDAL (L/s)		TIEMPO DE RETENCION HIDRAULICA TRH (Horas)
		SSTa(mg/L)	SSTe(mg/L)	Relación SSTe/SSTa	Remosion R(SST)(%)				CAUDAL de ingreso (m3/día)	CAUDAL de salida (m3/día)	
05/10/2019	1	118.00	87.00	0.737288	26%	0.000397	3%	0.547120	2.1686	1.4774	1.603541
12/10/2019	7	130.00	90.00	0.692308	31%	0.000512	4%	3.829840	2.1946	0.9850	1.584602
19/10/2019	14	93.00	78.00	0.838710	16%	0.000192	2%	7.659680	2.1859	1.3738	1.590865
26/10/2019	21	124.00	49.00	0.395161	60%	0.000960	8%	11.489520	2.1686	1.5552	1.603541
02/11/2019	28	118.00	51.00	0.432203	57%	0.000858	7%	15.319360	2.1946	1.2960	1.584602
09/11/2019	35	112.00	33.00	0.294643	71%	0.001011	8%	19.149200	2.1514	1.2960	1.616421
16/11/2019	42	91.00	90.00	0.989011	1%	0.001498	0%	22.979039	2.0045	1.3910	1.597178
30/11/2019	49	70.00	65.00	0.928571	7%	0.000064	1%	26.808879	2.2637	1.3219	1.536217
14/12/2019	56	48.00	28.00	0.583333	42%	-0.000384	-3%	30.638719	2.2810	1.3133	1.524579
21/12/2019	63	147.00	78.00	0.530612	47%	0.000883	7%	34.468559	2.2810	1.5725	1.524579
28/12/2019	70	230.00	80.00	0.347826	65%	0.000640	5%	38.298399	2.2723	1.5293	1.530376
04/01/2020	77	29.00	13.00	0.448276	55%	0.000205	2%	42.128239	2.2378	1.5638	1.554011
11/01/2020	84	62.00	49.00	0.790323	21%	0.000166	1%	45.958079	2.2118	1.5984	1.572222
18/01/2020	91	69.00	69.00	1.000000	0%	-0.000154	-1%	49.787919	2.2637	1.5984	1.536217
25/01/2020	98	131.00	62.00	0.473282	53%	0.000883	7%	53.617759	2.2810	1.5552	1.524579
01/02/2020	105	99.00	66.00	0.666667	33%	0.000422	3%	57.447599	2.2291	1.5725	1.560034

Tabla 30

Datos de DQO (mg/L), Carga Másica Kg DQO /Dia y Carga Másica Kg SST /Dia en el Tanque Imhoff

FECHA	DIA	DQO (Mg/L)				CARGA MASICA EN FUNCION A DQO				CARGA MASICA EN FUNCION A SST			
		DQO a (Mg/L) ingreso	DQO e (Mg/L) salida	Relacion DQO e (Mg/L) / DQO a (Mg/L)	Remosión (%)	CARGA MASICA CMa(DQO)(kg/día)	CARGA MASICA CMe(DQO)(kg/día)	Relacion R_CMe(DQO) /CCa(DQO)	Remosion R(CM_DQO)(%)	CARGA MASICA CMa(SST)(kg/día)	CARGA MASICA CMe(SST)(kg/día)	Relacion R_CMe(SST) /CMa(SST)	Remosion R(CM_SST)(%)
05/10/2019	1	371.50	276.50	0.636608	36%	0.805650	0.408512	0.507059	49%	0.255900	0.128537	0.502294	50%
12/10/2019	7	426.50	295.60	0.943728	6%	0.935980	0.291154	0.311069	69%	0.285293	0.088646	0.310719	69%
19/10/2019	14	241.50	216.50	0.813665	19%	0.527900	0.297419	0.563401	44%	0.203291	0.107153	0.527092	47%
26/10/2019	21	321.50	206.50	0.735614	26%	0.697218	0.321149	0.460615	54%	0.268911	0.076205	0.283384	72%
02/11/2019	28	361.50	281.50	0.737206	26%	0.793333	0.364824	0.459862	54%	0.258958	0.066096	0.255238	74%
09/11/2019	35	446.50	261.50	0.596865	40%	0.960582	0.338904	0.352811	65%	0.240952	0.042768	0.177496	82%
16/11/2019	42	453.18	341.50	0.406731	59%	0.908386	0.475040	0.522950	48%	0.182408	0.125194	0.686341	31%
30/11/2019	49	501.50	351.50	0.950150	5%	1.135236	0.464655	0.409303	59%	0.158458	0.085925	0.542257	46%
14/12/2019	56	301.50	276.50	0.883914	12%	0.687709	0.363122	0.528016	47%	0.109486	0.036772	0.335860	66%
21/12/2019	63	341.50	206.50	0.575403	42%	0.778948	0.324717	0.416866	58%	0.335301	0.122653	0.365800	63%
28/12/2019	70	766.50	336.50	0.295499	70%	0.741733	0.514603	0.693784	31%	0.522634	0.122342	0.234087	77%
04/01/2020	77	131.50	116.50	0.961977	4%	0.294265	0.182187	0.619126	38%	0.064895	0.020330	0.313275	69%
11/01/2020	84	301.50	216.50	0.635158	36%	0.666870	0.346054	0.518922	48%	0.137134	0.078322	0.571135	43%
18/01/2020	91	241.50	201.50	0.730849	27%	0.546679	0.322078	0.589153	41%	0.156194	0.110290	0.706109	29%
25/01/2020	98	246.50	206.50	0.959432	4%	0.562257	0.321149	0.571178	43%	0.298806	0.096422	0.322691	68%
01/02/2020	105	341.50	256.50	0.575403	42%	0.761244	0.403341	0.529844	47%	0.220683	0.103784	0.470285	53%

Tabla 31

Datos de pH, Temperatura (°C) y Turbiedad (UNT) en el sedimentador dormund.

FECHA	DIA	PH			TEMPERATURA a (°C)			TURBIEDAD (UNT)			
		pHa	pHe	Relacion Phe/Pha	TEMPERAT URA Ta(°C)	TEMPERAT URA Te(°C)	Relacion Te/Ta	TURBIEDAD Ta(UNT)	TURBIEDAD Te(UNT)	Relacion Ta / Te (UNT)	Remosion R(UNT)(%)
05/10/2019	1	7.66	7.49	0.977807	19.10	16.50	0.863874	108.60	99.60	0.917127	8%
12/10/2019	7	7.67	7.67	1.000000	18.50	18.50	1.000000	338.00	92.30	0.273077	73%
19/10/2019	14	7.10	6.90	0.971831	20.70	19.50	0.942029	184.00	89.30	0.485326	51%
26/10/2019	21	7.00	6.98	0.997143	17.00	16.80	0.988235	180.00	97.50	0.541667	46%
02/11/2019	28	6.70	6.68	0.997015	19.10	17.20	0.900524	124.60	118.00	0.947030	5%
09/11/2019	35	7.00	6.65	0.950000	18.20	17.80	0.978022	183.00	103.20	0.563934	44%
16/11/2019	42	6.88	6.91	1.004360	21.00	20.70	0.985714	366.00	96.80	0.264481	74%
30/11/2019	49	7.43	7.36	0.990579	17.90	16.60	0.927374	218.00	109.60	0.502752	50%
14/12/2019	56	7.64	7.44	0.973822	20.00	19.40	0.970000	233.00	96.40	0.413734	59%
21/12/2019	63	7.69	7.67	0.997399	17.90	17.00	0.949721	70.00	69.00	0.985714	1%
28/12/2019	70	7.66	7.89	1.030026	17.40	17.10	0.982759	193.70	74.90	0.386680	61%
04/01/2020	77	7.96	7.82	0.982412	18.70	18.10	0.967914	170.30	109.20	0.641221	36%
11/01/2020	84	7.80	7.65	0.980769	17.90	17.00	0.949721	177.00	107.40	0.606780	39%
18/01/2020	91	7.90	7.81	0.988608	20.20	19.20	0.950495	205.00	95.90	0.467805	53%
25/01/2020	98	6.90	6.88	0.997101	19.30	18.45	0.955959	183.00	92.60	0.506011	49%
01/02/2020	105	7.60	7.60	1.000000	18.40	17.70	0.961957	156.74	97.30	0.620773	38%

Tabla 32

Datos de SST (mg/L), Cantidad de Sólidos Producidos (Kg/día), concentración de Sólidos (%), Taza de acumulación de lodos (L/Hab.Día) , Caudal (m3/día) y Tiempo de Retención Hidráulica (Horas) en el sedimentador dormund.

FECHA	DIA	SST				Cantidad de Sólidos Producidos CSP(kg/día)	CONCENTRACION DE SÓLIDOS CS(%)	TASA DE ACUMULACION DE LODOS TAL(L/hab. Día)	CAUDAL (L/s)		TIEMPO DE RETENCION HIDRAULICA TRH (Horas)
		SSTa(mg/L)	SSTe(mg/L)	Relación SSTe/SSTa	Remosion R(SST)(%)				CAUDAL de ingreso (m3/día)	CAUDAL de salida (m3/día)	
05/10/2019	1	118.00	60.00	0.508475	49%	0.000742	0.058	0.193101	1.6502	1.4342	6.185154
12/10/2019	7	130.00	73.00	0.561538	44%	0.000730	0.057	1.351708	1.6243	1.2874	6.283853
19/10/2019	14	93.00	51.00	0.548387	45%	0.000538	0.042	2.703416	1.6762	1.3651	6.089507
26/10/2019	21	124.00	49.00	0.395161	60%	0.000960	0.075	4.055125	1.6157	1.2960	6.317457
02/11/2019	28	118.00	56.00	0.474576	53%	0.000794	0.062	5.406833	1.6675	1.5034	6.121059
09/11/2019	35	112.00	39.00	0.348214	65%	0.000934	0.073	6.758541	1.6589	1.4170	6.152940
16/11/2019	42	91.00	80.00	0.879121	12%	0.002918	0.228	8.110249	1.6330	1.4774	6.250605
30/11/2019	49	70.00	70.00	1.000000	0%	-0.000883	-0.069	9.461957	1.6330	1.5552	6.250605
14/12/2019	56	48.00	50.00	1.041667	-4%	-0.000307	-0.024	10.813666	1.6502	1.5811	6.185154
21/12/2019	63	147.00	85.00	0.578231	42%	0.000794	0.062	12.165374	1.5984	1.4429	6.385753
28/12/2019	70	230.00	78.00	0.339130	66%	0.001946	0.152	13.517082	1.6762	1.6416	6.089507
04/01/2020	77	29.00	27.00	0.931034	7%	-0.000435	-0.034	14.868790	1.6762	1.6157	6.089507
11/01/2020	84	62.00	57.00	0.919355	8%	0.000064	0.005	16.220498	1.6330	1.3824	6.250605
18/01/2020	91	69.00	66.00	0.956522	4%	-0.000090	-0.007	17.572207	1.6070	1.4170	6.351421
25/01/2020	98	131.00	58.00	0.442748	56%	0.000934	0.073	18.923915	1.5984	1.3824	6.385753
01/02/2020	105	99.00	78.00	0.787879	21%	0.000269	0.021	20.275623	1.6157	1.4429	6.317457

Tabla 33

Datos de DQO (mg/L), Carga Maica Kg DQO /Dia y Carga Masica Kg SST /Dia en el sedimentador dormund

FECHA	DIA	DQO (Mg/L)				CARGA MASICA EN FUNCION A DQO				CARGA MASICA EN FUNCION A SST			
		DQO a (Mg/L) ingreso	DQO e (Mg/L) salida	Relacion DQO e (Mg/L) / DQO a (Mg/L)	Remosión (%)	CARGA MASICA CMa(DQO)(kg/día)	CARGA MASICA CMe(DQO)(kg/día)	Relacion R_CMe(DQO) /CCa(DQO)	Remosion R(CM_DQO)(%)	CARGA MASICA CMa(SST)(kg/día)	CARGA MASICA CMe(SST)(kg/día)	Relacion R_CMe(SST) /CMa(SST)	Remosion R(CM_SST) (%)
05/10/2019	1	371.50	236.50	0.636608	36%	0.613064	0.339198	0.553283	45%	0.194728	0.086054	0.441919	56%
12/10/2019	7	426.50	402.50	0.943728	6%	0.692772	0.518162	0.747955	25%	0.211162	0.093977	0.445047	55%
19/10/2019	14	241.50	196.50	0.813665	19%	0.404793	0.268246	0.662675	34%	0.155883	0.069621	0.446623	55%
26/10/2019	21	321.50	236.50	0.735614	26%	0.519441	0.306504	0.590065	41%	0.200344	0.063504	0.316975	68%
02/11/2019	28	361.50	266.50	0.737206	26%	0.602808	0.400645	0.664631	34%	0.196767	0.084188	0.427856	57%
09/11/2019	35	446.50	266.50	0.596865	40%	0.740690	0.377620	0.509822	49%	0.185795	0.055261	0.297430	70%
16/11/2019	42	676.50	356.50	0.526977	47%	0.943129	0.526707	0.558468	44%	0.148599	0.118195	0.795396	20%
30/11/2019	49	501.50	476.50	0.950150	5%	0.818929	0.596959	0.728951	27%	0.114307	0.108864	0.952383	5%
14/12/2019	56	301.50	266.50	0.883914	12%	0.497547	0.421368	0.846891	15%	0.079212	0.079056	0.998031	0%
21/12/2019	63	341.50	105.50	0.308931	69%	0.545854	0.283526	0.519418	48%	0.234965	0.122645	0.521971	48%
28/12/2019	70	766.50	226.50	0.295499	70%	1.284777	0.371822	0.289406	71%	0.385517	0.128045	0.332138	67%
04/01/2020	77	131.50	115.50	0.878327	12%	0.220415	0.204384	0.927267	7%	0.048609	0.043623	0.897426	10%
11/01/2020	84	301.50	191.50	0.635158	36%	0.492337	0.264730	0.537700	46%	0.101244	0.078797	0.778288	22%
18/01/2020	91	241.50	176.50	0.730849	27%	0.388100	0.250093	0.644404	36%	0.110886	0.093519	0.843380	16%
25/01/2020	98	246.50	236.50	0.959432	4%	0.394006	0.326938	0.829779	17%	0.209390	0.080179	0.382917	62%
01/02/2020	105	341.50	196.50	0.575403	42%	0.551755	0.283526	0.513862	49%	0.159952	0.112545	0.703617	30%

Tabla 34

Datos de pH, Temperatura (°C) y Turbiedad (UNT) en el tanque séptico

FECHA	DIA	PH			TEMPERATURA a (°C)			TURBIEDAD (UNT)			
		pHa	pHe	Relacion Phe/Pha	TEMPERAT URA Ta(°C)	TEMPERAT URA Te(°C)	Relacion Te/Ta	TURBIEDAD Ta(UNT)	TURBIEDAD Te(UNT)	Relacion Ta / Te (UNT)	Remosion R(UNT)(%)
05/10/2019	1	7.66	7.25	0.946475	19.10	19.20	1.005236	108.60	76.90	0.708103	29%
12/10/2019	7	7.67	7.56	0.985658	18.50	18.90	1.021622	338.00	52.90	0.156509	84%
19/10/2019	14	7.10	6.90	0.971831	20.70	20.90	1.009662	184.00	57.40	0.311957	69%
26/10/2019	21	7.00	7.00	1.000000	17.00	17.20	1.011765	180.00	75.20	0.417778	58%
02/11/2019	28	6.70	6.62	0.988060	19.10	17.80	0.931937	124.60	64.80	0.520064	48%
09/11/2019	35	7.00	7.00	1.000000	18.20	17.50	0.961538	183.00	53.40	0.291803	71%
16/11/2019	42	6.88	7.02	1.020349	21.00	21.60	1.028571	366.00	95.70	0.261475	74%
30/11/2019	49	7.43	7.55	1.016151	17.90	17.00	0.949721	218.00	86.60	0.397248	60%
14/12/2019	56	7.64	7.39	0.967277	20.00	19.20	0.960000	233.00	70.80	0.303863	70%
21/12/2019	63	7.69	7.63	0.992198	17.90	16.70	0.932961	70.00	53.50	0.764286	24%
28/12/2019	70	7.66	7.71	1.006527	17.40	17.30	0.994253	193.70	100.40	0.518327	48%
04/01/2020	77	7.96	7.74	0.972362	18.70	17.90	0.957219	170.30	47.10	0.276571	72%
11/01/2020	84	7.80	7.63	0.978205	17.90	16.70	0.932961	177.00	47.10	0.266102	73%
18/01/2020	91	7.90	7.51	0.950633	20.20	18.80	0.930693	205.00	68.37	0.333512	67%
25/01/2020	98	6.90	7.46	1.080435	19.30	18.50	0.958549	183.00	53.40	0.291803	71%
01/02/2020	105	7.60	7.40	0.973684	18.40	18.20	0.989130	156.74	72.43	0.462103	54%

Fuente: Elaboracion Propia y los datos de DQO de Milagros Agüero Charqui

Tabla 35

Datos de SST (mg/L), Cantidad de Sólidos Producidos (Kg/día), Concentración de Sólidos (%), Tasa de acumulación de lodos (L/Hab.Día), Caudal (m3/día) y Tiempo de Retención Hidráulica (Horas) en el tanque séptico.

FECHA	DIA	SST				Cantidad de Sólidos Producidos CSP(kg/día)	CONCENTRACION DE SÓLIDOS CS(%)	TASA DE ACUMULACION DE LODOS TAL(L/hab. Día)	CAUDAL (L/s)		TIEMPO DE RETENCION HIDRAULICA TRH (Horas)
		SSTa(mg/L)	SSTe(mg/L)	Relación SSTe/SSTa	Remosion R(SST)(%)				CAUDAL de ingreso (m3/día)	CAUDAL de salida (m3/día)	
05/10/2019	1	118.00	8.00	0.067797	93%	0.001408	11%	0.590857	1.6675	1.3738	4.605642
12/10/2019	7	130.00	11.00	0.084615	92%	0.001523	12%	4.135996	1.5638	1.1059	4.910988
19/10/2019	14	93.00	57.00	0.612903	39%	0.000461	4%	8.271992	1.5725	1.3565	4.884005
26/10/2019	21	124.00	32.00	0.258065	74%	0.001178	9%	12.407988	1.5898	1.6157	4.830918
02/11/2019	28	118.00	24.00	0.203390	80%	0.001203	9%	16.543984	1.5034	1.3219	5.108557
09/11/2019	35	112.00	35.00	0.312500	69%	0.000986	8%	20.679980	1.5466	1.5206	4.965860
16/11/2019	42	91.00	35.00	0.384615	62%	0.003021	24%	24.815976	1.4774	1.3219	5.198181
30/11/2019	49	70.00	52.00	0.742857	26%	0.000230	2%	28.951972	1.5034	1.3738	5.108557
14/12/2019	56	48.00	41.00	0.854167	15%	0.000090	1%	33.087968	1.4256	1.3219	5.387205
21/12/2019	63	147.00	63.00	0.428571	57%	0.001075	8%	37.223964	1.5638	1.4861	4.910988
28/12/2019	70	230.00	48.00	0.208696	79%	0.002330	18%	41.359960	1.5898	1.4083	4.830918
04/01/2020	77	29.00	11.00	0.379310	62%	0.000230	2%	45.495956	1.5725	1.1059	4.884005
11/01/2020	84	62.00	14.00	0.225806	77%	0.000614	5%	49.631952	1.5120	1.3565	5.079365
18/01/2020	91	69.00	36.00	0.521739	48%	0.000422	3%	53.767949	1.5811	1.4861	4.857316
25/01/2020	98	131.00	43.00	0.328244	67%	0.001126	9%	57.903945	1.5898	1.5552	4.830918
01/02/2020	105	99.00	32.00	0.323232	68%	0.000858	7%	62.039941	1.5466	1.4861	4.965860

Tabla 36

Datos de DQO (mg/L), Carga Másica (Kg DQO /Dia) y Carga Másica Kg SST /Dia en el tanque séptico

FECHA	DIA	DQO (Mg/L)				CARGA MASICA EN FUNCION A DQO				CARGA MASICA EN FUNCION A SST			
		DQO a (Mg/L) ingreso	DQO e (Mg/L) salida	Relacion DQO e (Mg/L) / DQO a (Mg/L)	Remosión (%)	CARGA MASICA CMa(DQO)(kg/día)	CARGA MASICA CMe(DQO)(kg/día)	Relacion R_CMe(DQO) /CCa(DQO)	Remosion R(CM_DQO)(%)	CARGA MASICA CMa(SST)(kg/día)	CARGA MASICA CMe(SST)(kg/día)	Relacion R_CMe(SST) /CMa(SST)	Remosion R(CM_SST)(%)
05/10/2019	1	371.50	171.50	0.461642	54%	0.619484	0.235600	0.380316	62%	0.196767	0.010990	0.055853	94%
12/10/2019	7	426.50	221.50	0.519343	48%	0.666978	0.244961	0.367271	63%	0.203299	0.012165	0.059838	94%
19/10/2019	14	241.50	131.50	0.544513	46%	0.479754	0.314025	0.654555	35%	0.146241	0.077319	0.528709	47%
26/10/2019	21	321.50	151.50	0.471229	53%	0.511108	0.244776	0.478912	52%	0.197130	0.051702	0.262274	74%
02/11/2019	28	361.50	161.50	0.446750	55%	0.543465	0.213490	0.392832	61%	0.177396	0.031726	0.178843	82%
09/11/2019	35	446.50	186.50	0.417693	58%	0.690539	0.283599	0.410693	59%	0.173215	0.053222	0.307260	69%
16/11/2019	42	676.50	226.50	0.334812	67%	1.029498	0.299415	0.290836	71%	0.134447	0.046267	0.344128	66%
30/11/2019	49	501.50	171.50	0.341974	66%	0.753935	0.235600	0.312494	69%	0.105235	0.071436	0.678824	32%
14/12/2019	56	301.50	256.50	0.850746	15%	0.482982	0.339072	0.702040	30%	0.068429	0.054199	0.792047	21%
21/12/2019	63	341.50	101.50	0.297218	70%	0.534051	0.150837	0.282439	72%	0.229884	0.093623	0.407262	59%
28/12/2019	70	766.50	186.50	0.243314	76%	1.021855	0.262652	0.257034	74%	0.365645	0.067599	0.184876	82%
04/01/2020	77	131.50	96.50	0.733840	27%	0.206781	0.139899	0.676555	32%	0.045602	0.012165	0.266765	73%
11/01/2020	84	301.50	126.50	0.419569	58%	0.455868	0.171595	0.376413	62%	0.093744	0.018991	0.202584	80%
18/01/2020	91	241.50	136.50	0.565217	43%	0.438184	0.351458	0.802078	20%	0.109097	0.053499	0.490380	51%
25/01/2020	98	246.50	106.50	0.432049	57%	0.539188	0.321149	0.595616	40%	0.208259	0.066874	0.321110	68%
01/02/2020	105	341.50	141.50	0.414348	59%	0.528150	0.210280	0.398145	60%	0.153109	0.047555	0.310596	69%

Anexo 4 análisis estadístico

1. Prueba de normalidad

Tabla 37

Prueba de normalidad de los indicadores de las condiciones hidráulicas, fisicoquímicas y demanda química de Oxígeno (DQO) en el tanque IMHOFF.

	Pruebas de normalidad		
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Pha_I	0,890	16	0,055
Phe_I	0,922	16	0,183
R_Phe/Pha_I	0,938	16	0,323
Ta(°C)_I	0,958	16	0,632
Te(°C)_I	0,895	16	0,067
R_Te(°C)/Ta(°C)_I	0,972	16	0,863
Ta(UNT)_I	0,889	16	0,054
Te(UNT)_I	0,887	16	0,051
R_Te(UNT)/Ta(UNT)_I	0,927	16	0,222
R(UNT)(%)_I	0,927	16	0,222
SSTa(mg/L)_I	0,930	16	0,241
SSTe(mg/L)_I	0,936	16	0,300
R_SSTe(mg/L)/SSTa(mg/L)_I	0,946	16	0,431
R(SST)(%)_I	0,946	16	0,431
CSP(kg/día)_I	0,979	16	0,952
CS(%)_I	0,947	16	0,447
TAL(L/hab. Día)_I	0,961	16	0,682
CO(m3/día)_I	0,835	16	0,083
TRH(Horas)_I	0,899	16	0,078
CCa(DQO)(kg/día)_I	0,980	16	0,960
CCe(DQO)(kg/día)_I	0,948	16	0,459
R_CCe(DQO)(kg/día)/CCa(DQO)(kg/día)_I	0,981	16	0,974
R(CM_DQO)(%)_I	0,981	16	0,974
CCa(SST)(kg/día)_I	0,926	16	0,209
CCe(SST)(kg/día)_I	0,927	16	0,218
R_CCe(SST)(kg/día)/CCa(SST)(kg/día)_I	0,945	16	0,413
R(CM_SST)(%)_I	0,945	16	0,413
DQOa(mg/L)_I	0,899	16	0,077
DQOe(mg/L)_I	0,944	16	0,395
R_DQOe(mg/L)/DQOe(mg/L)_I	0,932	16	0,259
R(DQO)(%)_I	0,932	16	0,259

Fuente: Elaboración propia, SPSS V. 2

Tabla 38

Prueba de normalidad de los indicadores de las condiciones hidráulicas, fisicoquímicas y demanda química de Oxígeno (DQO) del sedimentador DORTMUND

	Pruebas de normalidad		
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Pha_D	0,890	16	0,055
Phe_D	0,890	16	0,056
R_Phe/Pha_D	0,943	16	0,394
Ta(°C)_D	0,958	16	0,632
Te(°C)_D	0,922	16	0,184
R_Te(°C)/Ta(°C)_D	0,900	16	0,079
Ta(UNT)_D	0,889	16	0,054
Te(UNT)_D	0,934	16	0,285
R_Te(UNT)/Ta(UNT)_D	0,907	16	0,102
R(UNT)(%)_D	0,907	16	0,102
SSTa(mg/L)_D	0,930	16	0,241
SSTe(mg/L)_D	0,965	16	0,752
R_SSTe(mg/L)/SSTa(mg/L)_D	0,889	16	0,053
R(SST)(%)_D	0,889	16	0,053
CSP(kg/día)_D	0,926	16	0,210
CS(%)_D	0,926	16	0,210
TAL(L/hab. Día)_D	0,961	16	0,682
CO(m3/dis)_D	0,923	16	0,189
TRH(Horas)_D	0,924	16	0,196
CCa(DQO)(kg/día)_D	0,912	16	0,127
CCe(DQO)(kg/día)_D	0,926	16	0,212
R_CCe(DQO)(kg/día)/CCa(DQO)(kg/día)_D	0,962	16	0,693
R(CM_DQO)(%)_D	0,962	16	0,693
CCa(SST)(kg/día)_D	0,910	16	0,117
CCe(SST)(kg/día)_D	0,970	16	0,845
R_CCe(SST)(kg/día)/CCa(SST)(kg/día)_D	0,888	16	0,052
R(CM_SST)(%)_D	0,888	16	0,052
DQOa(mg/L)_D	0,898	16	0,076
DQOe(mg/L)_D	0,916	16	0,147
R_DQOe(mg/L)/DQOa(mg/L)_D	0,924	16	0,195
R(DQO)(%)_D	0,924	16	0,195

Fuente: Elaboración propia, SPSS V. 25.

Tabla 39

Prueba de normalidad de los indicadores de las condiciones hidráulicas, fisicoquímicas y demanda química de Oxígeno (DQO) en el tanque SÉPTICO.

	Pruebas de normalidad		
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Pha_S	0,890	16	0,055
Phe_S	0,912	16	0,124
R_Phe/Pha_S	0,899	16	0,078
Ta(°C)_S	0,958	16	0,632
Te(°C)_S	0,906	16	0,101
R_Te(°C)/Ta(°C)_S	0,899	16	0,078
Ta(UNT)_S	0,889	16	0,054
Te(UNT)_S	0,919	16	0,160
R_Te(UNT)/Ta(UNT)_S	0,890	16	0,057
R(UNT)(%)_S	0,890	16	0,057
SSTa(mg/L)_S	0,930	16	0,241
SSTe(mg/L)_S	0,953	16	0,531
R_SSTe(mg/L)/SSTa(mg/L)_S	0,935	16	0,297
R(SST)(%)_S	0,935	16	0,297
CSP(kg/día)_S	0,900	16	0,082
CS(%)_S	0,901	16	0,082
TAL(L/hab. Día)_S	0,961	16	0,682
CO(m3/día)_S	0,946	16	0,433
TRH(Horas)_S	0,938	16	0,329
CCa(DQO)(kg/día)_S	0,891	16	0,058
CCe(DQO)(kg/día)_S	0,964	16	0,730
R_CCe(DQO)(kg/día)/CCa(DQO)(kg/día)_S	0,891	16	0,057
R(CM_SQO)(%)_S	0,891	16	0,057
CCa(SST)(kg/día)_S	0,930	16	0,243
CCe(SST)(kg/día)_S	0,938	16	0,326
R_CCe(SST)(kg/día)/CCa(SST)(kg/día)_S	0,937	16	0,317
R(CM_SST)(%)_S	0,937	16	0,317
DQOa(mg/L)_S	0,898	16	0,076
DQOe(mg/L)_S	0,957	16	0,612
R_SQOe(mg/L)/DQOe(mg/L)_S	0,913	16	0,128
R(DQO)(%)_S	0,913	16	0,128

Fuente: Elaboración propia, SPSS V. 25.

2. Correlación de Pearson

2.1 Hipótesis General

Tabla 40

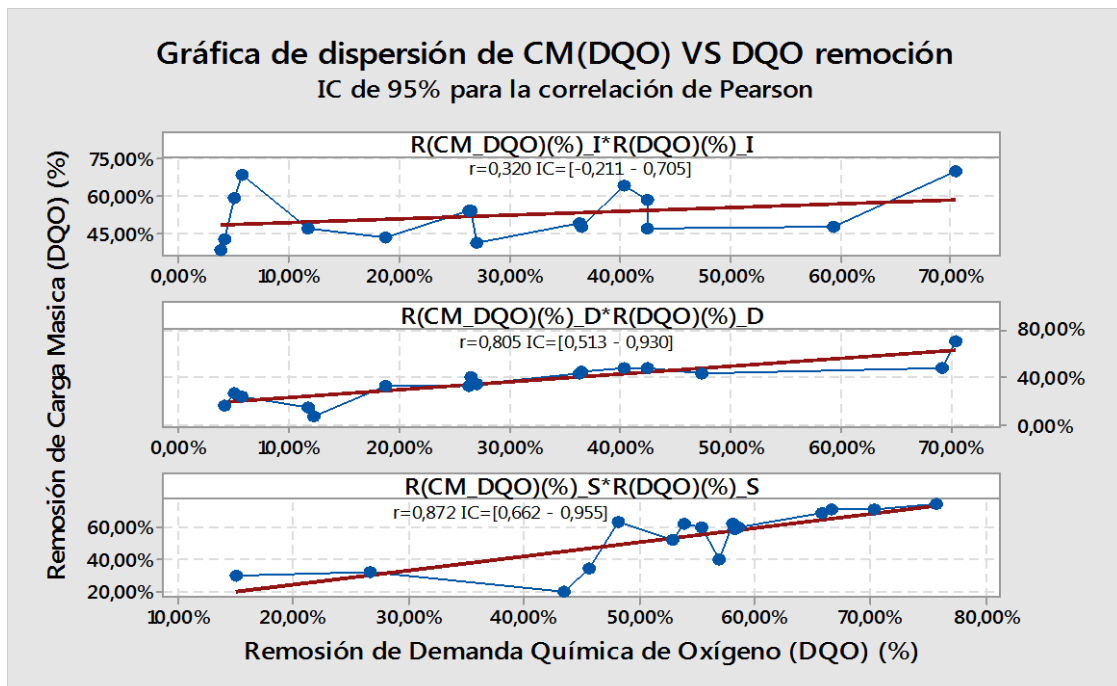
Prueba de correlación de Pearson de la remoción de la carga másica (DQO) (%) en función a la remoción de la demanda química de oxígeno (DQO) (%) en comparación del tanque IMHOFF, sedimentador DORTMUND y tanque SÉPTICO.

Remoción de la Carga másica (DQO) (%)		Remoción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)		
		R(DQO) (%)_I	R(DQO) (%)_D	R(DQO) (%)_S
R(CM_DQO) (%)_I	r*	0,320		
	P - Valor	0,023		
R(CM_DQO) (%)_D	r*		0,805	
	P - Valor		0,000	
R(CM_DQO) (%)_S	r*			0,872
	P - Valor			0,000

* Correlación de Pearson

Gráfica 26

Gráfica de dispersión de la correlación entre la remoción de la carga másica (CM_DQO) (%) y la remoción de la (DQO) (%).



2.2 Hipótesis específica 01

Tabla 41

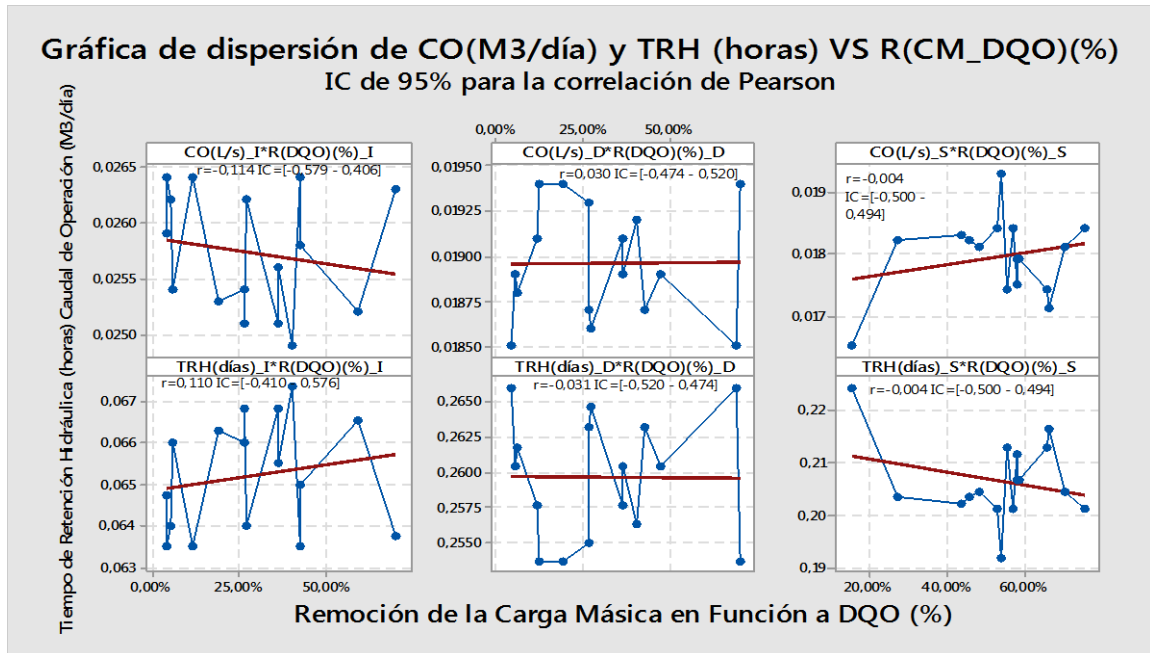
Prueba de correlación de Pearson de los indicadores de las condiciones hidráulicas en función a la remoción de la carga másica (DQO) (%).

Correlaciones			Remoción de la Carga Másica (DQO) (%)		
Indicadores de las condiciones hidráulicas	de las		R(CM_DQO	R(CM_DQO)	R(CM_DQO)
) (%) _I	(%) _D	(%) _S
CO(m3/dia) _I	r*		-0,114		
	P -				
	Valor		0,006		
TRH (Horas)_I	r*		0,110		
	P -				
	Valor		0,006		
CO(m3/dia) _D	r*			0,030	
	P -				
	Valor			0,009	
TRH (Horas)_D	r*			-0,031	
	P -				
	Valor			0,009	
CO(m3/dia) _S	r*				-0,004
	P -				
	Valor				0,010
TRH (Horas)_S	r*				-0,004
	P -				
	Valor				0,010

*Correlación de Pearson

Gráfica 27

Gráfica de dispersión del caudal de operación (CO) (m3/día), tiempo de retención hidráulica (TRH) (Horas) en relación a la remoción de la carga másica R(CM_DQO) (%)



Fuente: Elaboración propia, Minitab V.17

2.3 . Hipótesis específica 02

Tabla 42

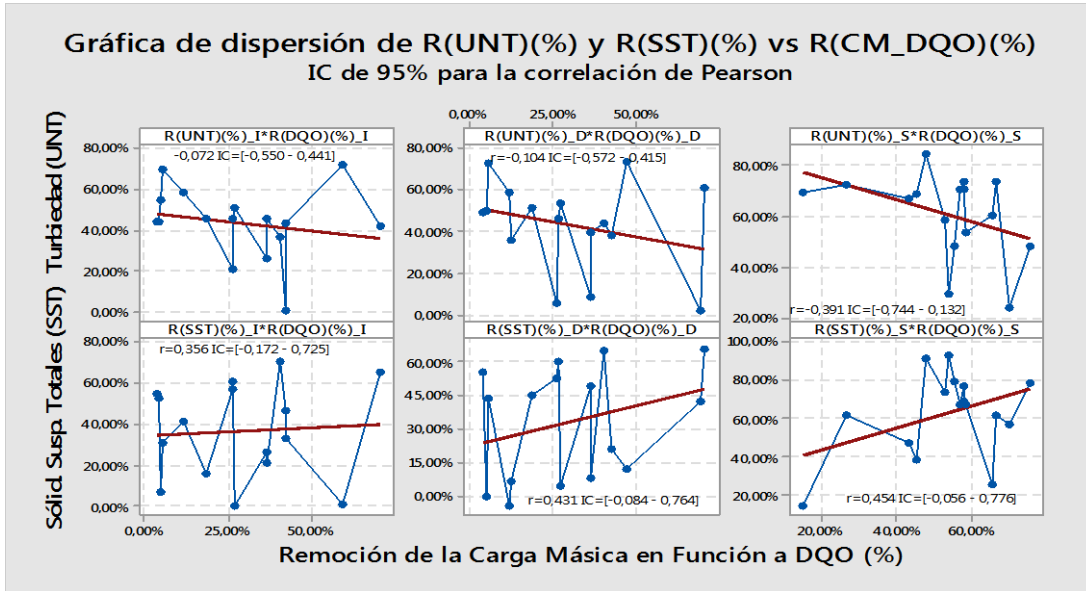
Prueba de correlación de Pearson de los indicadores de las condiciones fisicoquímicas en función a la remoción de la carga másica (DQO) (%)

Indicadores de las condiciones fisicoquímicas		Correlaciones		
		Remoción de la Carga Másica (DQO) (%)		
		R(CM_DQO) (%) _I	R(CM_DQO) (%) _D	R(CM_DQO) (%) _S
R(UNT) (%) _I	r*	-0,072		
	P - Valor	0,007		
R(SST) (%) _I	r*	0,356		
	P - Valor	0,017		
CSP (kg/día) _I	r*	0,311		
	P - Valor	0,002		
CS (%) _I	r*	0,462		
	P - Valor	0,007		
TAL (L/hab. Día) _I	r*	-0,371		
	P - Valor	0,015		
R(UNT) (%) _D	r*		-0,104	
	P - Valor		0,007	
R(SST) (%) _D	r*		0,431	
	P - Valor		0,009	
CSP (kg/día) _D	r*		0,548	
	P - Valor		0,028	
CS (%) _D	r*		0,548	
	P - Valor		0,028	
TAL (L/hab. Día) _D	r*		-0,023	
	P - Valor		0,009	
R(UNT) (%) _S	r*			-0,391
	P - Valor			0,013
R(SST) (%) _S	r*			0,454
	P - Valor			0,008
CSP (kg/día) _S	r*			0,619
	P - Valor			0,011
CS (%) _S	r*			0,619
	P - Valor			0,011
TAL (L/hab. Día) _S	r*			-0,227
	P - Valor			0,040

* Correlación de Pearson

Gráfica 28

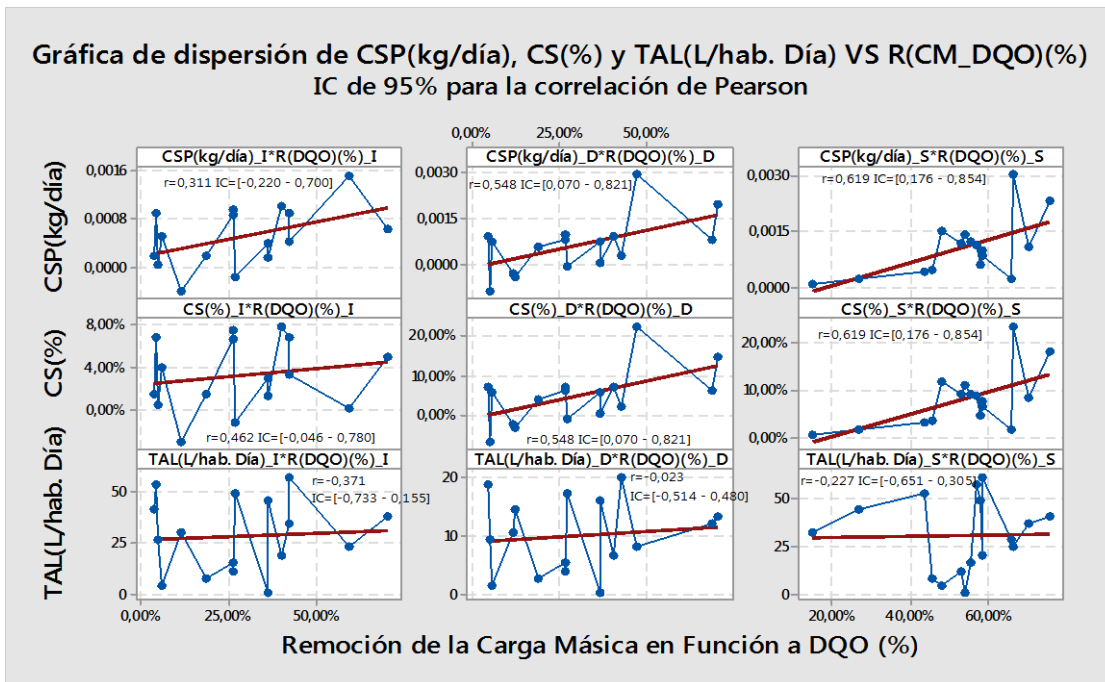
Gráfica de dispersión de la remoción de la turbiedad $R(UNT)$ (%) y sólidos suspendidos totales $R(SST)$ (%) en relación a la remoción de la carga másica $R(CM_DQO)$ (%)



Fuente: Elaboración propia, Minitab V.17

Gráfica 29

Gráfica de dispersión de la cantidad de sólidos producidos CSP (kg/día), concentración de sólidos CS (%) y tasa de acumulación de lodos TAL (L/hab. Día) en relación a la remoción de la carga másica $R(CM_DQO)$ (%)



Fuente: Elaboración propia, Minitab V.17

Anexo 5 Panel fotográfico

Anexo 5.1: instalación de la pta piloto en la Localidad de Tuyu, Distrito Marcara.



Fotografía 1



Fotografía 2



Fotografía 3



Fotografía 4

Fotografía 1 Construcción de albañilería de los sedimentadores primarios

Fotografía 2 Construcción de las demás unidades de tratamiento, acabado e instalación sanitaria

Fotografía 3 Pintado de las unidades

Fotografía 4 Instalación de la bomba cisterna.

Anexo 5.2: Puesta en marcha de las unidades de análisis



Fotografía 5



Fotografía 6



Fotografía 7



Fotografía 8

Fotografía 5 Instalación de la disposición final del agua tratada (efluente de la PTAR Piloto) al Rio Vicos

Fotografía 6 Techado de las unidades para protección de precipitaciones

Fotografía 7 Prueba Hidráulica con agua de la pileta publica

Fotografía 8 Puesta en marcha y Operación de la PTAR piloto

Anexo 5.3: Componentes del piloto con tratamiento primario (sedimentador dortmund y tanque imhoff)



Fotografía 9



Fotografía 10



Fotografía 11



Fotografía 12

Fotografía 9 *Cámara de derivación del colector principal a la zona de estudio (centro de investigación de la facultad de ciencias del ambiente Tuyururi- Marcara.*

Fotografía 10 *Cámara de distribución de caudal para los 3 sistemas de tratamiento (Sementador Dortmund, Tanque Imhoff y Tanque Séptico)*

Fotografía 11 *Cámara de distribución de caudal para los sedimentadores primario (Sedimentador Dortmund y Tanque Imhoff)*

Fotografía 12 *Sedimentadores primarios (Sedimentador Dortmund y Tanque Imhoff) unidades de análisis*

Anexo 5.4: Componentes del piloto de tratamiento primario con tanque séptico



Fotografía 13



Fotografía 14



Fotografía 15



Fotografía 16

Fotografía 13 Cámara de distribución de caudal para los 3 sistemas de tratamiento (Sementador Dortmund, Tanque Imhoff y Tanque Séptico)

Fotografía 14 Cámara de distribución de caudal para el cada sistema de tratamiento (con Tanque Séptico)

Fotografía 15 Tanques séptico como sedimentadores primarios

Fotografía 16 Tanque séptico N°01(unidad de análisis)

Anexo 5.5: Medición de parámetros de campo diario durante todo el periodo de análisis



Fotografía 17



Fotografía 18



Fotografía 19



Fotografía 20

Fotografía 17 Medición de parámetros de campo en el punto (P-M1:T0) ingreso a los sistemas de tratamiento

Fotografía 18 Medición de parámetros de campo en el punto (P: M2:TS1) efluente del sedimentador Dortmund

Fotografía 19 Medición de parámetros de campo en el punto (P: M3:TS2) efluente del Tanque Imhoff

Fotografía 20 Medición de parámetros de campo en el punto (P: M4:TS3) efluente del Tanque Séptico

Anexo 5.6: Toma de muestra para parámetros físico-químicos (DQO Y SSV)



Fotografía 21



Fotografía 22



Fotografía 23



Fotografía 24

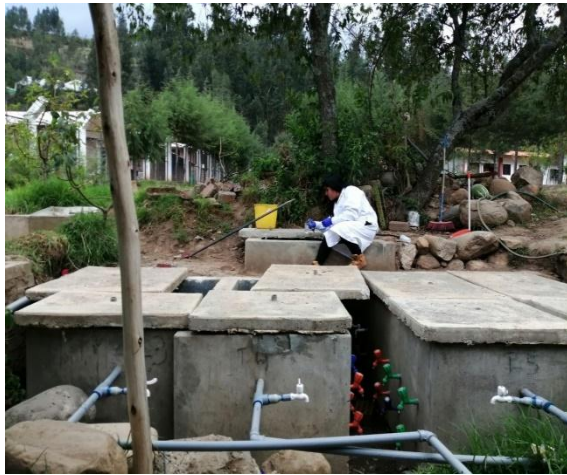
Fotografía 21 Muestreo para medición de parámetros físico químicos en el punto (P-M1:T0) ingreso a los sistemas de tratamiento

Fotografía 22 Muestreo para medición de parámetros físico químicos en el punto (P-M2:T1) efluente del sedimentador Dortmund

Fotografía 23 Muestreo para medición de parámetros físico químicos en el punto (P-M3:T2) efluente del Tanque Imhoff

Fotografía 24 Muestreo para medición de parámetros físico químicos en el punto (P-M3:T2) efluente del Tanque Imhoff

Anexo 5.6: Toma de muestra para parámetros fisico-químicos (cont.)



Fotografía 25



Fotografía 26



Fotografía 27



Fotografía 28

Fotografía 25 Muestreo para medición de parámetros fisicoquímicos en el punto (P-M4:T3) efluente del tanque séptico

Fotografía 26 Otros parámetros considerados en el punto de muestreo del efluente del sedimentador Dortmund

Fotografía 27 Otros parámetros considerados en el punto de muestreo del efluente del Tanque Imhoff

Fotografía 28 Inspección del asesor de tesis en los días de muestreo

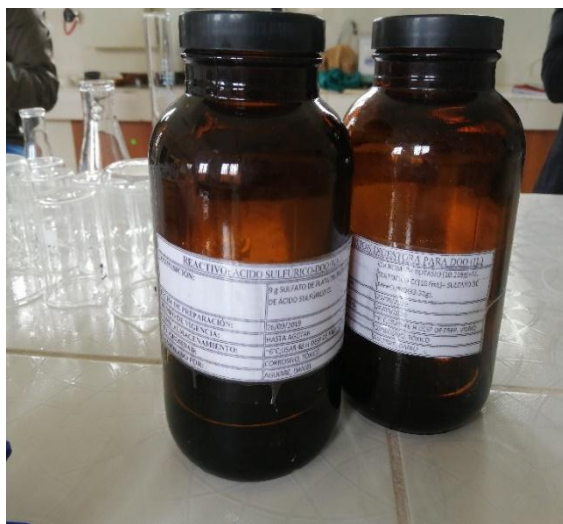
Anexo 5.7: Medición de la DQO en laboratorio



Fotografía 29



Fotografía 30



Fotografía 31



Fotografía 32

Fotografía 29 Muestras en el laboratorio centro de investigación –FAM – UNASAM de Tuyururi

Fotografía 30 Filtración de las muestras

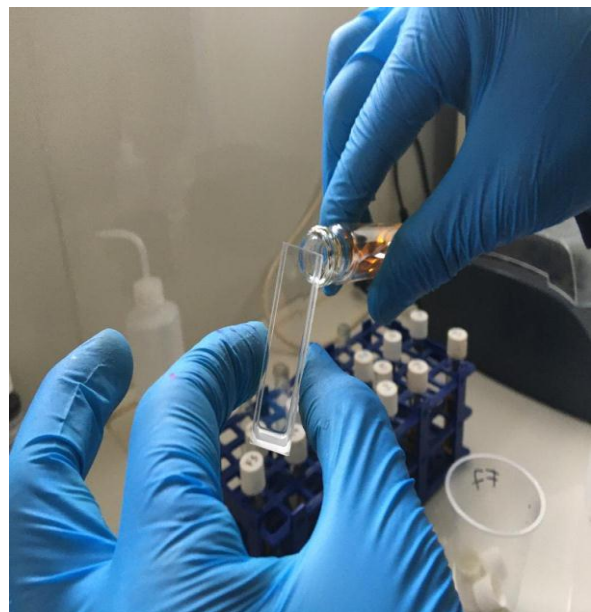
Fotografía 31 Reactivos Ácido Sulfúrico –DQO y dicromato de potasio.

Fotografía 32 Mezcla de los reactivos a las muestras

Anexo 5.7: Medicion de la DQO en laboratorio (cont.)



Fotografia 33



Fotografia 34



Fotografia 35



Fotografia 36

Fotografia 33 Calentamiento de 2hrs de la mezcla a 150°C en los viales

Fotografia 34 Enfriamos 20 min y llenamos la mezcla en el cubito de reactivo

Fotografia 35 Medición en el espectrofotómetro los valores de DQO

Fotografia 36 Anotando los valores de los resultados obtenidos

Anexo 5.8: Toma de muestra y medición de parámetros de campo en los días de análisis



Fotografía 37



Fotografía 38



Fotografía 39



Fotografía 40

Fotografía 37 Medición de parámetros de campo en el punto (P-M1:T0) ingreso a los sistemas de tratamiento en los días de muestreo de parámetros físico químicos

Fotografía 38 Medición de parámetros de campo en el punto (P: M2:TS1) efluente del sedimentador Dortmund en los días de muestreo de parámetros físico químicos

Fotografía 39 Medición de parámetros de campo en el punto (P: M3:TS2) efluente del Tanque Imhoff en los días de muestreo de parámetros físico químicos

Fotografía 40 Medición de parámetros de campo en el punto (P: M4:TS2) efluente del Tanque Séptico en los días de muestreo de parámetros físico químicos