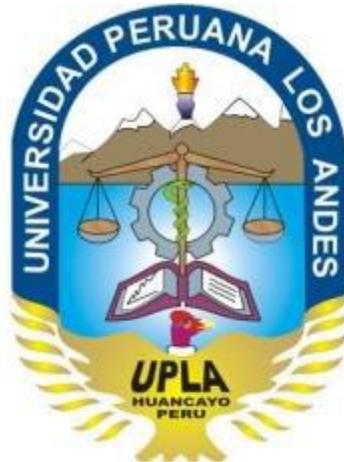


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

PROPUESTA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UTILIZANDO FILTROS PERCOLADORES-LODOS ANAERÓBICOS ECOLÓGICOS PARA EL DISTRITO DE HUANCAYO, PROVINCIA DE HUANCAYO - JUNÍN

ÁREA DE INVESTIGACIÓN: SUSTENTABILIDAD DE RECURSOS NATURALES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: SANITARIA Y RECURSOS NATURALES

PRESENTADO POR:

Bach. BENDEZU MONTERO ROCÍO DEL CARMEN

Bach. MARTÍNEZ MARAVÍ ALEXANDER

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2017

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

**Dr. CASIO AURELIO, TORRES LÓPEZ.
PRESIDENTE**

**Dr. FRANCISCO CYL, GODIÑO POMA.
JURADO**

**Ing. FERNANDO ALBERTO, VARGAS MANRIQUE.
JURADO**

**Ing. ROSA ANITA, QUISPE ROJAS.
JURADO**

**Mg. MIGUEL ANGEL, CARLOS CANALES.
SECRETARIO DOCENTE.**

ASESOR: ING. TIBER CANO CAMAYO

DEDICATORIA

Dedicado a mi madre, por haberme dado la vida y haber sido padre y madre, por haberme apoyado en cada momento de mi formación como persona y profesionalmente.

Alexander.

Dedicado a mis padres por haberme apoyado en todo momento, a mi hija, y a todos aquellos que me ayudaron a hacer posible este trabajo.

Rocío del Carmen.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	IV
INDICE	V
INDICE DE FIGURAS	IX
INDICE DE GRAFICOS.....	X
INDICE DE CUADROS	XII
INDICE DE TABLAS.....	XIII
LISTA DE SIMBOLOS.....	XVI
RESUMEN.....	XVIII
ABSTRACT	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XX
CAPÍTULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	1
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2.1 Problema General	3
1.2.2 Formulación de los Problemas Específicos.....	3
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos Específicos	4
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.4.1 Justificación Práctica.....	4
1.4.2 Justificación Metodológica	5
1.5 LIMITACIONES	5
1.6 VIABILIDAD DEL ESTUDIO	5
1.7 ORGANIZACIÓN DE LA INVESTIGACION.....	6
CAPÍTULO II	8
MARCO TEÓRICO	8
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	8
2.1.1 A Nivel Internacional	8
2.1.2 A Nivel Nacional.....	12
2.1.2 A Nivel Local	16

2.2 MARCO CONCEPTUAL	19
2.2.1 Bases Teóricas.....	19
2.2.1.1 Desarrollo Sostenible	19
2.2.1.2 Tecnologías Limpias	19
2.2.1.3 Ley de Recursos Hídricos	20
2.2.1.4 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales OS.0.90	20
2.2.1.5 Consideraciones Básicas de Diseño de Infraestructura Sanitaria OS.100	21
2.2.1.6 Límites Máximos Permisibles Para Efluentes de Planta de Tratamiento de Aguas residuales Domesticas o Municipales	21
2.2.2 MARCO CONCEPTUAL	22
2.2.2.1 Planta de tratamiento de Aguas residuales.....	22
2.2.2.2 Aguas Residuales	23
2.2.2.3 Tratamiento Anaerobio.....	23
2.2.2.4 Filtro Percolador.....	23
2.2.2.5 Tanque Imhoff	26
2.2.2.6 Digestor Anaerobio	27
2.2.2.7 Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA).....	28
2.2.2.8 Tanque de Sedimentación Circular	29
2.2.2.9 Lecho de Secado de Lodos.....	30
2.2.2.10 Cámara de Cloración	31
2.2.2.11 Cribado (Rejas Finas y Gruesas)	32
2.2.2.12 Medidor de Caudal (Canal Parshall)	33
2.2.2.13 Desarenador.....	33
2.2.2.14 Características de las Aguas Residuales	34
2.2.2.15 Medición de la Concentración de Contaminantes en Aguas Residuales	34
2.2.2.16 Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales	35
2.2.2.17 Etapas de Tratamiento de Aguas Residuales	36
2.2.2.18 Tratamiento Biológico del Agua Residual.....	39
2.2.2.19 Tratamiento Químico de Aguas Residuales	40
2.2.2.20 Materia Orgánica.....	40

2.2.2.21 Lodos Anaerobios	40
CAPÍTULO III	45
HIPOTESIS Y VARIABLES	45
3.1 Hipótesis.....	47
3.2 Diagrama, operacionalización de Variables e Indicadores	48
CAPÍTULO IV	45
METODOLOGÍA	45
4.1 Método de la Investigación	45
4.2. Tipo de Investigación.....	45
4.3. Nivel de Investigación.....	46
4.4 Diseño de Investigación	46
4.5 Población y Muestra	47
4.6 Técnica de Recolección de Datos	47
4.7 Técnica y Análisis de Datos	50
CAPÍTULO V	53
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	53
5.1 Diagnostico de la situación Geográfica	53
5.1.1 Ubicación del estudio	53
5.1.2 Identificación de Datos Necesarios	54
5.1.3 Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Utilizando Filtro percolador y tanque Imhoff.....	54
5.1.3.1 Estimación de Costo de Construcción de Procesos Unitarios del Primer Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Utilizando Filtro Percolador y Tanque Imhoff	80
5.1.4 Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Utilizando Filtro percolador y Digestor Anaerobio	86
5.1.4.1 Estimación de Costo de Construcción de Procesos Unitarios del Segundo Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Utilizando Filtro Percolador y Digestor Anaerobio	106
5.1.5 Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Utilizando	

Filtro percolador y Reactor Anaerobio de Flujo Anaerobio (RAFA).....	113
5.1.5.1 Estimación de Costo de Construcción de Procesos Unitarios del Segundo Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Utilizando Filtro Percolador y Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA).....	135
CAPÍTULO VI	142
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	142
6.1 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	142
6.2 Resultados de Remoción de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Remoción de Sólidos Suspendidos Totales (SST) de las Tres Propuestas de Diseño	143
6.2.1 Análisis de Remoción de Indicadores de Contaminación Bioquímica y Química de la Primera Propuesta de Solución	143
6.2.2 Análisis de Remoción de Indicadores de Contaminación Bioquímica y Química de la Segunda Propuesta de Solución	144
6.2.3 Análisis de Remoción de Indicadores de Contaminación Bioquímica y Química de la Tercera Propuesta de Solución	144
6.2.4 Resultados de Remoción de demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST) de las Tres Propuestas.....	145
6.2.5 Resultados de Producción de Lodos de las Tres Propuestas de diseño.....	147
6.2.6 Resultados de Producción de Bio Gas de las Tres Propuestas de diseño.....	148
6.2.7 Resultados de la estimación de Costo de Construcción de Procesos Unitarios de las tres Propuestas.....	148
6.2.8 Ventajas y Desventajas de Las Tres Propuestas de Diseño	149
CONCLUSIONES	151
RECOMENDACIONES	156
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	157
ANEXOS	161

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.01: Filtro Percolador	25
Figura 2.02: esquema de la Película biológica en un filtro Percolador	26
Figura 2.03: Tanque Imhoff	27
Figura 2.04: Digestor Anaerobio	28
Figura 2.05: Reactor UASB	29
Figura 2.06: Sedimentador Circular	30
Figura 2.07: Esquema de General de Lecho de Secado	31
Figura 2.08: Rejas Gruesas y Finas	32
Figura 2.09: Canal Parshall	33
Figura 2.10: Desarenador Rectangular	33

ÍNDICE DE GRAFICOS

Grafico 5.01: Imagen de la Provincia de Huancayo y sus Distritos	53
Grafico 5.02: Configuración de la reja gruesa	56
Grafico 5.03: Configuración de la reja fina.....	58
Grafico 5.04: Configuración vista de planta del desarenador	60
Grafico 5.05: Configuración vista de perfil del desarenador	61
Grafico 5.06: Configuración de planta de la canaleta Parshall.....	64
Grafico 5.07: Configuración de perfil de la canaleta Parshall.....	64
Grafico 5.08: Esquema del Tanque Imhoff	66
Grafico 5.09: Configuración del tanque Imhoff	68
Grafico 5.10: Configuración del Tanque Imhoff	70
Grafico 5.11: Esquema filtro percolador circular.....	73
Grafico 5.12: Esquema sedimentador primario circular.....	77
Grafico 5.13: Esquema de planta de un sedimentador primario circular	88
Grafico 5.14: Esquema de planta de un filtro percolador circular	92
Grafico 5.15: Esquema de perfil de un sedimentador secundario circular ..	95
Grafico 5.16: Esquema de un digestor primario	100
Grafico 5.17: Esquema de un digestor secundario.....	102
Grafico 5.18: Configuración del reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA).....	117
Grafico 5.19: Configuración de perfil del reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA)	123
Grafico 5.20: Configuración de perfil del reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA)	125
Grafico 5.21: Configuración de perfil del filtro percolador circular	130
Grafico 5.22: Configuración de perfil del sedimentador primario circular ..	132
Grafico 6.01: Resultados de remoción de DBO5 de las tres propuestas de diseño	145
Grafico 6.02: Resultados de remoción de DQO de las tres propuestas	

de diseño	146
Grafico 6.03: Resultados de remoción de SST de las tres propuestas de diseño	146
Grafico 6.04: Resultados de producción de lodos de los tres diseños	147
Grafico 6.05: Resultados de producción de bio gas de los tres diseños ...	148
Grafico 6.06: Resultados de estimación de costo constructivo de procesos unitarios de los tres diseños.....	148

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro n° 3.01: Dimensiones e indicadores de la variable dependiente.....	43
Cuadro n° 3.02: Dimensiones e indicadores de las variables independientes	44
Cuadro n° 4.01: Parámetros Regulados para Aguas Residuales	50
Cuadro n° 4.02: Resultados de los indicadores de contaminación bioquímica y química.....	52
Cuadro n° 5.01: Estimación de costo de construcción de procesos unitarios del primer diseño.....	81
Cuadro n° 5.02: Estimación de costo de construcción de procesos unitarios del segundo diseño	107
Cuadro n° 5.03: Estimación de costo de construcción de procesos unitarios del tercer diseño.....	136
Cuadro n° 6.01: Calculo N° 01	143
Cuadro n° 6.02: Calculo N° 02	144
Cuadro n° 6.03: Calculo N° 03	145
Cuadro n° 6.04: ventajas y desventajas de la primera propuesta de diseño.....	149
Cuadro n° 6.05: ventajas y desventajas de la segunda propuesta de diseño.....	149
Cuadro n° 6.06: ventajas y desventajas de la tercera propuesta de diseño.....	150

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.01: Datos de diseño para el cálculo de las dimensiones de la reja manual gruesa y pérdida de carga.	55
Tabla 5.02: Datos de diseño para el cálculo de las dimensiones de la reja manual fina y pérdida de carga	57
Tabla 5.03: Datos de diseño para el cálculo de las dimensiones del desarenador rectangular	60
Tabla 5.04: Datos de diseño para las dimensiones de la canaleta Parshall.....	62
Tabla 5.05: Datos de diseño para el cálculo del dimensionamiento del Tanque Imhoff.....	64
Tabla 5.06: Datos del primer diseño para el cálculo del dimensionamiento del filtro percolador circular.....	72
Tabla 5.07: Datos del primer diseño para el cálculo del dimensionamiento del sedimentador primario circular.....	75
Tabla 5.08: Datos del primer diseño para el dimensionamiento de la Cámara de Contacto diseño	79
Tabla 5.09: Resumen de resultados del primer diseño de cámara de rejas gruesas	81
Tabla 5.10: Resumen de resultados del primer diseño de cámara de rejas finas	82
Tabla 5.11: Resumen de resultados del primer diseño del desarenador	82
Tabla 5.12: Resumen de resultados de tanque imhoff.....	83
Tabla 5.13: Resumen de resultados del primer diseño del filtro percolador.....	84
Tabla 5.14: Resumen de resultados del primer diseño de sedimentadores primarios.....	85
Tabla 5.15: Resumen de resultados del primer diseño de cámara de contacto	86
Tabla 5.16: Datos del segundo diseño para el cálculo del	

dimensionamiento del sedimentador primario	87
Tabla 5.17: Datos del segundo diseño para el cálculo del dimensionamiento del Filtro percolador circular	90
Tabla 5.18: Datos del segundo diseño para el cálculo del dimensionamiento del sedimentador secundario circular	94
Tabla 5.19: Datos del segundo diseño para el cálculo del dimensionamiento del digestor anaerobio primario y secundario	97
Tabla 5.20: Datos del segundo diseño para el cálculo del dimensionamiento de la cámara de contacto	108
Tabla 5.21: Resumen de resultado del segundo diseño de la cámara de rejas gruesas	108
Tabla 5.22: Resumen de resultado del segundo diseño de cámara de rejas finas	114
Tabla 5.23: Resumen de resultado del segundo diseño de desarenador ..	109
Tabla 5.24: Resumen de resultado del segundo diseño de sedimentadores primarios	109
Tabla 5.25: Resumen de resultado del segundo diseño de filtro percolador.....	110
Tabla 5.26: Resumen de resultado del segundo diseño de sedimentadores secundarios.....	111
Tabla 5.27: Resumen de resultado del segundo diseño de digestor anaerobio.....	111
Tabla 5.28: Resumen de resultado del segundo diseño de cámara de contacto	113
Tabla 5.29: Datos del tercer diseño para el cálculo del dimensionamiento del reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA).....	114
Tabla 5.30: Datos del tercer diseño para el cálculo del dimensionamiento del filtro biológico circular	127
Tabla 5.31: Datos del tercer diseño para el cálculo del dimensionamiento del sedimentador primario circular.....	131
Tabla 5.32: Datos del tercer diseño para cálculo del dimensionamiento de la cámara de contacto	134

Tabla 5.33: Resumen de resultados del tercer diseño de cámara de rejas gruesas	137
Tabla 5.34: Resumen de resultados del tercer diseño de cámara de Rejas finas.....	137
Tabla 5.35: Resumen de resultados del tercer diseño de desarenador	138
Tabla 5.36: Resumen de resultados del tercer diseño de reactor anaerobio de flujo ascendente.....	138
Tabla 5.37: Resumen de resultados del tercer diseño de filtro percolador.....	139
Tabla 5.38: Resumen de resultados del tercer diseño de Sedimentadores Primarios	140
Tabla 5.39: Resumen de resultados del tercer diseño de cámara de contacto	141

LISTA DE SÍMBOLOS

PTAR	=	Planta de tratamiento de aguas residuales
DBO5	=	Demanda bioquímica de oxígeno
DQO	=	Demanda química de oxígeno
SST	=	Sólidos suspendidos totales
ARD	=	aguas residuales domésticas
Pf	=	Población futura
Qp	=	Caudal Promedio.
Qmh	=	Caudal Máximo Horario
Qc	=	Caudal de Contribución
Qd	=	Caudal de diseño
Vr	=	Velocidad a través de las rejillas
α	=	Inclinación de las rejillas
RS	=	Tasa de residuos sólidos
PRS	=	Producción de residuos sólidos
V1	=	Velocidad en el canal de llegada
hL	=	Perdida de carga
PRD	=	Producción de residuos sólidos deshidratados
V	=	Velocidad de flujo
T°	=	Temperatura del agua
Ca	=	Carga de arena
Vs	=	Velocidad de Sedimentación

LISTA DE SÍMBOLOS

TRH	=	Tiempo de residencia hidráulica
Var	=	Volumen de Arena Recogida
%S	=	Porcentaje de Sólidos Contenidos en el Lodo
ρ_{lodo}	=	Densidad de los Lodos
SoDBO	=	DBO del afluente
Cs	=	Concentración sólidos suspendidos totales
%SST	=	Porcentaje de remoción de SST
%DBO	=	Porcentaje de remoción de DBO a la salida
%DQO	=	Porcentaje de remoción de DQO a la salida
S	=	Área superficial específica del medio
Tnm	=	Tamaño nominal del medio
Va	=	Velocidad ascensional a caudal de diseño
Cf	=	Concentración de fango sedimentados a la salida
Cl ₂	=	Dosis de cloro
Y	=	Coefficiente de producción de sólidos
C _{lodo}	=	Concentración esperada para el lodo de descarte
Ad	=	Área de influencia de distribuidor
K _{DQO}	=	DQO correspondiente a 1 mol de CH ₄
CHV	=	Carga hidráulica volumétrica
COV	=	Carga orgánica volumétrica
Q _{CH₄}	=	Producción volumétrica de metano

RESUMEN

La presente tesis responde a la siguiente interrogante: ¿El diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales utilizando filtros percoladores con lodos anaeróbicos ecológicos será un sistema eficiente para el tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito de Huancayo, provincia de Huancayo-Junín?, para su efecto se formula como objetivo principal: Proponer el diseño eficiente de una planta de tratamiento de aguas residuales utilizando filtros percoladores con lodos anaeróbicos ecológicos para el tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito de Huancayo, provincia de Huancayo- Junín. En este trabajo de tesis se realizó un análisis de comparación y evaluación en la remoción de DBO5, DQO, SST y producción de lodos de tres diseños de PTAR, siendo la hipótesis: El diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales utilizando filtros percoladores con lodos anaeróbicos ecológicos es un sistema eficiente para el tratamiento de aguas residuales del distrito de Huancayo provincia de Huancayo- Junín.

El tipo de investigación es aplicada cuantitativa, de nivel explicativo correlacionado de diseño cuasi-experimental longitudinal, la población, está cuantificada por el caudal de las aguas residuales del distrito de Huancayo, la muestra se tomó de la misma durante un periodo de ocho meses consecutivos de la coordenada 12°05'58"S - 75°13'51"W.

La conclusión fundamental es, el uso de filtros percoladores y rafas en un Ptar tiene mejor remoción de las cargas contaminantes de las aguas residuales domesticas para el distrito de Huancayo.

PALABRAS CLAVES: Planta de Tratamiento de Aguas residuales, filtros percoladores, lodos anaerobios ecológicos.

ABSTRACT

This thesis answers the following question: Will the design of a wastewater treatment plant using trickling filters with organic anaerobic sludge be an efficient system for the treatment of domestic wastewater in the district of Huancayo, Huancayo-Junín province? For its effect, the main objective is formulated: Propose the efficient design of a wastewater treatment plant using percolating filters with ecological anaerobic sludge for the treatment of domestic wastewater from Huancayo district, Huancayo province- Junín. In this thesis, a comparison and evaluation analysis was carried out in the removal of BOD5, COD, SST and sludge production from three PTAR designs, the hypothesis being: The design of a Wastewater Treatment Plant using trickling filters with Ecological anaerobic sludge is an efficient system for the treatment of wastewater from the district of Huancayo province of Huancayo-Junín.

The type of research is applied quantitatively, correlated explanatory level of longitudinal quasi-experimental design, the population is quantified by the flow of wastewater from the district of Huancayo, the sample was taken from it during a period of eight consecutive months of the coordinate 12 ° 05'58 "S - 75 ° 13'51" W.

The fundamental conclusion is that the use of trickling filters and rails in a Ptar has better removal of the pollutant loads of the domestic wastewater of the district of Huancayo.

KEYWORDS: Wastewater treatment plant, trickling filters, organic anaerobic sludge.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis de investigación titulada: “Propuesta de una planta de tratamiento de aguas residuales utilizando filtros percoladores-lodos anaeróbicos ecológicos para el distrito de Huancayo, provincia de Huancayo – Junín” se elaboró con la finalidad de proponer un estudio de un sistema de planta de tratamiento de aguas residuales, utilizando el análisis de la caracterización de las aguas residuales, parámetros de diseño según la norma OS-090, tomando en cuenta la población y caudal.

El lugar donde se realizó la investigación es en el distrito de Huancayo, el cual no cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, siendo estas aguas residuales vertidas a los ríos en los ríos Shullcas, Chilca, Florido, Áncala y al río Mantaro creando un problema al medio ambiente dañando diversos ecosistemas existentes y también las fuentes de agua tanto superficiales y subterráneas.

En el presente trabajo de tesis se realizó tres diseños de planta de tratamiento de aguas residuales utilizando filtro percolador con tanque Imhoff, filtro percolador con digestor anaerobio y filtro percolador con reactor anaerobio de flujo ascendente (rafa). La finalidad es comparar y evaluar cuál de estos sistemas de planta de tratamiento de aguas residuales es eficiente en remoción DBO, DQO, SST y producción de lodos, con el propósito de dejar un estudio que pueda contribuir a la solución de problema de tratamiento de las aguas residuales del distrito de Huancayo.

La decisión adoptada para la presente propuesta está basada en la constatación de la problemática social y contaminación ambiental ya que se observó que los agricultores utilizan estas aguas para el regadío en sus sembríos. Para realizar el dimensionamiento realizaron tomas de muestras de los vertimientos de los sistemas de alcantarillado que descargan en los ríos, y de esta manera conocer las cantidades de sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química oxígeno entre otros, con estos resultados se diseñó los componentes necesarios para planta de tratamiento de las aguas residuales.

Se concluye que este problema es realmente serio y es urgente la construcción de un sistema de planta de tratamiento de aguas residuales (Ptar), mediante los cálculos realizados tomando en cuenta los parámetros de diseño se planteó una alternativa eficiente por tiempo de remoción, producción de lodo y producción de bio gas que podrá contribuir en la disminución de la contaminación de las aguas residuales, el desarrollo de la investigación se conforma de la siguiente manera:

En el capítulo I: Hacemos mención al planeamiento del estudio, la descripción de la realidad problemática, formulación del problema, el objetivo de la investigación, justificaciones, limitaciones y viabilidad de estudio.

En el capítulo II: describimos, los antecedentes de la investigación, bases teóricas, marco conceptual.

En el capítulo III: Se describe el diseño metodológico, en las que se puede observar la metodología de la investigación, tipo de investigación, nivel de la investigación, diseño de la investigación, hipótesis, población y muestra, técnica de recolección de datos, variables y operacionalización de variables.

En el capítulo IV: Se prosigue con la presentación de resultados de los tres diseños de la planta de tratamiento, como el dimensionamiento de cada componente y de remoción de DBO, DQO, SST y producción de lodos, según las normas vigentes para el diseño de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas.

En el capítulo V: Se concluye con la discusión de resultados de la investigación de acuerdo con los objetivos del planteamiento de problema y culminamos esta investigación con las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

El distrito de Huancayo carece de una planta de tratamiento de aguas residuales, la contaminación hídrica por aguas residuales domesticas es por la falta de propuestas técnicas y viables al tratamiento de las aguas residuales, los efectos son críticos como la muerte de las principales fuentes hídricas que atraviesan la ciudad de Huancayo, generando contaminación y enfermedades por donde se irrigan estas aguas. Consumir agua contaminada causa más muertes, incluso mayor que la guerra y otras formas de violencia según la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

En estos últimos años con la creación del Autoridad Nacional del Agua (ANA) se inicia una nueva reforma de saneamiento básico de las ciudades con la creación de los PAVER's (Programa de adecuación de vertimientos y reúsos) donde se inicia diagnóstico de los vertimientos en las ciudades y la elaboración del PAMA para aguas residuales en las principales ciudades del Perú.

Huancayo se acogió a esta nueva reforma, pero hasta la fecha sin resultados visible, por la falta de propuestas técnicas de parte de la empresa prestadora del servicio de agua y alcantarillado Sedam Hyo.

Actualmente el ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) viene apoyando y aprobando los proyectos de este tipo, ese tipo de proyectos se debe trabajar de forma conjunta con las autoridades locales y el ministerio, como se sabe la política Nacional de Saneamiento establece como meta al año 2021 incorporar al 100% de los peruanos a los servicios de saneamiento en el ámbito urbano y al 84% en el ámbito rural.

El problema que se observó sobre las aguas residuales del distrito de Huancayo es la falta de una planta de tratamiento de aguas residuales. El distrito de Huancayo tiene una población de 116,953 habitantes y el consumo de agua según la norma OS.100 es de 180 l/h/día en climas fríos y el 80% de agua potable consumida ingresa al sistema de alcantarillado, esto quiere decir que un caudal de 245.6 L/s de aguas servidas se van si ningún tratamiento a los ríos Shullcas, Chilca, Florido, Áncala y al río Mantaro, Contaminando el medio ambiente y creando un problema de salud pública.

La empresa Sedam Huancayo generan 28 descargas y/o vertimientos administrados y más vertimientos clandestinos que desembocan a los ríos, los agentes contaminantes de las aguas residuales están compuestos por materia orgánica fecal, líquidos químicos, grasas y materia inerte (Sedam-HYO-2010). Esto genera un deterioro ambiental, además las tierras de cultivo son regadas con estas aguas, y los productos son comercializadas en los mercados de abastecimiento de la ciudad de Huancayo y alrededores para el consumo de la población.

Según el estudio realizado por el Centro de Investigación de la Universidad Nacional de Centro del Perú el sistema de agua potable está constituido por captaciones superficiales, sub superficiales y subterráneas.

La principal fuente superficial es la del río Shullcas, complementan a ésta otros pequeños cursos que pertenecen a la misma cuenca y que se captan para integrarlo al sistema de conducción hacia la planta de tratamiento existente.

El trabajo que se realizó de tipo descriptivo, permito establecer las características del tratamiento del agua, donde se ha evidenciado la presencia de la bacteria *Helicobacter pylori*.

Por tal motivo el presente trabajo de investigación pretende realizar el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales (Ptar) utilizando filtros percoladores con lodos anaeróbicos ecológicos y de esta manera contribuir con un pre estudio de un sistema de Ptar que pueda disminuir el problema de contaminación ambiental y salud pública del distrito de Huancayo, entre los tratamientos anaerobios se propuso el tanque imhoff, digestor anaerobio y reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA).

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema General:

¿El diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales utilizando filtros percoladores con lodos anaeróbicos ecológicos será un sistema eficiente para el tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito de Huancayo, provincia de Huancayo-Junín?

1.2.2 Formulación de los Problemas Específicos

- a) ¿Cómo diseñar modelos diferentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando filtros percoladores con lodos anaeróbicos ecológico?
- b) ¿Cómo evaluar la eficiencia de diseños de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas?

- c) ¿Cuál es la alternativa eficiente de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de filtros percoladores con lodos anaeróbicos ecológicos?

1.3 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo General:

Proponer el diseño eficiente de una planta de tratamiento de aguas residuales utilizando filtros percoladores con lodos anaeróbicos ecológicos para el tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito de Huancayo, provincia de Huancayo-Junín

1.3.2 Objetivos Específicos:

- a) Diseñar tres modelos diferentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando filtros percoladores con tanque Imhoff, digestores anaerobios y reactor anaerobio de flujo ascendente.
- b) Evaluar la eficiencia de tres diseños propuestos de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas.
- c) Determinar la alternativa eficiente de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de filtros percoladores con lodos anaeróbicos ecológicos.

1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Justificación Practica

El presente trabajo de tesis servirá como apoyo para realizar un análisis, de las diferentes unidades de tratamiento de aguas residuales que podrían solucionar el problema de las aguas residuales

domésticas y de esta manera poder alcanzar la mejoría en la salud de la población del distrito de Huancayo.

1.4.2 Justificación Metodológica

Mediante los resultados de la caracterización de las aguas residuales, parámetros de diseño y análisis de cálculo, se predimensionó cada componente de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas este proceso nos dio a conocer el porcentaje de remoción de las cargas contaminantes y el resultado final del efluente del distrito de Huancayo.

1.5 LIMITACIONES

En el presente trabajo de tesis se realizará el análisis de diferentes procesos de tipo biológico, físicos y químicos de las aguas residuales domésticas, mas no de las aguas residuales de origen industrial.

Los parámetros de diseño se tomarán de normas encontradas nacionales e internacionales. Las diferentes propuestas de diseño de unidades biológicas y físicas para el tratamiento de las aguas residuales domésticas, nos dará un análisis detallado de la eficiencia y la cual ayudará a tomar una decisión adecuada, que se apegue a las necesidades y requerimiento de la realidad del distrito de Huancayo.

Sobre los vertederos de aguas residuales, la empresa prestadora de servicio de agua de la ciudad de Huancayo tiene un inventario de veintitrés vertimientos sin contar con otros vertimientos clandestinos que aguas residuales, por tal motivo se realizó un cálculo del caudal de acuerdo a la norma OS.100, ítem 1.4 dotación de agua, y el ítem 1.8 caudal de contribución de alcantarillado.

1.6 VIABILIDAD DEL ESTUDIO

En cuanto a la viabilidad del proyecto de tesis de la propuesta de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, para el distrito de Huancayo es factible, ya que no existe una planta de tratamiento de aguas residuales

domésticas, de esta manera estaríamos contribuyendo con pre estudio técnico de un sistema que se adecue a la población que pueda disminuir la contaminación ambiental y problemas de salud pública. Además, en los planos de desarrollo urbano de la provincia de Huancayo existe un terreno que esta sectorizado y destinado para el desarrollo de este proyecto el cual es un área de 187,229.54 m² aproximadamente y está ubicado en el distrito de Chilca ente los Centros poblados de Llamus y Auquimarca.

Actualmente la Municipalidad Provincial de Huancayo (MPH), a través de la Subgerencia de Planes y Cooperación Técnica Internacional (CTI), realizó una reunión a fin de presentar y acordar las estrategias para la mejora de la calidad del agua con respecto a los ríos de Huancayo.

Según la descripción del proyecto presentada por la MPH, la primera planta de tratamiento estaría en Huancán, la segunda en Huayucachi y la tercera en Viques, estas tres plantas estarían conformando el proyecto integral. “Estas plantas van a tratar las aguas, podrán ser reutilizadas en fines de áreas verdes, de riego para parques y podrán ser vertidas a los ríos”, refirió Rosario Ramos, subgerente del CTI. Publicado en el diario el correo 03 de febrero del 2017.

1.7 ORGANIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La organización de la investigación está de la siguiente manera:

El Capítulo I: Hacemos mención del Planteamiento del Estudio, se menciona el planteamiento del problema, la formulación de problema, el objetivo general y específico, las justificaciones, las limitaciones, viabilidad del estudio.

El Capítulo II: Describiremos el marco teórico, se describe los antecedentes de la investigación, las bases teóricas y marco conceptual.

El Capítulo III: Trata sobre la hipótesis y variables, se detalla la hipótesis general y específicas, diagrama, operacionalización de variables e indicadores

El capítulo IV: Se describe la metodología, tipo y nivel de investigación, diseño de la investigación, población y muestra, técnica de recolección de datos, técnica y análisis de datos

El capítulo V: Presentación de resultados, se describe la ubicación geográfica del distrito de Huancayo, se describe los resultados de los cálculos de las tres propuestas de diseño de la planta de tratamiento de las aguas residuales.

El capítulo VI: Se concluye con la Discusión de Resultados, y culminando esta investigación está las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

Los resultados del presente estudio de investigación quedaran como un antecedente para futuras investigaciones, y de esta manera solucionar el problema que aqueja al distrito de Huancayo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

2.1.1 A Nivel Internacional

Coronado Rocha Olber, et.al, (2001). Elaboraron el “Proyecto Regional Sistemas Integrados De Tratamiento Y Uso De Aguas Residuales En América Latina Realidad Y Potencial”, presentado en el estudio general del caso de la ciudad de Cochabamba Bolivia. El estudio propone la implementación de un sistema integrado del tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Cochabamba, consiste en lagunas facultativas, las cuales, debido al crecimiento poblacional desmedido en la zona, se encuentra saturadas y producen efluentes de muy baja calidad con elevada contaminación fecal. Estas aguas se usan para riego y son descargadas al río Rocha al igual que los sistemas de tratamiento primario de muchas urbanizaciones de las orillas del río Rocha, un buen porcentaje de estos asentamientos no poseen ningún tipo de tratamiento para sus aguas negras.

Para el presente estudio se ha seleccionado la alternativa de tratamiento, sobre la base de la infraestructura existente en la planta de tratamiento de

Albarrancho, y recomendando un dragado de las lagunas de estabilización, tal como se vio en este informe, uno de los principales problemas con el que se tropieza en relación al reúso de las aguas residuales domésticas (ARD), es la alta contaminación sobre todo bacteriológica en el río Rocha, (principal fuente de abastecimiento de aguas para riego en Cochabamba) y en las aguas tratadas en las lagunas de estabilización de la zona de Albarrancho.

El efluente de la planta de tratamiento de Albarrancho, que descarga sus aguas al río Rocha o las deriva hacia parcelas, presenta elevada contaminación fecal y se encuentra fuera de las normas para vertidos a cuerpos receptores (Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, Ley 1333). Además, dado que estas aguas se usan a la salida sin ningún tipo de mezcla para el riego, son un peligro constante para brotes de enfermedades en la zona o en otras donde puedan comercializarse los productos irrigados con estas aguas, las recomendaciones fueron las siguientes:

Implementar tratamientos integrados para el tratamiento de las aguas en las poblaciones medianas (Quillacollo, Sacaba), los cuales actualmente en el mejor de los casos cuentan simplemente con tratamientos primarios.

Hacer una mejora del sistema de tratamiento actual para Cochabamba (lagunas de estabilización de Albarrancho), el cual no está funcionando apropiadamente y produce efluentes de muy baja calidad microbiológica y fisicoquímica. Implementar tratamientos integrados para el tratamiento de las aguas en las poblaciones medianas (Quillacollo, Sacaba), los cuales actualmente en el mejor de los casos cuentan simplemente con tratamiento o primarios. (Olber, Oscar, & Ruiz Hurtado, 2001)

Mayo Peternell Eduardo, (2010). Tesis “Proyecto Ejecutivo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Para la Localidad de Xochiapa,

Ver” presentado en la facultad de ingeniería civil región Xalapa de la Universidad Veracruzana, México. El estudio de tesis propone la elaboración de un proyecto ejecutivo que sea viable, económico y funcional acorde a las necesidades reales de la localidad y proponer una planta de tratamiento de aguas residuales.

La localidad de Xochiapa, cabecera del municipio de Santiago Sochiapan, en el estado de Veracruz, se encuentra ubicada en el sur del estado, en la región del Papaloapan, casi en la totalidad de los asentamientos originales de la localidad se tienen terrenos aptos para el desarrollo de la planta de tratamiento de aguas residuales, tendiendo a aumentar sus pendientes rumbo a los cerros que rodean la localidad. Sin embargo, hay variaciones dentro de ella en cuanto al sentido del aumento de las pendientes, siendo esta característica una de las causas que provocan el estancamiento de los escurrimientos de los cerros en época de lluvias.

Las aguas negras de la localidad de Xochiapa, Veracruz llegarán a la Planta de Tratamiento por medio de un colector que recolectará las aguas residuales provenientes de todos los puntos de descarga de la localidad, para después conectarse con un emisor que conducirá las aguas hacia la Planta de Tratamiento. Es por esto que el levantamiento topográfico resulta de vital importancia para la planeación de este proyecto.

La topografía del terreno es combinada, con una parte plana y otra con pendiente considerable, lo que puede traducirse en proponer diferentes sistemas de tratamiento como pueden ser esquemas diversos de lagunas, filtros percoladores o tanque Imhoff, tratando de utilizar al máximo los sistemas por gravedad y de fácil mantenimiento y operación.

El objetivo principal es mejorar la calidad de vida de los habitantes de la localidad de Xochiapa, al evitar su exposición a las aguas residuales, evitar la contaminación de los mantos acuíferos y también de los cuerpos receptores, contribuir con el saneamiento de los suelos contaminados que

se localizan en las inmediaciones de la localidad y disminuir la incidencia de enfermedades gastrointestinales de los habitantes de la localidad. (Mayo Peternell, 2010)

Sánchez Aguaguña Franklin Roberto, (2013), sustentó su tesis “Estudio de las Aguas Residuales de la Parroquia Totoras Para Mejorar El Entorno de Vida de los Habitantes Del Sector” a la facultad de ingeniería civil de la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. El estudio de tesis se realiza para mejorar el estilo de vida y mejorar el medio ambiente para la población de la Parroquia Tororas.

La parroquia Totoras fue fundada el 30 de agosto de 1869 (Ley de división territorial) cuenta con un área aproximada de 8km², se encuentra al este del Cantón Ambato, está ubicada a 2663 m.s.n.m. está atravesada por la carretera de primer orden Ambato-Baños, cuenta con caminos vecinales, el transporte hacia este lugar se lo realiza por medio de los vehículos intercantonales que pasan por la localidad. En cuanto a la temperatura media anual es de 14.8 °C. Cuenta con los siguientes barrios: Centro, Santa Rita, Recreo, Palahua, Mirador, Libertad y El cristal y los siguientes caseríos Huachi Totoras, Huachi Urco y San José. El 99% de la población cuenta con alcantarillado sanitario, el 1% cuenta con pozos sépticos o eliminación de las aguas a cielo abierto.

La contaminación por descarga de agua residual sin ningún control, afecta considerablemente a las zonas aledañas al río Pachanlúa, de igual manera provocando malestar tales como malos olores, enfermedades respiratorias a la gente que habita en dichos sectores.

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el efluente de agua de uso humano.

El objetivo fue reducir al máximo la contaminación, proteger el medio ambiente, mantener y mejorar la calidad de vida de los individuos, ahorrar energía y aprovechar los residuos obtenidos.

El tanque imhoff deberá estar instalado alejado de la población, debido a que produce malos olores. El tanque imhoff elimina del 40 al 50% de sólidos suspendidos y reduce la DBO de 25 a 35%. Los lodos acumulados en el digestor del tanque imhoff se extraen periódicamente y se conducen a lechos de secados. Debido a esta baja remoción de la DBO y coliformes, lo que se recomendaría es enviar el efluente a un filtro biológico para que haya una buena remoción de microorganismos en el efluente. (Sanchez Aguaguña, 2013)

2.1.2 A Nivel Nacional

Seda Ayacucho, (2015), Planta De Tratamiento De Aguas Residuales “La Totora” – Ayacucho. Memoria Descriptiva. La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) La Totora está ubicada en la ciudad de Ayacucho capital de la provincia de Huamanga, a unos 3.50 Km del ovalo la Magdalena, carretera Ayacucho – Huanta. Tiene como fin la trata de las aguas del servicio de desagüe de la ciudad de Ayacucho, las aguas servidas son conducidas mediante las redes colectoras e ingresan por un emisor principal a la planta de tratamiento de aguas servidas de Totora por gravedad y en el sector Santa Elena ingresa por bombeo, la empresa prestadora de saneamiento de Ayacucho S.A (EPSASA) actualmente con nombre SEDA AYACUCHO, está a cargo de la planta de tratamiento de aguas residuales “la totora”

Primigeniamente la PTAR Totora fue construida en el año 1974 para una población de 60,000 habitantes aproximadamente; pero la planta ha sido ampliada y mejorada, y desde diciembre del 2004 puesta en operación con una capacidad de tratamiento que va de 274 L/seg hasta los 435 L/seg.

El PTAR Totora cuenta con los siguientes sistemas:

Sistemas de rejas: conformado por rejas gruesas manuales y dos rejillas automáticas, que permiten remover el material grueso.

Desarenadores: conformado por 3 unidades alargadas en paralelo, 2 unidades están en funcionamiento y 1 es para la segunda etapa, que remueve el material sólido

Medidor de caudal: tiene un medidor de caudal tipo Khafagi continuo y automático que mide el caudal de ingreso de las aguas servidas a la planta.

Tanque Imhoff: constituido por seis unidades que permite separar el material sedimentable del agua servida, cuyos lodos estabilizados son descargados a los lechos de secado. Los efluentes se distribuyen: 17% a las lagunas facultativas y 83% a los filtros percoladores.

Filtros percoladores: cuenta con cuatro unidades, de estructuras circulares, rellenas de piedra tipo pómez de origen volcánico, que permiten reducir las cargas orgánicas (DBO) por acción de las bacterias aeróbicas.

Presedimentadores: en esta área se remueven las grasas y material orgánico.

Lagunas facultativas: cuneta con dos unidades alargadas que remueve parte de la carga orgánica y coliformes fecales.

03 lagunas de maduración. 01 laguna de Cloración. 01 edificio de operación y laboratorio. 01 estación de Bombeo. 01 casa fuerza o grupo electrónico. 01 estación de cloración. Misceláneos equipos de bombeo y otro

Finalmente, la planta reduce la carga de DBO₅, en por lo menos el 90% en el promedio anual. El efluente de la PTAR llega a 30 mg DBO₅ /l en el 80% de las muestras. (Ayacucho, 2015)

Eps Sedacusco.S. A, (2014), Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de San Jerónimo – Cuzco. Memoria Anual, la planta de tratamiento de aguas residuales de san Gerónimo - Cusco, se ubicada en el Km 8.8 de la carretera Cuzco- Sicuani, situada a una altura de 3,198 msnm. La planta de San Jerónimo se empezó a construir en el año 1977 y se terminó el año 1983. El proyecto inicial comprendía la construcción de dos sedimentadores primarios, dos digestores primarios, dos digestores

secundarios, dos biofiltros y dos sedimentadores secundarios. Debido a limitaciones presupuestarias, sólo se construyó la mitad de la planta diseñada, con una capacidad de tratamiento de 320 l.p.s.

En el Cuzco, las aguas de lluvia y las aguas residuales comparten la misma red. El caudal del agua a la planta durante diciembre de 1998 y enero de 1999 fue de un promedio de 170 l.p.s. Normalmente, una gran parte del agua residual (cerca del 70% del agua que ingresa a la planta) va directamente al río Huatanay sin haber sido tratada. La planta cuenta con tratamiento de limpieza manual y con filtro biológico de digestión anaeróbica de lodos. Aguas debajo de la planta de tratamiento, muchos campesinos utilizan las aguas del Huatanay para regar sus cultivos de verdura, maíz, etc. Estos productos son vendidos después en los mercados locales, lo cual implica un gran riesgo para la salud de la población generándose un círculo de contaminación constante. (CENTA, 2004).

Actualmente la Planta de Tratamiento de aguas Residuales de San Jerónimo se ha modernizado invirtiendo más de 112 millones de soles y se encuentra operativa casi al 100% tratara el 85% de aguas servidas de la ciudad imperial, abasteciendo a una población de más de 400,000 mil habitantes.

El PTAR está diseñada e implementada con tecnología de punta utilizando filtros percoladores y tratamiento de lodos anaeróbicos con componentes ecológicos, tiene sistemas de cribado, desarenación, esperadores, digestor anaeróbico, tanque de almacenamiento de lodos, edificios de deshidratación, tanque de almacenamiento de cal, así como un purificador hs2, cámara de concentrados y antorcha. (SedaCusco, 2014)

Espinoza Paz Ramón Enrique (2010), Sustento su tesis: “PLANTA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES SAN JUAN DE MIRAFLORES”, a la escuela profesional de Ingeniería Civil “Universidad de Piura”. Con la finalidad de optar el grado de Master en Gestión y auditorías

Ambientales. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el distrito de Villa El Salvador (VES) tiene una población al año 2005 de 350,801 habitantes; y una tasa de crecimiento poblacional de 1.61%. La población de Villa el Salvador cuenta con servicio de alcantarillado con una cobertura de 80%, las aguas son evacuadas de los domicilios a través de las redes existentes ubicadas generalmente en el centro de las vías públicas y dispuesta hacia un colector general denominado Colector Villa El Salvador, que corre por el lado Oeste del distrito, por toda la avenida Mariano Pastor Sevilla, continua por la parte Este del Parque zonal Huayna Cápac, sigue por la avenida Pedro Miotta donde se junta con las aguas de parte del distrito de San Juan de Miraflores y descarga en el Colector Surco que finalmente vierte al mar tras atravesar el Morro Solar mediante un túnel en la zona denominada Punta La Chira, distrito de Chorrillos, en esta zona SEDAPAL ha implementado una cámara de rejas, para retirar los sólidos flotantes del agua residual previo a la descarga final..

El sistema de tratamiento de lagunas de estabilización existente en San Juan presentaba una distribución inadecuada de gastos a las baterías alta y baja, ya que la estructura derivadora ubicada al ingreso de la planta permite el paso incontrolado de caudal a la batería alta, adicionalmente un gran volumen es derivado hacia la parte alta de las lagunas donde se realiza irrigación con desagües sin tratar.

Las características de las estructuras existentes para la alimentación a las lagunas no permiten controlar adecuadamente el gasto que alimenta a las mismas. La forma de alimentación a las lagunas primarias, hace que no exista una buena distribución de sólidos, provocando azolvamiento (formación de depósitos de lodos) en la zona contigua al ingreso del afluente, asimismo en algunas lagunas las salidas están cerca del ingreso provocando que existan cortocircuitos y amplias zonas muertas. La laguna de la batería alta trabaja sobrecargada, debido a la reducción del área que efectuó el CEPIS (batería baja), para la crianza de peces, lo que representa

una disminución considerable del área efectiva (20%) de tratamiento, siendo esta la causa principal de los olores existentes en la zona.

La DBO lograda en el efluente es adecuada para alimentar las lagunas facultativas, produciéndose en el efluente de las lagunas facultativas una DBO inferior a 30 mg/l, disminución drástica de los olores al suministrar oxígeno en la primera etapa del tratamiento, no dependiendo de factores naturales (luz solar, fotosíntesis, viento). Debido a su alto periodo de retención (de 6 a 10 días), pueden asimilar sobrecargas hidráulicas y orgánicas sin afectar sustancialmente su eficiencia. Adicionalmente hay que considerar que, de acuerdo al área existente destinada para la elaboración del proyecto, la alternativa de lagunas facultativas requería de una mayor área que no estaba disponible para su obtención. (Espinoza Paz, 2010)

2.1.3 A Nivel Local

E.P.S. Mantaro S.A. (2009), realizo un expediente técnico "Ampliación y Mejoramiento Sistema de Agua Potable Y Alcantarillado de la Ciudad de Concepción - Junín" El objetivo central del proyecto es "Mejorar las condiciones de salud de la población, mediante la mejora de la prestación de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado", que brinda la Gerencia Zonal Concepción de la EPS Mantaro S.A., en los distritos de Concepción y Nueve de Julio, ámbito de acción de la Zonal.

El proyecto abarca los distritos de Concepción y Nueve de Julio, en lo que concierne al agua potable y sólo el distrito de Concepción para el sistema de alcantarillado. El distrito de Concepción es la capital de la provincia del mismo nombre, ubicada en la margen izquierda del Río Mantaro, y en la parte central de la provincia, en la Región Junín, altura promedio de 3,283 msnm

El diseño de la planta de tratamiento de Concepción, consta de un tratamiento preliminar con rejas de limpieza manual de 50 mm de abertura, seguida de un medidor Parshall de 15.2cm, seguido de un tratamiento biológico consiste en lagunas de oxidación, para lo cual se han proyectado cuatro lagunas del tipo facultativas, dos primarias y dos secundarias, formando dos baterías de funcionamiento paralelo, conformándose cada batería con una laguna primaria y una laguna secundaria. El PTAR está Proyectado con las siguientes componentes:

Cámara de rejas, Medidor de caudal tipo Parshall, Cámara de Bombeo de Desagües, línea de impulsión, estructuras de llegada y de distribución de las aguas residuales crudas a cada una de las baterías., estructuras de distribución a cada una de las lagunas facultativas primarias, estructuras de distribución e ingreso a las lagunas facultativas primarias, lagunas facultativas primaria, estructuras de salida de las lagunas facultativas primarias, estructuras de distribución a lagunas facultativas secundarias., estructuras de ingreso a lagunas facultativas secundarias, estructuras de salida de lagunas facultativas secundarias, canal de recolección del efluente final, disposición del efluente final, área de disposición de lodos secos.

Tratándose de una obra de Instalación de Sistema de Agua Potable y Alcantarillado, se pudo identificar los siguientes impactos ambientales positivos.

Mejoramiento del Sistema de Alcantarillado, Mejoramiento de la Calidad Ambiental Urbana y la Salud Pública, Aumento del Valor de la Propiedad., Generación de Empleo, Mejoramiento de la Economía Local, Según la Evaluación realizada a partir de la Matriz de Leopold se pudo comprobar que el factor más impactado positivamente, en la fase de construcción, es el nivel de empleo; en la fase de operación y mantenimiento es el mejoramiento del desarrollo urbano y en la fase de cierre el mejoramiento

es de las especies herbáceas existentes en el área. (E.P.S.MANTARO, 2009)

Municipalidad Distrital de Apata (2014), proyecto “Mejoramiento Y Ampliación de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado de los Centros Poblados de Apata (Barrios Pariahuanca, Libre Y Nuevo) Huamantanga, Cocharcas, Santa María Y Nueva Esperanza Del Distrito De Apata Provincia De Jauja - Junín”. El distrito de Apata se encuentra a 30 km de la ciudad de Jauja siguiendo por la carretera hacia Huancayo, el área de estudio se encuentra entre las cuotas 3,480 y 3,295 msnm. El clima del Distrito de Apata es templado, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada. La meda anual de temperatura máxima y mínima es de 19.4°C y 5.0°C respectivamente.

En base a las estimaciones se ha determinado al año proyectado a 20 años el consumo doméstico de agua sería 321,982.56 m³ para una población beneficiaria de 3,650 habitantes, lo cual nos da una dotación 139.74 lt/hab/día. Así mismo en base a estas estimaciones se ha determinado al año 20 de proyección, la contribución al alcantarillado será 4.41 lps para una población beneficiaria de 3,650 habitantes. Los caudales de diseño, finalmente con los resultados de demanda de agua y contribución al alcantarillado, se obtuvieron los siguientes caudales de diseño para cada uno de los componentes:

Planta de tratamiento de agua potable $Q_p=7.85$ l/s

Planta de tratamiento de aguas residuales $Q_p=3.62$ l/s.

En cuanto al sistema de alcantarillado y tratamiento para el distrito de Apata, se definió 02 áreas de drenaje en función a la topografía del terreno. La planta de tratamiento de aguas residuales contará con los siguientes componentes:

Cámara de rejillas, cámara de distribución del caudal, dos lagunas primarias, dos lagunas secundarias, cámara de llegada de caudal, cámara de cloro.

Finalmente, esta agua residual tratada se va al canal de riego para su uso. Actualmente viene funcionando la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Apata desde noviembre del 2016. (Apata, 2014)

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 BASES TEORICAS

2.2.1.1 Desarrollo Sostenible. - Los más altos costos de la degradación ambiental en el Perú, son en orden decreciente de magnitud: inadecuado abastecimiento de agua; sanidad e higiene; contaminación atmosférica urbana; desastres naturales; exposición al plomo; contaminación del aire en locales cerrados; degradación de la tierra; deforestación e inadecuada recolección municipal de desechos. Combinados, estos problemas ambientales cuestan 8,2 billones de soles, ó 3,9 por ciento del PBI. Los pobres y las poblaciones más vulnerables cargan desproporcionadamente el peso de este costo. Para tratar estos problemas, este trabajo identifica un número de intervenciones de políticas rentables que podrían ser adoptadas en el corto y mediano plazo, para apoyar los objetivos del desarrollo sostenible. (Minam, 2007).

2.2.1.2 Tecnología Limpias. - El Proyecto de la Organización de Estados Americanos (OEA) Programa de Cooperación Horizontal de Tecnologías Limpias y Energías Renovables, bajo la coordinación general del Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología e Innovación Tecnológica ñ CONCYTEC Per`, busca mejorar la productividad y la competitividad de empresas PYMES en varios países de América Latina dentro de los mercados globales, así como elevar la calidad de vida de las personas que dependen de ellas. En el programa participan varios países de América Latina: Argentina, Ecuador, El Salvador, México, Panamá-, Paraguay, Per`, Trinidad y Tobago y Surinam. Para apoyar esta importante tarea mediante la difusión de información técnica que facilite la

adopción de tecnologías limpias, prácticas de eficiencia y el uso de energías renovables en los procesos de manejo de residuos sólidos. (Alvarado, 2006).

2.2.1.3 Ley De Recursos Hídricos. - Los capítulos VI y VII de la ley de Recursos Hídricos, Ley n° 29338, tratan sobre la regulación de vertimientos y reúso de las aguas residuales tratadas. Algunos puntos importantes son:

- Define las condiciones y procedimientos para la autorización del vertimiento y reúso de las aguas residuales tratadas.
- Prohíbe el vertimiento o reúso del agua residual sin tratamiento.
- Para obtener la autorización de vertimientos del afluente de la PTAR a un cuerpo natural, se deben cumplir los LMP y asegurar el cumplimiento de los ECAS en el cuerpo del agua.
- Para obtener la autorización de reúso de las aguas residuales tratadas, se deben cumplir los valores establecidos por el sector de la actividad a la que se destine el reúso o en su defecto, las guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS).
- Define a la Autoridad Nacional del Agua como responsable del control de los vertimientos y reúsos autorizados.
- Establece la obligación de instalar sistemas de medición de caudal del efluente en las PTAR. (Hidricos, 2009)

2.2.1.4 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales OS. 0.90.

En el reglamento nacional de edificaciones, la norma OS.90 está relacionada con las instalaciones que requiere una planta de tratamiento de aguas residuales municipales y los procesos que deben experimentar las aguas residuales antes de su descarga al cuerpo receptor o a su reutilización. el objetivo principal es normar el desarrollo de proyectos de tratamiento de aguas residuales en los niveles pre-liminar, básico y definitivo.

En cuanto a la orientación básica para el diseño, el requisito fundamental antes de proceder al diseño preliminar o definitivo de una planta de tratamiento de aguas residuales, es haber realizado el estudio del cuerpo

receptor. El estudio del cuerpo receptor deberá tener en cuenta las condiciones más desfavorables. El grado de tratamiento se determinará de acuerdo con las normas de calidad del cuerpo receptor. En caso de aprovechamiento de efluentes de planta de tratamiento de aguas residuales, el grado de tratamiento se determinará de conformidad con los requisitos de calidad para cada tipo de aprovechamiento de acuerdo a la norma. entre otras disposiciones que están descritas en la presente norma para el desarrollo adecuado de un proyecto de planta de tratamiento de aguas residuales. (Ministerio de Vivienda, 2006)

2.2.1.5 Consideraciones Básicas De Diseño De Infraestructura Sanitaria OS. 100.-

En el reglamento nacional de edificaciones, la norma OS.100, se refiere sobre las condiciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria, en el ítem 1.4 dotación de agua, se dice que la dotación promedio diaria anual por habitantes, se fijara en base al estudio de consumos técnicamente justificados, sustentados en informaciones estadísticas comprobadas.

Si se comprobara la no existencia de estudios de consumo y no se justificará su ejecución, se considerará por lo menos para sistemas de conexiones domiciliarias una dotación de 180l/hab/d. en climas fríos y de 220l/hab/d en clima templado y cálido. Estos parámetros de dotación de agua fueron considerados para el desarrollo de la presente tesis. (Ministerio de Vivienda, 2006)

2.2.1.6 Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas o Municipales. –

En el artículo 3° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha ley.

Que, el numeral 32.1 del artículo 32° de la Ley General del Ambiente define al Límite Máximo Permissible (LMP), la medida de la concentración o de grados de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.

Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de Ptar

PARÁMETRO	Unidad	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de agua
Aceites y grasas	Mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ML	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	Mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Solidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	>35

(MINAN, 2010)

2.2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.2.1 Planta de Tratamiento de las Aguas Residuales.

Una PTAR, (denominada por ella EDAR) es una instalación donde a las Aguas Residuales se les retiran los contaminantes, para hacer de ella un agua sin riesgos a la salud y/o medio ambiente al disponerla en un cuerpo receptor natural (mar, ríos o lagos) o por su reúso en otras actividades de nuestra vida cotidiana con excepción del consumo humano (no para ingerir o aseo personal). (Royo, 2012).

2.2.2.2 Aguas Residuales.

Podemos definir al agua residual como la combinación de los desechos líquidos procedentes de viviendas, instituciones y establecimientos comerciales e industriales, junto con las aguas subterráneas, superficiales y pluviales que puedan agregarse a las anteriores. (Ayala, 2008)

2.2.2.3 Tratamiento Anaerobio.

La digestión anaerobia es un proceso microbiológico complejo que se realiza en ausencia de oxígeno, donde la materia orgánica se transforma a biomasa y compuestos orgánicos, la mayoría de ellos volátiles. Aunque es un proceso natural, sólo en los últimos veinticinco años ha llegado a ser una tecnología competitiva en comparación con otras alternativas. Esto ha sido posible gracias a la implementación de sistemas que separan el tiempo de retención hidráulico (TRH), del tiempo de retención celular (TRC) los cuales han sido denominados reactores de alta tasa. Durante este proceso también se obtiene un gas combustible (Biogás) y lodos con propiedades adecuadas para ser usados como bioabonos. (Bermúdez, *et. al.*, 2011)

El desarrollo de los procesos anaerobios se dio a partir de 1950 cuando recibieron un gran impulso, lo cual aumentó los conocimientos de ellos y cambió sus fundamentos de diseño, que dieron lugar a nuevos sistemas: filtro anaerobio de flujo ascendente (1960), manto de lodo de flujo ascendente o conocidos también como RAFAS en español o UASB en inglés, (1978), reactor de biopelícula inmovilizada (1985), reactor de lecho fluidizado (1985) (Van Der Berg. L.) También se incluyen lagunas anaerobias y procesos anaerobios de separación por membrana.

2.2.2.4 Filtro Percolador.

Filtro Percolador consiste en un lecho formado por un medio impermeable al que se adhieren los microorganismos y, a partir del cual, entra el agua residual y la materia orgánica es degradada. Se utilizan camas filtrantes de goteo, en las que el licor de las aguas residuales es rociado en la superficie de una profunda cama

compuesta de coque (carbón), piedra caliza o fabricada especialmente de medios plásticos. (Romero Rojas, 2001)

Fundamentos de Filtro Percolador: Filtros Percoladores actúan por que tales medios deben tener altas superficies para soportar las biopelículas que se forman. El licor es distribuido mediante unos brazos perforados rotativos que irradian de un pivote central. El licor distribuido gotea en la cama y es recogido en drenes en la base. Estos drenes también proporcionan un recurso de aire que se infiltra hacia arriba de la cama, manteniendo un medio aerobio. Las películas biológicas de bacterias, protozoarios y hongos se forman en la superficie del medio y se comen o reducen los contenidos orgánicos. Esta biopelícula es alimentada a menudo por insectos y gusanos. (Romero Rojas, 2001)

Criterio de Diseño Filtro Percolador: Se consideran los siguientes:

a) Material Filtrante.

Los materiales empleados tienen normalmente dimensiones entre 3.0 a 9.0 centímetros. Pueden ser naturales o artificiales.

Las propiedades más importantes de los medios filtrantes son:

- El área superficial del medio, cuanto mayor es dicha área, mayor es la cantidad de biomasa que puede fijarse.
- El porcentaje de vacíos, cuanto mayor dicho porcentaje, mayor es la carga hidráulica de que se puede disponer sin perjudicar la transferencia de oxígeno.

b) Profundidad del Lecho:

Tipo De Filtro	Profundidad (m)
Baja Tasa	1.8 – 3.0
Biofiltros	0.90 – 1.40
Aerofiltros	1.50 – 2.50
Filtros Accelo	1.80 – 3.0

c) Cubiertas de los filtros. Son hechas con los siguientes propósitos:

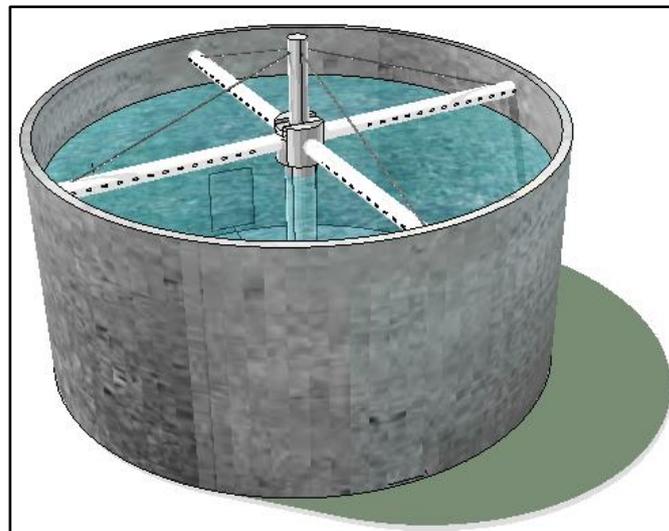
- Evitar incomodidades ocasionadas por las moscas.
- Facilitar la ventilación forzada

- Mantener mejores condiciones de temperatura.

- d) Drenaje. El fondo del filtro debe tener condiciones para un buen drenaje del líquido. La pendiente debe ser cercana al 2.0%, para garantizar una velocidad de 0.6 m/s o más. El área total de los orificios debe ser mayor que el 15% del área del filtro.
- e) Sedimentación. Normalmente se emplean en tasas de 30 – 40 m³/m²/día. El volumen de los lodos producidos está en el rango 0.3 – 1.0 kg/kg DBO removido. (Duran & cartillo, 2008)

El filtro percolador o biofiltro es un proceso muy utilizado para el tratamiento de aguas residuales. El filtro biológico no es un proceso diseñado para ejercer una verdadera acción de tamizado o filtración del agua residual sino para poner en contacto aguas residuales con biomasa adherida a un medio de soporte fijo, constituyendo un lecho de oxidación biológica como se muestra en la figura.

figura:2.01 filtro percolador



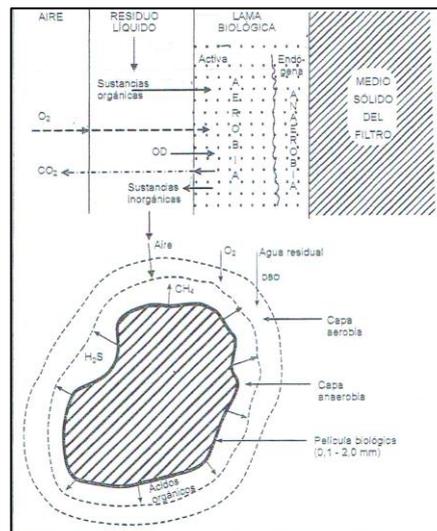
Fuente: elaboración de los tesistas

Un filtro percolador tiene por objetivo reducir la carga orgánica existente en las aguas residuales domésticas o industriales. Consiste en un lecho de piedras, u otro medio natural o sintético, sobre la cual se aplica las aguas residuales. En un filtro percolador las aguas residuales se riegan sobre el

lecho filtrante y se dejan percolar. El lecho del filtro percolador consiste en un medio altamente permeable, la cual se adhiere los microorganismos y a través del cual el residuo líquido se infiltra. Usualmente el medio es de piedra de tamaño cambiante entre 2,5 y 10 cm profundidad variable según diseño, generalmente de 1 a 2,5 m en promedio 1,8 m filtros percoladores con medio plásticos, biorres, se constituyen con profundidades hasta 12m, el filtro usualmente es circular con distribuidor rotatorio superficial del agua.

El sistema de drenaje es importante como unidad de recolección y como estructura porosa, a través de la cual circula el aire. El material orgánico presente en el agua residual es absorbido y descompuesto por la biomasa adherida al medio filtrante; en la porción interior, cerca de la superficie del medio, predominan condiciones anaerobias; en la parte externa, condiciones aerobias. (Romero Rojas, 2001)

Figura 2.02: Esquema de la película biológica en un filtro percolador



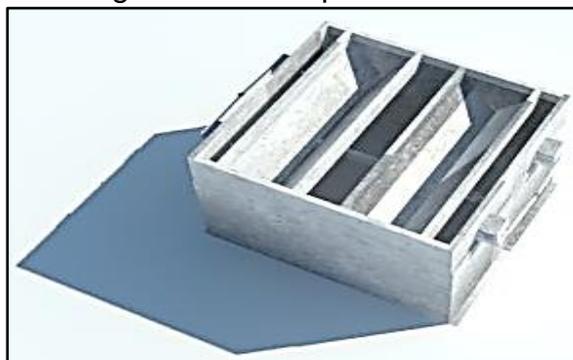
Fuente: (Romero Rojas, 2001).

2.2.2.5 Tanque Imhoff.

El tanque Imhoff es un tratamiento anaerobio de dos pisos. El tanque consta de un compartimiento inferior para la digestión de los sólidos sedimentados y de una cámara superior de sedimentación. Los sólidos sedimentados pasan a través de la abertura del compartimiento superior hacia la zona de digestión. La espuma acumulada en la zona de sedimentación y en las zonas de ventilación adyacentes

a las cámaras de sedimentación. el gas producido en el proceso de digestión, en la cámara de lodos, escapa a través de la zona de ventilación.

Figura 2.03: tanque imhoff



Fuente: elaboración de los tesisistas

Entre las ventajas del tanque imhoff son las siguientes:

- Simple de operar
- No requiere de personal técnico

La operación consiste en remover diariamente la espuma y en descargarla sobre la ventilación, así como en extraer periódicamente los lodos hacia los lechos de secado.

El tanque imhoff puede tener varias cámaras de sedimentación sobre una cámara de digestión la remoción de solidos suspendidos pueden ser de 45 a 70% y la reducción de DBO de 25 a 50% sin embargo, la remoción es variable dependiendo de las características del residuo y de las condiciones de diseño y de operación. (Romero Rojas, 2001)

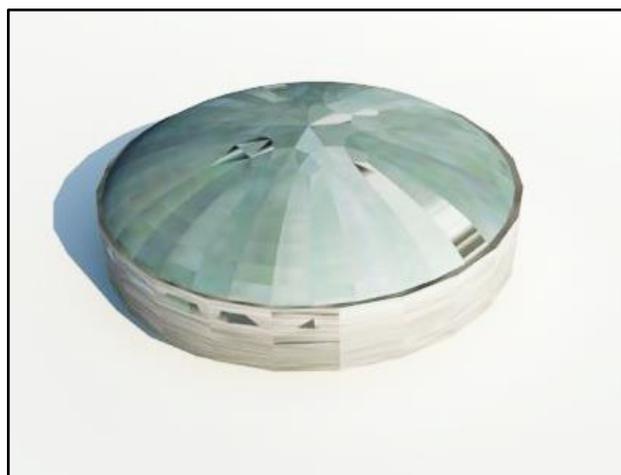
2.2.2.6 Digestor Anaerobio.

El lodo producido en los procesos de tratamiento de aguas residuales está compuesto de la materia orgánica contenida en el agua residual cruda. La digestión de lodos se aplica con el propósito de producir un compuesto final más estable y eliminar cualquier microorganismo patógeno presente en el lodo crudo. La digestión anaerobia se usa principalmente para estabilizar lodos primarios y secundarios. El primario es un lodo digerible con fuerte olor fecal. El resultado de

la digestión es reducir el contenido volátil a cerca de 50% y los sólidos a aproximadamente un 70% de los valores originales.

La digestión anaerobia de lodos también se aplica en digestores convencionales de una sola etapa, siendo similares el proceso, pero efectuándose dentro de un solo tanque, como se indica en la imagen.

Figura 2.04: Digestor aerobio



Fuente: elaboración de los tesisistas

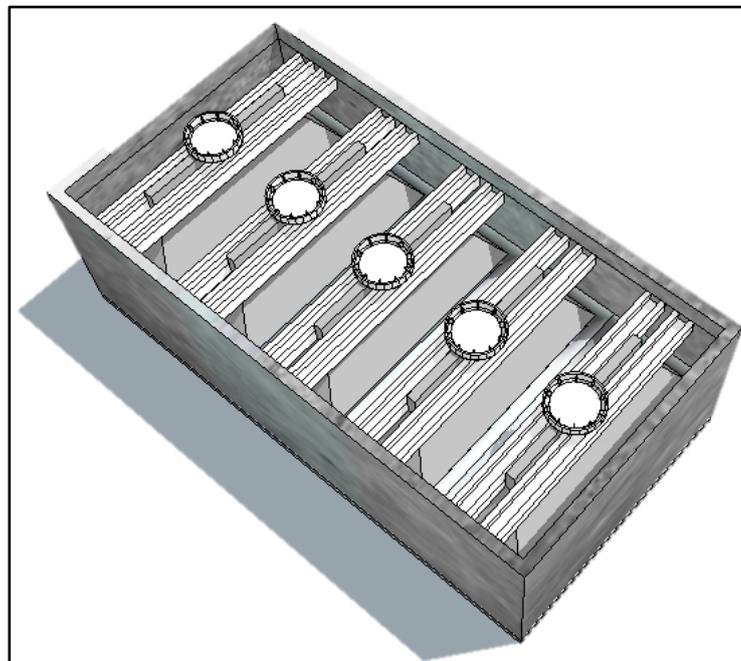
El parámetro de diseño ha sido, con valores típico entre 10 a 20 días para digestores de taza alta. Las producciones de gas oscilan entre 0.75 y 1,1m³ por kilogramo de solidos volátiles destruidos, medida a 20°C y 1atm. El gas de digestor contiene 55 a 77%de metano, 25,45% de CO₂,0.01^a 1% de H₂S 2 a 6 % de nitrógeno y 0,1 a 2% de hidrogeno. El metano y el hidrogeno determinan el poder calorífico del gas, el CO₂ representa el carbono estabilizado y H₂S determina la corrosividad y el olor potencial del gas. La remoción de solidos volátiles en este digestor los lodos primarios por su mayor contenido de solidos volátiles, permite remociones mayores de solidos volátiles que los lodos secundarios. También es común combinar lodos primarios con lodos secundarios para su digestión. (Romero Rojas, 2001)

2.2.2.7 Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA)

Los reactores anaerobios de flujo ascendente (RAFA), también conocidos como UASB (del inglés: Upflow Anaerobic Sludge Blanket), constituyen una tecnología

de tratamiento en la que el agua pasa a través de un manto de lodos a baja velocidad ascensional. Se caracterizan por realizar en una sola unidad las operaciones de decantación primaria, reactor biológico y digestión anaerobia del lodo. Manual de agua potable y alcantarillado. Los reactores del tipo UASB presentan una serie de ventajas sobre los sistemas aerobios convencionales, la inversión principalmente es menor (costos de implantación y manutención), producción pequeña de lodos excedentes, consumo pequeño de energía eléctrica y simplicidad del funcionamiento (Ramírez y Koetz, 1998).

Figura 2.05: Rector UASB.



Fuente: elaboración de los tesisistas

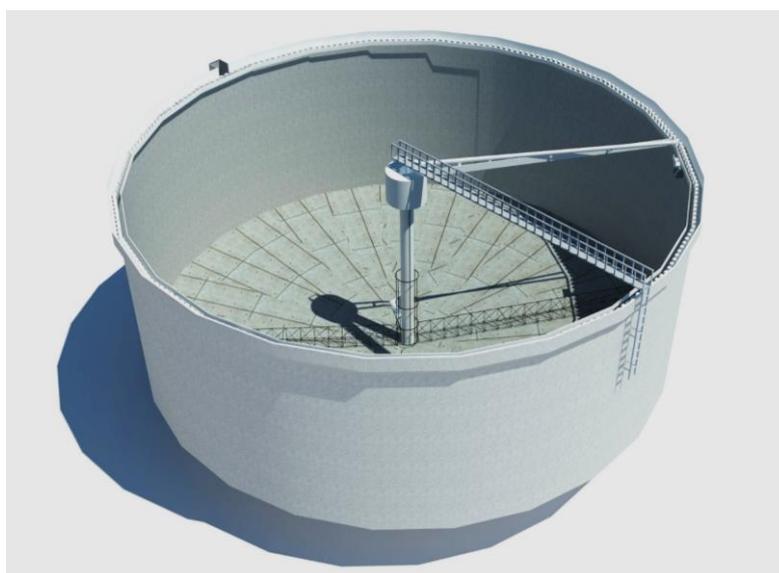
2.2.2.8 Tanques de Sedimentación Circular.

Este diseño ha llegado a ser el normal de las plantas depuradas de agua cloacal. En la base del depósito se crea una pendiente, de la periferia al centro, hasta de 30° con la mira de facilitar que fluya el lodo a una tolva colectora central, desde la cual se puede extraer con bomba o por diferencia de presión hidrostática.

La mayoría de estos depósitos se dotan de un conjunto mecánico que desempeña dicha función, el afluente ingresa, a través de un tubo central, a una cámara de

calma, desde donde fluye primeramente hacia abajo y afuera, luego hacia arriba, hasta llegar a descargar en un canal dispuesto alrededor del borde del tanque. Es habitual enterrar el depósito en el suelo hasta enrasar con el espejo líquido, requiriendo inicialmente una excavación considerable, el objeto de hacerlo así obedece a que en muchos sitios se necesita una diferencia de nivel a lo largo de todas las etapas de depuración, para que fluya el líquido por gravedad evitando bombeos intermedios de alto costo. (Arundel, 2002)

Figura 2.06: Sedimentador circular



Fuente: elaboración de los tesistas

2.2.2.9 Lechos de Secados de Lodos.

Los lechos de secado de lodos son generalmente el método más simple y económico de deshidratar los lodos estabilizados (lodos digeridos), lo cual resulta lo ideal para pequeñas comunidades.

En las localidades que cuentan con el servicio de alcantarillado, la contribución per cápita se determina en base a una caracterización de las aguas residuales.

Medio de Drenaje

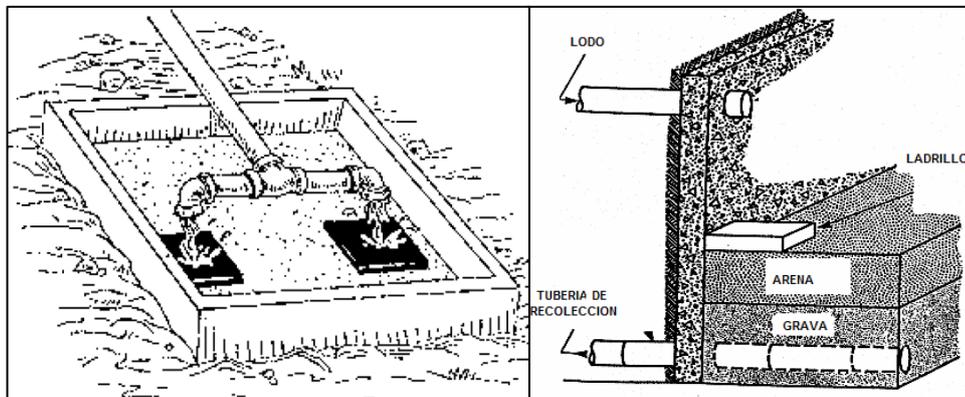
El medio de drenaje es generalmente de 0,30 de espesor y debe tener los siguientes componentes:

- El medio de soporte recomendado está constituido por una capa de 15 cm. Formada por ladrillos colocados sobre el medio filtrante, con una separación de 2 a 3 cm. llena de arena.
- La arena es el medio filtrante y debe tener un tamaño efectivo de 0,3 a 1,3 mm., y un coeficiente de uniformidad entre 2 y 5. Debajo de la arena se deberá colocar un estrato de grava graduada entre 1,6 y 51 mm (1/6" y 2") de 0,20 m de espesor.

En la siguiente imagen se muestra el esquema general de un lecho de secado.

Fuente: ((OPS), 2005)

Figura 2.07: Esquema general lecho de secado



Fuente: ((OPS), 2005)

2.2.2.10 Cámara de Cloración.

Se entiende por cloración o desinfección la destrucción mayoritaria de las bacterias patógenas, no obstante, hay que tener en cuenta que bajo la acción del cloro permanecen inalterados muchos virus y esporas formadoras de bacterias. El cloro tiene un efecto de permanencia en el agua residual durante mucho día lo que es útil para el control de bacterias patógenas. La relación con la cámara de cloración además de fijar el tiempo de contacto es necesario disponer tabiques deflectores que obliguen al agua a un buen contacto con el cloro, aumenta la turbulencia de flujo y evitan los cambios preferenciales y los puntos muertos.

Seguridad: uno de los principales problemas de cloro gas es su toxicidad y peligrosidad, debido a esto la legislación obliga a tomar determinadas medidas de

seguridad como disponer de una ducha de seguridad y lavados de ojos cerca de las instalaciones de cloración. (Islas de Juana, 2005)

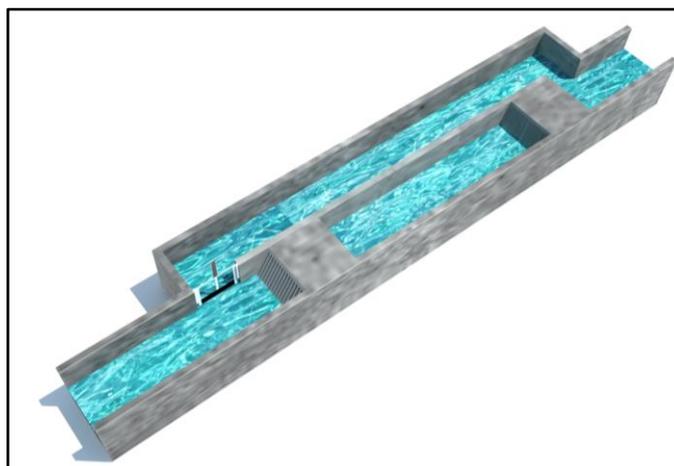
2.2.2.11 Cribado (Rejas Finas y Gruesas).

El cribado se emplea para la reducción de sólidos en suspensión de tamaños distintos. La distancia o las aberturas de las rejillas dependen del objetivo de las mismas, y su limpieza se realiza manualmente o mecánicamente. Los productos recogidos se destruyen por procesos de digestión anaerobia, o se dirigen directamente al lecho de secado.

Las rejas de barras paralelas cuya misión es separar los objetos contenidos en el agua a medida que pasen por ella. La separación de los sólidos se realizará de forma manual. (Villarreal Cardenas, 2012)

Con las rejillas se prevé una eficiencia de retención entre los 25% a 35% de sólidos en suspensión. En los procesos de tratamiento del agua residual se utilizan para proteger bombas, válvulas, tuberías y otros elementos contra posibles daños y obturaciones, ocasionadas por objetos de gran tamaño como trapos, palos, las rejillas o rejas de limpieza manual son usados mayormente en plantas de tratamiento pequeñas. Los barrotes o rejas deberán ir colocadas transversalmente al canal y tendrán una inclinación de 30 a 80° con respecto a la horizontal, la longitud del área de cribado es de 1.18 m.

Figura n° 2.08: Rejas gruesas y finas

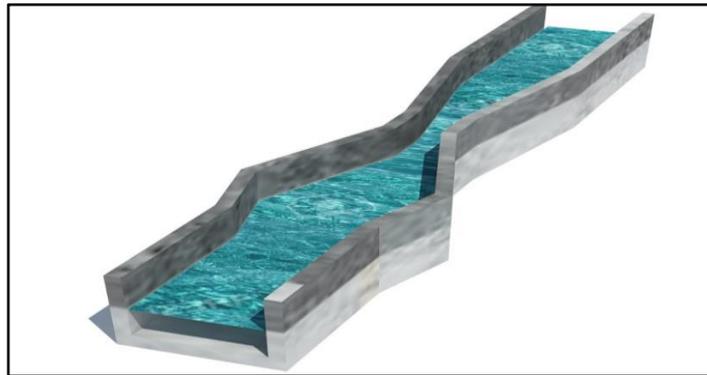


Fuente: elaboración de los tesisistas

2.2.2.12 Medidor de Caudal (Canal Parshall).

La medición de caudal tiene gran importancia en todas las plantas depuradas, para poblaciones menores de 5000 el uso del Parshall es alternativo. Se ha seleccionado el canal tipo Parshall para medir el caudal, debido a su bajo costo de operación y mantenimiento, ya que este canal no requiere la inversión en mantenimiento para su limpieza. (Villarroel Cardenas, 2012)

Figura n° 2.09: Canal Parshall

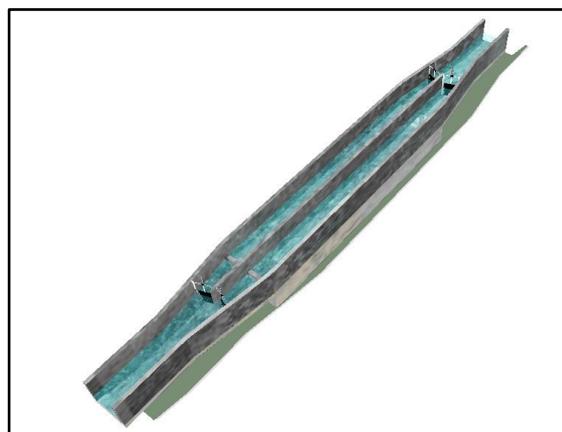


Fuente: elaboración de los tesisistas

2.2.2.13 Desarenadores.

Normalmente los desarenadores se ubican después de las unidades que remueven sólidos gruesos (tamizado) y antes de los tanques de sedimentación primaria. Las arenas se remueven de las aguas residuales para proteger el digestor biológico, para evitar la sedimentación y formación de depósitos de materiales sólidos pesados, para facilitar su mantenimiento, y reducir la frecuencia de limpieza de secciones rectangular o cuadrada. (Villarroel Cardenas, 2012)

figura N° 2.10: Desarenador rectangular



Fuente: elaboración de los tesisistas

2.2.2.14 Características de las Aguas Residuales.

Características Físicas. - La característica física más importante del agua residual es su Contenido Total de Sólidos, los cuales comúnmente se clasifican en: suspendidos, disueltos y sedimentables. Otras características físicas son la temperatura, color y olor. (Durán Díaz, 2008).

Características Químicas. - Las características químicas de las aguas residuales son principalmente el contenido de materia orgánica e inorgánica, y los gases presentes en el agua residual.

Características Biológicas. - Las características biológicas de las aguas residuales son de fundamental importancia en el control de enfermedades causadas por organismos patógenos de origen humano, y por el papel activo y fundamental de las bacterias y otros microorganismos dentro de la descomposición y estabilización de la materia orgánica, bien sea en el medio natural o en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Debido a la importancia de las características biológicas de un agua residual, se hace necesario conocer los principales grupos de microorganismos que originan dichas características, estos grupos están conformados por bacterias, hongos, algas, protozoos, y virus. A la vez, estos se clasifican en organismos eucariotas, eubacterias y arqueobacterias, la mayoría de los organismos pertenecen al grupo de las eubacterias. (Duran & cartillo, 2008)

2.2.2.15 Medición de la Concentración de Contaminantes en Aguas Residuales

Los contaminantes en las aguas residuales son normalmente una mezcla completa de compuestos orgánicos e inorgánicos, es, por tanto, casi imposible obtener un análisis químico completo de cualquier tipo de agua residual. Se abordará brevemente los métodos analíticos para contaminantes orgánicos. Los métodos analíticos para otros contaminantes, como la determinación de parámetros físicos (sólidos, color, olor) y bacteriológicos (coliformes), y las

pruebas para determinación del efecto de los contaminantes en organismos vivos (prueba de toxicidad por bioensayos). Según Ramaho(1983), los métodos analíticos para contaminantes orgánicos pueden clasificarse en dos grupos:

Grupo 1: método cuyo parámetro es el oxígeno

- Demanda teórica de oxígeno (DTeO)
- Demanda química de oxígeno(DQO)
- Demanda bioquímica de oxígeno(DBO)
- Demanda total de oxígeno(DTO)

Grupo 2: método cuyo parámetro es el carbono

- Carbono orgánico total (COT)
- Carbono orgánico teórico (COTe)

2.2.2.16 Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales

Existen dos sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales:

a) Sistemas Convencionales, y b) Sistemas no Convencionales que se describen a continuación.

Sistemas Convencionales. - Se trata de EDAR (PTAR) con tres tratamientos básicos, dichas unidades se mencionan a continuación:

- a) Tratamiento preliminar, comprende la remoción de sólidos gruesos por cribado y remoción de arena por desarenación.
- b) Tratamiento primario, comprende la remoción de sólidos por proceso de sedimentación, el tratamiento o acondicionamiento del lodo por digestión anaerobia o aerobia y su remoción de humedad por espesamiento, por gravedad, secado natural o disposición en lagunas.
- c) Tratamiento secundario, comprende la remoción de materia orgánica por actividad biológica.

Sistemas no Convencionales. - Las EDAR (PTAR) no convencionales son las que no siguen el orden determinado en las plantas convencionales o usan tratamientos alternativos. En ocasiones se denominan así a las plantas de bajo impacto ambiental y de poco consumo energético. **(Royo Ribes, 2012).**

2.2.2.17 Etapas de Tratamiento de Aguas Residuales

a) Caudal de Afluente

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

En la norma OS. 090 se establece la obligación de que cada PTAR cuente con un medidor de caudal del afluente. Actualmente, el caudal del afluente de las PTAR se determina mediante equipos de medición o por medición indirecta. En las PTAR se aplican los siguientes tipos de medición del caudal de afluente:

- Canaleta Parshall + ultrasonido (registro automático)
- Canaleta Parshall + radar (registro automático)
- Canaleta Parshall + pozo de registro y boya con indicador (registro manual)
- Canaleta Parshall + regla (registro manual)
- Sonda Doppler (registro automático)
- Medidor magnético-inductivo (registro automático)
- Método de sección-velocidad (registro manual): se mide la velocidad del flujo y la superficie transversal del flujo
- Método volumétrico (registro manual): balde-tiempo, se calcula el caudal según la fórmula: $Q \text{ (L/s)} = \text{volumen captado (L)} / \text{tiempo (segundos)}$.

Registro de horas de bombeo (registro manual): se debe conocer la capacidad de la bomba (verificar frecuentemente), para luego calcular el volumen bombeado en función del tiempo de trabajo de las bombas. Ninguna de las PTAR de las EPS utiliza el método de medición con limnigrafo, según la norma OS.090. (SUNASS, 2015)

b) Caudal del efluente

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

La Ley de los Recursos Hídricos y el protocolo establecido por la Resolución Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA exige a las EPS la medición del caudal del efluente. El caudal del efluente es necesario para el control de la producción de la PTAR, la evaluación de pérdidas por evaporación y la detección de posibles infiltraciones en las unidades de tratamiento de la PTAR. (SUNASS, 2015)

Tratamiento Preliminar

Pre-tratamiento. - El primer paso en la depuración del agua residual tiene que consistir, lógicamente, en una eliminación de materias grandes, cuerpos grandes y arenosos, que su presencia en el afluente perturbaría el tratamiento total y el funcionamiento eficiente de las máquinas, equipos e instalaciones de la estación depuradora.

El pre-tratamiento suele tener los siguientes pasos:

- Aliviadero de agua en exceso.
- Tamizado, para la eliminación de partículas en suspensión.
- Trituración de los elementos.
- Desarenado, por eliminación de arenas y sustancias sólidas densas en suspensión.
- Desengrasado.

Tratamiento Primario. - El objetivo del tratamiento primario consiste en retener una buena parte de los sólidos en suspensión que contiene el agua residual, para lo cual se emplea la gravedad terrestre para que sedimenten los sólidos sedimentables en los decantadores o en las lagunas. En algunos casos, por las especiales características de los sólidos, es mejor separarlos en flotadores por aire disuelto. Al respecto (Royo Ribes 2012).

Tratamiento Secundario. - Tratamiento secundario o tratamiento biológico: se emplea de forma masiva para eliminar la contaminación orgánica disuelta, la cual es costosa de eliminar por tratamientos físico-químicos. Suele aplicarse tras los anteriores. Consisten en la oxidación aerobia de la materia orgánica —en sus diversas variantes de fangos activados, lechos de partículas, lagunas de oxidación y otros sistemas— o su eliminación anaerobia en digestores cerrados. Ambos sistemas producen fangos en mayor o menor medida que, a su vez, deben ser tratados para su reducción, acondicionamiento y destino final. En principio estos tratamientos son los siguientes:

- Lodos activados.
- Lechos bacterianos.
- Lechos de macrofitas.
- Lechos de turba.
- Infiltración controlada.
- Lagunaje.
- Lagunaje natural (con micrófitos, con macrófitos o mixto).
- Etc.

Tratamiento Terciario. - El tratamiento terciario proporciona una etapa final para aumentar la calidad del efluente al estándar requerido antes de que éste sea descargado al ambiente receptor (mar, río, lago, campo, etc.) Más de un proceso terciario del tratamiento puede ser usado en una planta de tratamiento. Si la desinfección se practica siempre en el proceso final, es siempre llamada pulir el efluente. (Akbar Kangarani, 2012).

Tratamiento Cuaternario. - Esta etapa de tratamiento se aplica, cuando es necesario reutilizar aguas residuales de origen agrícola, donde se encuentran presentes contaminantes como los pesticidas, herbicidas, entre otros. (Duran & cartillo, 2008)

Tratamiento de Quinta Generación. - Los tratamientos de Quinta Generación van encaminados a efectuar un aprovechamiento o rehúso de las aguas residuales domésticas; en lo que se refiere al consumo humano. En el medio no es común efectuar un tratamiento de quinta generación, debido a los altos costos que implican la implementación de estos procesos. Tales como Ultrafiltración y Osmosis Inversa. (Ayala duran & Díaz castillo, 2008)

2.2.2.18 Tratamiento Biológico del Agua Residual.

Se refiere al uso de micro-organismos para la trata de los residuos sólidos orgánicos que componen las aguas negras y en los cuales se pueden citar dos tipos según su necesidad de aire o no (aeróbicos o anaeróbicos respectivamente). Departamento del Medio Ambiente del Banco Mundial (2015).

Tratamiento Biológico Aeróbico. - Es un tipo de metabolismo energético en el que los seres vivos extraen energía de moléculas orgánicas, como la glucosa, por un proceso complejo en el que el carbono es oxidado y en el que el oxígeno procedente del aire es el oxidante empleado. La respiración aeróbica es el proceso responsable de que la mayoría de los seres vivos, los llamados por ello aerobios, requieran oxígeno. La respiración aeróbica es propia de los organismos eucariontes en general y de algunos tipos de bacterias. Se lleva a cabo en instalaciones abiertas como lagunas o tanques abiertos. (Akbar Kangarani, 2012).

Tratamiento Biológico Anaeróbico. - Es un proceso biológico de óxido reducción de monosacáridos y otros compuestos en el que el aceptor terminal de electrones es una molécula inorgánica distinta del oxígeno, y más raramente una molécula orgánica. Las bacterias reductoras de nitratos son anaerobias facultativas ya que el uso de nitratos y nitritos como aceptores de electrones son procesos alternativos que pueden utilizar estas bacterias para crecer en ausencia de oxígeno. En presencia de él, aunque el nitrato esté presente, la respiración procede enteramente a través de la cadena aeróbica de transporte de electrones. Para este tratamiento se hace uso de tanques cerrados como cámaras de digestión cerrados, tanque Hinjoff, RAFFAS, etc. (Akbar Kangarani 2012).

2.2.2.19 Tratamiento Químico de Aguas Residuales.

Constituye un complemento a la depuración del agua residual, también muchas veces se llama de afino. Los diferentes tratamientos empleados persiguen: Reducir los sólidos en suspensión y la parte orgánica asociada, reducir la DBO y DQO solubles, reducir el contenido de fósforo y/o nitrógeno, eliminar microorganismos patógenos; eliminar detergentes o tóxicos no biodegradables. (Ayala duran & Díaz castillo, 2008)

2.2.2.20 Materia Orgánica.

Los compuestos orgánicos están formados por combinaciones de carbono, hidrógeno y oxígeno, con la presencia, en algunos casos de nitrógeno. También pueden estar presentes otros elementos como azufre, fósforo o hierro. Los principales grupos de sustancias orgánicas presentes en el agua residual son las proteínas (40-60%), hidratos de carbono (25-50%) y grasas y aceites (10%).

Son varios los componentes inorgánicos de las aguas residuales y naturales que tienen importancia para la determinación y control de la calidad del agua. Las concentraciones de las sustancias inorgánicas en el agua aumentan tanto por el contacto del agua con las diferentes formaciones geológicas, como por las aguas residuales, tratadas o sin tratar, que a ella se descargan. Las aguas naturales disuelven parte de las rocas y minerales con los que entran en contacto. (Ayala duran & Díaz castillo, 2008)

2.2.2.21 Lodos Anaeróbicos.

La digestión por lodos anaerobios es un proceso biológico de fermentación el cual se puede llevar a cabo de manera espontánea en el medio natural. Consiste en la estabilización de la materia orgánica en ausencia de oxígeno mediante la acción de un grupo de microorganismos que la transforman en metano y dióxido de carbono (CO₂). Este tratamiento se lleva cabo en un reactor completamente aislado durante un periodo de tiempo variable. En la fermentación anaerobia están involucrados diferentes tipos de microorganismos y para que se produzca metano en la última fase deben haberse producido necesariamente todas las anteriores. Las bacterias productoras de biogás son estrictamente anaerobias y sólo pueden

sobrevivir en ausencia total de oxígeno atmosférico. Además, estas bacterias son muy sensibles a los cambios ambientales y por eso, es necesario un control y un mantenimiento constante de los parámetros de funcionamiento del reactor. Existen cuatro etapas en la degradación del sustrato en las que intervienen diferentes poblaciones bacterianas. (Royo Ribes, 2012).

CAPÍTULO III

HIPOTESIS Y VARIABLES

3.1 HIPÓTESIS

3.1.1 Hipótesis General.

El diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales utilizando filtros percoladores con lodos anaeróbicos ecológicos es un sistema eficiente para el tratamiento de aguas residuales del distrito de Huancayo, provincia de Huancayo-Junín

3.1.2 Hipótesis Específicas.

- a) El diseño de tres modelos diferentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas facilita información suficiente para elegir entre ellas la más eficiente.
- b) Para evaluar la eficiencia de los tres diseños de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, es necesario realizar simulaciones, cálculos de diseño y análisis de afluentes y efluentes.
- c) La alternativa de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas es la que presenta mejor eficiencia en la remoción de carga orgánica.

3.2 DIAGRAMA, OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES E INDICADORES

Variables (Definición Conceptual y Operacional)

Definición operacional. -

Según Kerlinger (2002), como la serie de procedimientos o indicaciones para realizar la medición de una variable definida conceptualmente. En este sentido, Kerlinger refiere que la definición operacional puede ser de *medida* o *experimental*. La primera expresa de qué forma va a ser evaluada. La variable de estudio y la segunda especifica los detalles de la manipulación de la variable independiente, así como de qué manera va a ser aplicada a los participantes o personas que serán investigadas.

VARIABLE INDEPENDIENTE: Remoción de carga orgánica

Cuadro N° 3.01: Dimensiones e indicadores de la variable dependiente

Variable	Dimensiones	Indicadores
Remoción de carga orgánica	Porcentaje de remoción	mg/L

Fuente: Elaboración propia

VARIABLES DEPENDIENTES:

Demanda química de oxígeno

Demanda bioquímica de oxígeno

Sólidos totales

Cuadro 3.02: Dimensiones e indicadores de las variables independientes

Variable	Dimensiones	Indicadores
Demanda química de oxígeno (DQO)	Cantidad de oxígeno	mg/L
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	Cantidad de oxígeno en la oxidación bioquímica	mg/L
Sólidos totales (ST)	Cantidad de sólidos totales	mg/L

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Método de investigación

Para la realización de la presente tesis de investigación se constató el problema que tiene el distrito de Huancayo con las aguas residuales que son vertidas a los ríos causando un problema de salud pública, es la razón que se plantea una hipótesis general sobre la solución de este problema con una propuesta de planta de tratamiento de aguas residuales para lo cual se describe el tipo, nivel y diseño de investigación tomando en cuenta la muestra y la población para el desarrollo de la presente tesis.

4.2 Tipo de Investigación

El tipo de investigación de la presente tesis reúne las condiciones metodológica **aplicada y cuantitativa**.

Es aplicada por que tiene como finalidad la resolución de problemas prácticos (Landeau Rebeca, 2007, p. 55).

Es cuantitativa porque lleva a cabo las observaciones y evaluación de los fenómenos; establecen resultados como consecuencia de la observación y evaluaciones realizadas demuestran el grado de estos tienen fundamento; revisan tales resultados sobre la base de las pruebas o del análisis; y proponen

nuevas alternativas además realiza evaluaciones para esclarecer, modificar, y fundamentar los planteamientos. Hernández, Fernández y Baptista (2006, p. 5)

4.3 Nivel de Investigación

De acuerdo a la naturaleza del estudio realizado en la presente tesis reúne por su nivel las características de un estudio **explicativo correlacional**.

Es explicativo. Según el autor (Fidias G. Arias (2012)), define: La investigación explicativa se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación post facto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis. sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos. (pag.26)

Es correlacionado. porque asocian variables mediante un patrón predecible para un grupo o población. Este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. (Roberto, 2014)

En el presente estudio describe el proceso de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales, tomando en cuenta los resultados de análisis de las aguas residuales realizadas en del distrito de Huancayo, y de esta manera determinar cuál es el diseño de planta de tratamiento de aguas residuales es adecuada

4.4 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación de la presente tesis es cuasi-experimental longitudinal.

Es cuasi-experimentales porque tienen el mismo propósito que los estudios experimentales: probar la existencia de una relación causal entre dos o más variables. Cuando la asignación aleatoria es imposible, los cuasi-experimentos (semejantes a los experimentos) permiten estimar los impactos del tratamiento o programa, dependiendo de si llega a establecer una base de comparación apropiada. (p. 58). (Hedrick et. al 1993).

Es longitudinal porque permite mejorar los diseños cuasi -experimentales ya que consiste tomar múltiples registros del mismo sujeto, a lo largo del tiempo. Se denominan diseño de series temporales interrumpidas simples ya que son conjunto de datos registrados secuencialmente en una serie discreta de puntos u observaciones de una sola unidad observacional, antes y después de la presencia de un evento o aplicación de un tratamiento. (Arnau, 1995).

4.5 POBLACIÓN Y MUESTRA

Población.

Población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones (Lepkowski, 2008b). Teniendo en cuenta una población de 116,953 habitantes y considerando la norma OS 100 se tiene una dotación de 180 L/hab/día se tiene obtiene un caudal de aguas residuales vertidas sin ningún tratamiento de 245.6 L/s, esto viene a ser la nuestra población.

Muestra.

Subgrupo del universo o población del cual se recolectan los datos y que debe ser representativo (Roberto, 2014). La muestra se tomó de un vertimiento de aguas residuales con las siguientes coordenadas 12°05'58"S - 75°13'51"W, altitud 3,210 msnm; la cantidad de 1 litro cada mes, durante un periodo de ocho meses consecutivos.

4.6 TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas de procesamiento de datos fueron:

Observación: mediante la observación logramos identificar el problema que tiene el distrito de Huancayo sobre los vertimientos de agua residuales sin ningún tratamiento a los ríos, de esta manera se conoció el porqué de la contaminación de los ríos Shullcas, Chilca, Florido, Áncala y al río Mantaro, además se observó que los campesinos riegan sus sembríos tales como alfalfa, maíz, papa, entre otros productos agrícolas, finalmente estos productos son comercializados en los mercados locales y alrededores.

Cálculos: los parámetros básicos de población y dotación de consumo de agua, nos permitió realizar los cálculos necesarios para obtener datos importantes y así realizar los diseños de cada uno de los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales. Como se trata de una Investigación de nivel descriptivo-correlacionado, implican los propósitos de estos (exploración, descripción y correlación o asociación); además de que proporcionan un sentido de entendimiento del fenómeno a que hacen referencia. Así, la investigación tendrá características tanto teóricas como prácticas, pues comprenderá una parte de investigación teórica pura, para luego aplicar dicho conocimiento al diseño que corresponde a la parte práctica. **Hernández, Fernández, Baptista, (2006).**

Recopilación de datos: Recolección de información, análisis bacteriológico del agua durante ocho meses consecutivos, para conocer los resultados bacteriológicos de cada mes y tomar el resultado más crítico para desarrollar el trabajo de tesis.

Técnicas de recolección de datos en el desarrollo de la tesis fueron:
Antes de iniciar el estudio fue necesario conocer al cuerpo de agua donde se iba a desarrollar el muestreo y análisis para considerar aspectos importantes que definan la calidad del recurso hídrico. Esto nos ayuda a definir los parámetros a controlar, considerando el uso principal que tenga el cuerpo receptor en estudio; es necesario citar la resolución Jefatural N° 202-2010-ANA

que aprueba la clasificación de los cuerpos de agua superficial y marinos costeros y el Decreto Supremo N° 002-2008- MINAM que aprueba los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.

Selección de Parámetros

Según la clasificación de los cuerpos de agua; nuestra agua de estudio se clasifica como **Agua Superficial del Tipo Continental**; según la normativa vigente "...la calidad de las aguas continentales presenta variaciones en función de los procesos morfológicos, hidrológicos, químicos y biológicos a los que se haya expuesto. Así como, su entorno físico, tales como: las precipitaciones, escorrentías, material sólido transportado, el agua subterránea y la atmósfera en general. También las actividades antropogénicas pueden afectar considerablemente la calidad de los cuerpos de agua natural, a través de los vertimientos de aguas residuales industriales y domésticas, movimiento de tierras, erosión, uso de pesticidas y obras hidráulicas, etc." (1); y la selección de parámetros está en función evaluación de los cuerpos de agua para determinar el impacto que ocasionan las aguas residuales procedentes de las actividades poblacionales.

Para Aguas Residuales tema de estudio: Los parámetros a seleccionar para el estudio de aguas residuales dependen de los Límites Máximos Permisibles (LMP) que ha establecido el sector ambiental competente. En la evaluación de las aguas residuales consideramos específicamente la calidad del cuerpo receptor de acuerdo al uso principal considerando los parámetros de interés, generados por las viviendas cuyos baños estén conectados al sistema de tratamiento en cuestión, para ello no es necesario evaluar todos los parámetros de los ECA para agua, debido a que la finalidad es evaluar el impacto en el cuerpo receptor a través del análisis técnico y objetivo. A continuación, se presenta los parámetros regulados para este caso:

CUADRO N° 4.01: Parámetros Regulados para Aguas Residuales

Norma	Parámetros Regulados
D.S. N° 003- 2010- MINAM	<ul style="list-style-type: none"> ✓ pH, Potencial de Hidrógeno ✓ T°C, Temperatura ✓ C.term, Coliformes Termotolerantes ✓ DBO₅, Demanda bioquímica de Oxígeno ✓ DQO, Demanda Química de Oxígeno y ✓ SST, Sólidos Suspendidos Totales

FUENTE: Protocolo ANA Perú 2011

4.7 Técnica y Análisis de Datos

Metodología de Muestreo

La etapa de recolección de muestras es de trascendental importancia. Los resultados de los mejores procedimientos analíticos serian inútiles si no se recolecta y manipula adecuadamente las muestras. Este método fue empleado para recolectar todas las muestras directamente lo más cerca al centro del cuerpo de agua (descarga al río) y en el flujo de agua, evitando así alterar las condiciones reales, buscando que la muestra sea representativa.

- Se utilizaron frascos de vidrio de 1 mL debidamente rotulados y previamente esterilizados, llevados hasta el lugar de muestreo en las mejores condiciones de higiene.
- Durante la toma de muestras, los frascos se destaparon el menor tiempo posible, evitando el ingreso de sustancias extrañas que pudieran alterara los resultados.
- También se dejó un espacio libre para la homogenización de las muestras, aproximadamente 5% del volumen del frasco, para evitar acelerar la mortandad de bacterias.
- Para recolectar las muestras se realizó de forma aleatoria manual de la descarga, insertando un recipiente corriente abajo de la descarga con la abertura del recipiente en dirección aguas arriba se sumergió de forma vertical el frasco de vidrio de boca ancha color ámbar, para evitar su

degradación por fotólisis, de 1 L de capacidad debidamente acondicionado para recolectar dicha muestra

- al coleccionar la muestra llenamos completamente el frasco (sin dejar burbujas de aire) para evitar alteración de los resultados por procesos de oxidación, e inmediatamente tapamos.
- En todo momento se tomaron las debidas precauciones de seguridad, haciendo uso de mamelucos descartables, botas de polietileno, casco protector, guantes y respiradores

Medición de Parámetros In Situ

Los parámetros a ser evaluados in situ deben ser confiables y para ello se necesitó:

- Tener calibrados los equipos portátiles (multiparametro, termómetro y oxímetro).
- Antes de la salida al campo y verificar su correcto funcionamiento. La calibración se realizó de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
- Antes de realizar las lecturas, se enjuagó de dos a tres veces con el agua de la muestra los electrodos con el equipo apagado. Luego realizamos la medición agitando ligeramente el electrodo, dejando estabilizar la lectura y para su posterior anotación.

Manipulación de las Muestras de Agua y Manejo de Datos

Todo el trabajo de muestreo y recolección de datos se realizaron siguiendo la guía sobre los procedimientos para la preservación de muestras, procedimientos, materiales para los recipientes y máximo tiempo de almacenamiento permisible para los parámetros de calidad del agua proporcionada por la autoridad nacional del agua en el protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos.

Las muestras se entregaron al laboratorio a las 5 horas después del muestreo, en los frascos debidamente rotulados; para su posterior análisis y tratamiento de datos correspondientes; teniendo los resultados a los 5 días posteriores a la entrega de los resultados

Cuadro n° 4.02: Resultados de los indicadores de contaminación bioquímica y química

mayo					
indicadores de contaminación bioquímica y química					
toma de muestra	parametros				
unidades	DBO5 mg/L	DQO mg/L	pH	ST mg/L	STD mg/L
canal de entrada a la laguna de oxidacion	1358	1740	6.6	2550	1010
junio					
indicadores de contaminación bioquímica y química					
toma de muestra	parametros				
unidades	DBO5 mg/L	DQO mg/L	pH	ST mg/L	STD mg/L
canal de entrada a la laguna de oxidacion	1380	1760	6.6	2600	1007
julio					
indicadores de contaminación bioquímica y química					
toma de muestra	parametros				
unidades	DBO5 mg/L	DQO mg/L	pH	ST mg/L	STD mg/L
canal de entrada a la laguna de oxidacion	1420	1850	6.6	2650	1030
agosto					
indicadores de contaminación bioquímica y química					
toma de muestra	parametros				
unidades	DBO5 mg/L	DQO mg/L	pH	ST mg/L	STD mg/L
canal de entrada a la laguna de oxidacion	1500	1950	6.6	2730	1050
setiembre					
indicadores de contaminación bioquímica y química					
toma de muestra	parametros				
unidades	DBO5 mg/L	DQO mg/L	pH	ST mg/L	STD mg/L
canal de entrada a la laguna de oxidacion	1450	1890	6.6	2670	1035
octubre					
indicadores de contaminación bioquímica y química					
toma de muestra	parametros				
unidades	DBO5 mg/L	DQO mg/L	pH	ST mg/L	STD mg/L
canal de entrada a la laguna de oxidacion	1460	1900	6.6	2690	1040
noviembre					
indicadores de contaminación bioquímica y química					
toma de muestra	parametros				
unidades	DBO5 mg/L	DQO mg/L	pH	ST mg/L	STD mg/L
canal de entrada a la laguna de oxidacion	1395	1780	6.6	2500	1015
diciembre					
indicadores de contaminación bioquímica y química					
toma de muestra	parametros				
unidades	DBO5 mg/L	DQO mg/L	pH	ST mg/L	STD mg/L
canal de entrada a la laguna de oxidacion	1360	1720	6.6	2490	1025

Fuente: (Rojas Quinto, 2017)

5.1.2 Identificación de Datos Necesarios

Población actual	:	116,953.00	(ver anexo 4.01)
Tasa de crecimiento:	:	1%	
Periodo de diseño	:	20 Años	
Dotación	:	180 L/hab./día	

(Según la norma OS-100 ver anexo 4.02)

Cálculo de la Población Futura (método aritmético)

$$Pf = Pa * r * (t - to)$$

$$Pf = 117,908 \text{ hab.}$$

a. Cálculo del Caudal de Contribución

b.1. Caudal Promedio

$$Qp = (Pob. * Dot.) / 86,400$$

$$Qp = 245.642 \text{ l/s}$$

b.2. Caudal Máximo Horario

$$Qmh = Qp * 1.8$$

$$Qmh = 442.155 \text{ l/s}$$

b.3. Caudal de Contribución

$$Qc = Qmh * 0.8$$

$$Qc = 353.724 \text{ l/s}$$

Para realizar el presente estudio de tesis se realizó la caracterización de las aguas residuales el cual se presenta los resultados en anexo (ver anexo 4.03)

5.1.3 Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Utilizando Filtro Percolador y Tanque Imhoff

Para realizar la primera propuesta se plantea los siguientes componentes:

a) Cámara de rejillas gruesas

- b) Cámara de rejas finas
- c) Desarenador rectangular
- d) Canal Parshall
- e) Tanque imhoff
- f) Lecho de secado
- g) Filtro percolador circular
- h) Sedimentador primario circular
- i) cámara de contacto

- Población futura

$$P_f = P_a * r * (t - t_0) \quad (1)$$

$$P_f = 117,908 \text{ hab.}$$

- Caudal de contribución

$$Q_c = Q_{mh} * 0.8 \quad (2)$$

$$Q_c = 353.724 \text{ L/S}$$

Tabla N° 5.1: Datos de diseño para el cálculo de las dimensiones de la reja manual gruesa y pérdida de carga.

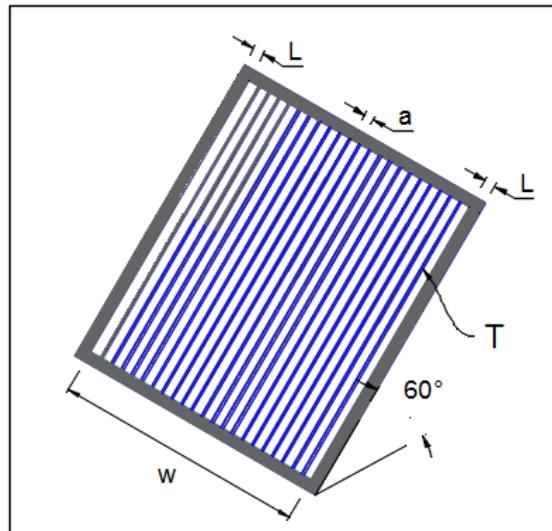
Ítem	Datos de Diseño	Símbolo	Unidad	Valor	Referencia
1	Caudal de diseño	Qd	l/s	196.51	
			m ³ /h	707.448	
2	Caudal de diseño máximo horario	Qmh	l/s	353.724	
			m ³ /h	1273.406	
3	Velocidad en el canal de llegada	V1	m/s	0.45	(0.3-0.6) OS-090
4	Velocidad a través de las rejas (limpio)	Vr	m/s	0.70	(0.6-0.75) OS-090
5	Espesor de barra	t	mm	10	(5-15) OS-090
6	Grosor del marco	L	mm	50	(30-75) OS-090
7	Separación entre barras	a	mm	40	(20-50) OS-090

8	Inclinación de las rejillas	α	$^{\circ}$	60	(45-60) OS-090
9	Ancho total del canal	W	m	1.2	

Fuente: Elaboración de los tesisas.

a) Cámara de rejas gruesas

Gráfico: 5.02 Configuración de la reja gruesa



Fuente: Elaboración de los tesisas

a.1. Tirante de agua en el canal

$$H = Qmh / (V1 * W * 1000) * 1.8 \quad (3)$$

$$H = 0.66 \text{ m}$$

a.2. Ancho libre a través de las rejillas

$$w = W - (2L / 1000) \quad (4)$$

$$w = 1.10 \text{ m}$$

a.3. Número de barras

$$Nb = (w - t) / (t + a) 1000 \quad (5)$$

$$Nb = 22$$

a.4. Eficiencia de rejas

$$E = a / (t + a) \quad (6)$$

$$E = 0.80$$

a.5. Velocidad a través de las rejás

$$V_r = V_1 / E \quad (7)$$

$$V_r = 0.56 \text{ m/s} \quad (0.6-0.75) \text{ OS-090}$$

a.6. Velocidad en rejás obstruidas 50%

$$V_{r50\%} = V_r / (100\% - 50\%) \quad (8)$$

$$V_{r50\%} = 1.25 \text{ m/s}$$

a.7. Pérdida de carga

$$h_L = ((V_{r50\%})^2 - (V_1)^2) / 2g \cdot 0.7 \quad (9)$$

$$h_L = 0.08 \text{ m}$$

a.8. Tirante máximo aguas arriba

$$H_{\max} = H + h_L \quad (10)$$

$$H_{\max} = 0.73 \text{ m}$$

a.9. Tasa de residuos sólidos

$$RS = 17513 \cdot a^{-2.053} \quad (11)$$

$$RS = 9 \text{ L/1000} \cdot \text{m}^3$$

a.10. Producción de residuos sólidos

$$PRS = RS \cdot \text{CAUDAL} \cdot (86.4/1000) \quad (12)$$

$$PRS = 0.153 \text{ m}^3/\text{día.}$$

Tabla N° 5.2: Datos de diseño para el cálculo de las dimensiones de la reja manual fina y pérdida de carga

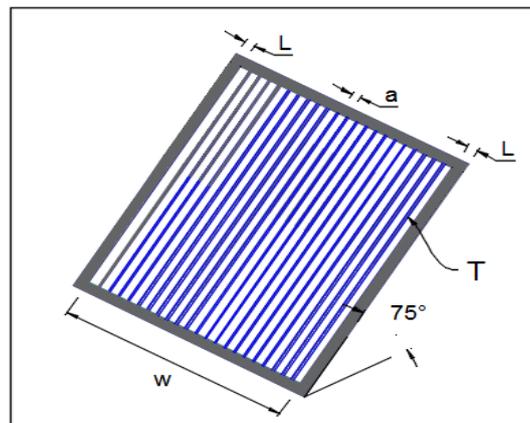
Ítem	Datos de Diseño	Símbolo	Unidad	Valor	Referencia
1	Caudal de diseño	Qd	l/s	196.51	
			m ³ /h	707.448	
2	Caudal de diseño máximo horario	Qmh	l/s	353.724	
			m ³ /h	1273.406	

3	Velocidad en el canal de llegada	V1	m/s	0.75	(0.6-1) Pacheco
4	Velocidad a través de las rejillas (limpio)	Vr	m/s	1.2	(1.2) Pacheco
5	Espesor de barra	t	mm	6	(6-9.5) Azevedo Neto
6	Grosor del marco	L	mm	40	(38-50) Azevedo Neto
7	Separación entre barras	a	mm	15	(15-20) Azevedo
8	Inclinación de las rejillas	α	$^{\circ}$	75	(75-85) Pacheco
9	Ancho total del canal	W	m	1.2	Pacheco
10	Forma de las rejillas	B		1.84	
11	Eficiencia de remoción del compactador	e	%	30	

Fuente: Elaboración de los tesisistas

b) Cámara de rejillas finas

Gráfico: 5.03 Configuración de la reja fina



Fuente: Elaboración de los tesisistas

b.1. Tirante de agua en el canal

$$H = Qmh / (V1 * W * 1000) * 1.8 \quad (13)$$

$$H = 0.39 \text{ m}$$

b.2. Ancho libre a través de las rejillas

$$w = W - (2L / 1000) \quad (14)$$

$$w = 1.12 \text{ m}$$

b.3. Número de barras

$$Nb = (w - t) / (t + a) 1000 \quad (15)$$

$$Nb = 53$$

b.4. Eficiencia de rejas

$$E = a / (t + a) \quad (16)$$

$$E = 0.71$$

b.5. Velocidad a través de las rejas

$$Vr = V1 / E \quad (17)$$

$$Vr = 1.05 \text{ m/ (0.6-1)}$$

b.6. Velocidad en rejas obstruidas 30%

$$Vr30\% = Vr / (100\%-30\%) \quad (18)$$

$$Vr30\% = 1.5 \text{ m/s}$$

b.7. Perdida de carga

$$hL = B * (t/a)^{4/3} * \text{sen} \alpha * ((Vr30\%)^2 / (2*g)) 2g*0.7 \quad (19)$$

$$hL = 0.06 \text{ m}$$

b.8. Tirante máximo aguas arriba

$$Hmax = H + hL \quad (20)$$

$$Hmax = 0.45 \text{ m}$$

b.9. Tasa de residuos solidos

$$RS = 17513 * a^{-2.053} \quad (21)$$

$$RS = 67.43 \text{ L/1000*m}^3$$

b.10. Producción de residuos solidos

$$PRS = RS * CAUDAL * (86.4/1000) \quad (22)$$

$$PRS = 1.14 \text{ m}^3/\text{día}$$

b.11. Producción de residuos sólidos deshidratados

$$PRD = PRS * (100\% - e) \quad (23)$$

$$PRD = 0.8 \text{ m}^3/\text{día.}$$

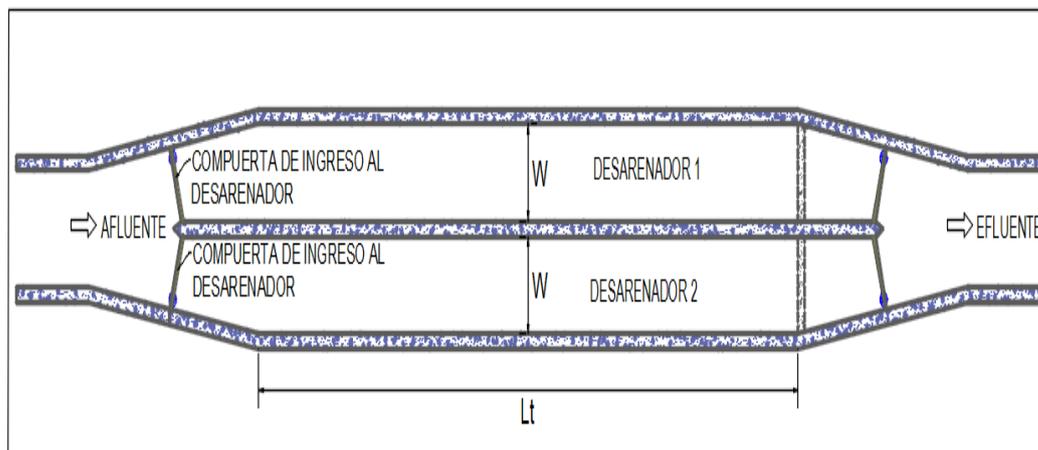
Tabla N° 5.3: Datos de diseño para el cálculo de las dimensiones del desarenador rectangular

Ítem	Datos de Diseño	Símbolo	Unidad	Valor	Criterios
1	Población	Pob	hab	117908	
2	Caudal de diseño máximo horario	Qmh	l/s	353.724	
3			m ³ /h	1273.406	
4	Número de desarenadores	N	unidad	2	
5	Diámetro de partícula	d	mm	1.2	(1 a ≥2mm) OS-090
6	Ancho del desarenador	W	m	1	
7	Velocidad de flujo	V	m/s	0.3	(0.24-0.36) OS-090
8	Temperatura del agua	T°	°C	25	
9	Relación L/H	R		25	R>25 OS-090
10	Carga de arena	Ca	L/hab/año	5	(1-15)

Fuente: Elaboración de los tesisistas

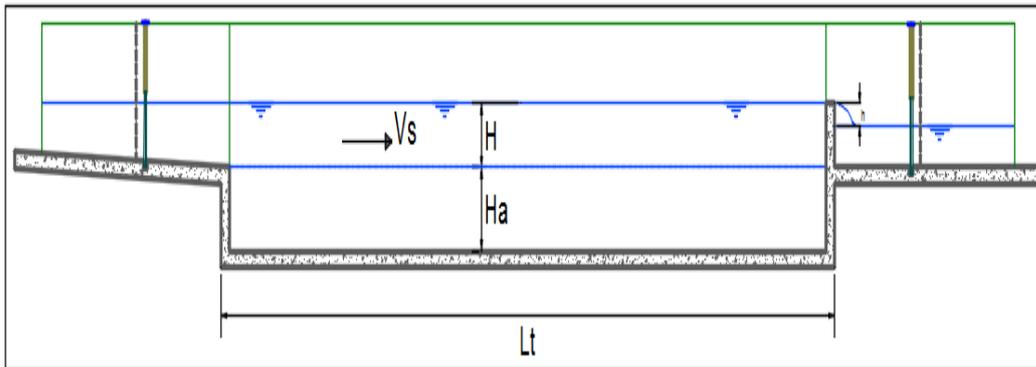
c) Cámara de rejillas finas

Gráfico: 5.04 Configuración vista de planta del desarenador



Fuente: Elaboración de los tesisistas

Gráfico: 5.05 Configuración vista de perfil del desarenador



Fuente: Elaboración de los tesisas

c.1. Caudal de Diseño

$$Q_d = Q_{mh} / N \quad (24)$$

$$Q_d = 0.177 \text{ m}^3/\text{s}$$

c.2. Velocidad de Sedimentación (Ver en anexo 4.04)

$$V_s = 0.025 \text{ m/s}$$

c.3. Altura del Sedimentador

$$H = Q_d / (W * V) \quad (25)$$

$$H = 0.59 \text{ m}$$

c.4. Largo del Desarenador

$$L = R * H \quad (26)$$

$$L = 14.74 \text{ m}$$

25% más OS-090

$$L_t = L * 1.25 \quad (27)$$

$$L_t = 18.42 \text{ m}$$

c.5. Tasa de Aplicación

$$T = (3600 * Q_d) / (W * L) \quad (28)$$

$$T = 45 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h} \text{ (45-70 OS-090)}$$

c.6. Velocidad de Sedimentación

$$V_s = Q_d / A \quad (29)$$

$$V_s = 0.012 \text{ m/s}$$

e.7. Tirante de Agua Sobre Vertedero de Salida

$$h = (Q_d / (1.84 * W))^{2/3} \quad (30)$$

$$h = 0.21 \text{ m}$$

c.8. Tiempo de Residencia

$$TR = (L * W * H) / Q_d \quad (31)$$

$$TR = 0.49 \text{ s (20-60)}$$

c.9. Volumen de Desarenador

$$V = H * W * L \quad (32)$$

$$V = 8.69 \text{ m}^3$$

c.10. Volumen de Arena Recogida

$$Var = (Pob. * Ca) / (52 * 1000) \quad (33)$$

$$Var = 11.3 \text{ m}^3/\text{semana}$$

c.11. Altura de Zona de Recolección de Arena

$$Ha = Var / (W * L) \quad (34)$$

$$Ha = 0.77 \text{ m}$$

Tabla N° 5.4: Datos de diseño para las dimensiones de la canaleta Parshall

Ítem	Datos de Diseño	Símbolo	Unidad	Valor	Criterios
1	Caudal de diseño máximo horario	Qmh	l/s	353.724	
2			m ³ /s	0.354	
3	Profundidad de flujo	H	m	0.45	
4	Relación de sumergencia	Hb/Ha		0.7	Jairo Alberto Romero Rojas

5	Ancho de canal	A	m	1.2	
---	----------------	---	---	-----	--

Fuente: Elaboración de los tesisistas

d) Canal Parshall

d.1. Ancho de garganta

$$(1/3) * A < W < (1/2) * A \quad (35)$$

$$0.4m < 0.457m < 0.6m \text{ (ver anexo 4.05)}$$

d.2. Profundidad de agua Ha

$$Ha = (Qd/1.054) ^ (1/1.538) \quad (36)$$

$$Ha = 0.5m$$

d.3. Profundidad de agua Hb

$$Hb = 0.7 * Ha \quad (37)$$

$$Ha = 0.34m$$

d.4. Profundidad aguas arriba sobre el fondo del canal

$$X = H - Hb \quad (38)$$

$$X = 0.11m$$

d.5. Perdida de carga

$$h = 8.5cm \text{ (ver anexo 4.06)}$$

d.6. Profundidad aguas arriba sobre el fondo del canal

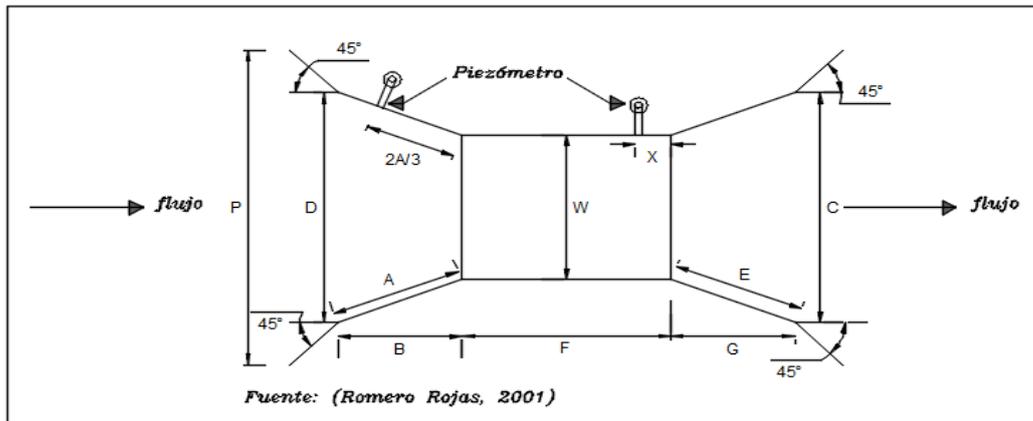
$$H - h = 0.54m$$

d.7. Hallando las dimensiones de la canaleta Parshall

(ver anexo 4.07)

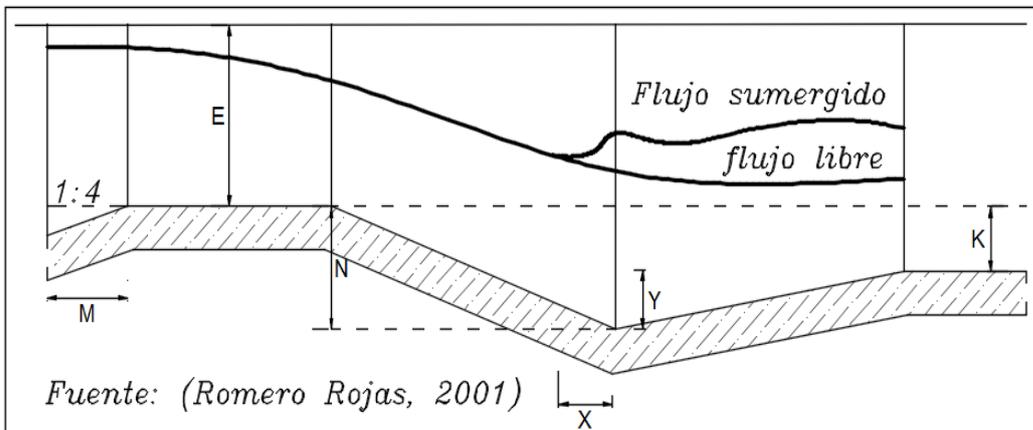
A=	1.449 m	K=	0.076m
B=	1.42 m	N=	0.229m
C=	0.762m	R=	0.508m
D=	1.026m	M=	0.381m
E=	0.915m	P=	1.676m
F=	0.61m	X=	0.051m
G=	0.915m	Y=	0.076m

Gráfico: 5.06 Configuración de planta de la canaleta Parshall



Fuente: Elaboración de los tesisistas

Gráfico: 5.07 Configuración de perfil de la canaleta Parshall



Fuente: Elaboración de los tesisistas

Tabla N° 5.5: Datos de diseño para el cálculo del dimensionamiento del Tanque Imhoff

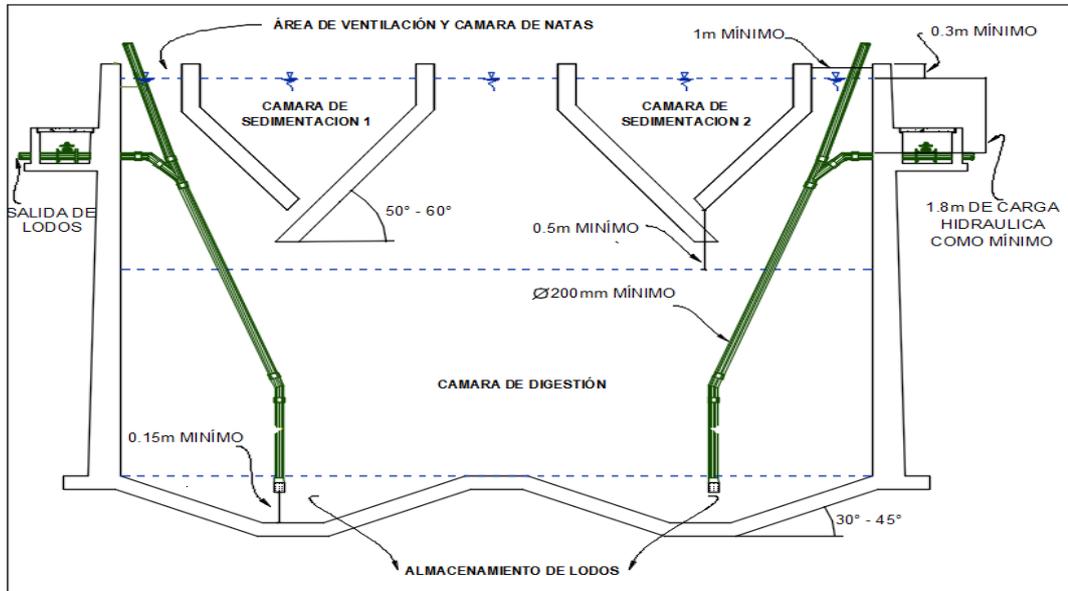
ITEM	DATOS DE DISEÑO	SIMBOLO	UNIDAD	VALOR	RANGOS
Datos de Diseño del Tanque					
1	Caudal de Diseño	Q	m ³ /h	1273.40	
2	Carga Superficial	CS	m ³ /m ² *h	1.00	Según RNE (OS-090)
3	Tiempo Hidraulico de Residencia	TRH	h	2.00	Según RNE (OS-090)(1.5 - 2.5)
4	Número de Tanques	N	Unidad	20	
5	Numero de Sedimentadores por Tanque	N1	Unidad	2.00	

6	Número de Tolvas por SEDIMENTADOR	N2	Unidad	2.00	
7	Carga Hidráulica Sobre el Vertedero	Chv	m ³ /m*d	250.00	Según RNE (OS-090) (125 - 500)
8	Temperatura	T	°C	8.00	
9	Superficie libre de la zona de ventilación	%SL	%	57%	≥30%
10	Angulo respecto de la horizontal	α	°	53.00	Según RNE (OS-090) (50° - 60°)
			rad	0.93	
11	Distancia entre el fondo del sedimentador y los lodos	h3	m	0.50	Según RNE (OS-090) ≥ 0.50 m.
12	Borde Libre del tanque Imhoff	h	m	0.40	Según RNE (OS-090) Min. 0.3m
13	Angulo de la zona de fondo de la zona de digestión, respecto de la horizontal	β	°	30.00	(30° - 45°) Jairo Alberto Romeo R.
			rad	0.52	
14	Ancho de la zona de fondo en la zona de digestión	a	m	1.00	
Datos de Diseño de Lechos de Secado					
15	Porcentaje de Sólidos Contenidos en el Lodo	%S	%	10%	(8 - 12)% OS-090
16	Densidad de los Lodos	ρ _{lodo}	kg/L	1.04	(1.03 y 1.04) OS-090
17	Profundidad de aplicación de lodo en lecho de secado	Ha	m	0.25	(0.20 - 0.40) OS-090
18	Número de Lechos de Secado	Nls	Unidad	50	
19	Ancho del Lecho de Secado	Wls	m	55	> 10m OS-090
20	DBO del afluente	SoDBO	mg/l	1500	
21	Concentración solidos suspendidos totales	Cs	mg/l	2730	
22	Porcentaje de remoción de SST	%SST	%	53	Según RNE (OS-090)

23	Porcentaje de remoción de DBO a la salida	%DBO	%	33	Según RNE (OS-090)
24	Porcentaje de remoción de DQO a la salida	%DQO	%	30	(25-35)

Fuente: Elaboración de los tesisistas

Gráfico: 5.08 Esquema del Tanque Imhoff



Fuente: Elaboración de los tesisistas

e) Tanque Imhoff

e.1. Caudal de diseño de tanque Imhoff

$$Q_d = Q/N \quad (35)$$

$$Q_d = 63.67 \text{ m}^3/\text{h}$$

e.2 Área del sedimentador

$$A_1 = Q_d / (CS * N_1) \quad (36)$$

$$A_1 = 39.79 \text{ m}^2$$

e.3 Volumen del sedimentador

$$V_1 = Q_d * TRH / N_1 \quad (37)$$

$$V_1 = 63.67 \text{ m}^3$$

e.4 Longitud mínima del vertedero de salida

$$L_v = 1.3 \cdot Q_d^{2/4} / (C_{hv} \cdot N_1) \quad (38)$$

$$L_v = 3.5 \text{ m}$$

e.5 Largo del sedimentador

$$L = A_1 / L_v \quad (39)$$

$$L = 12 \text{ m}$$

e.6 Área de flujo del sedimentador

$$A_2 = V_1 / L \quad (40)$$

$$A_2 = 5.31 \text{ m}^2$$

e.7 Altura del tanque sedimentador triangular

$$h_2 = \tan(\alpha) \cdot L_v / 2 \quad (41)$$

$$h_2 = 2.32 \text{ m}$$

e.8 Área del fondo del tanque de sedimentación triangular

$$A_3 = h_2^2 \cdot L_v / 2 \quad (42)$$

$$A_3 = 3.84 \text{ m}^2$$

e.9 Área del fondo del tanque de sedimentación rectangular

$$A_4 = A_2 - A_3 \quad (43)$$

$$A_4 = 1.46 \text{ m}^2$$

e.10 Altura del tanque sedimentador rectangular

$$h_1 = A_4 / L_v \quad (44)$$

$$h_1 = 0.44 \text{ m}$$

e.11 Área de zona de ventilación

$$A_5 = \%SL \cdot A_1 \quad (45)$$

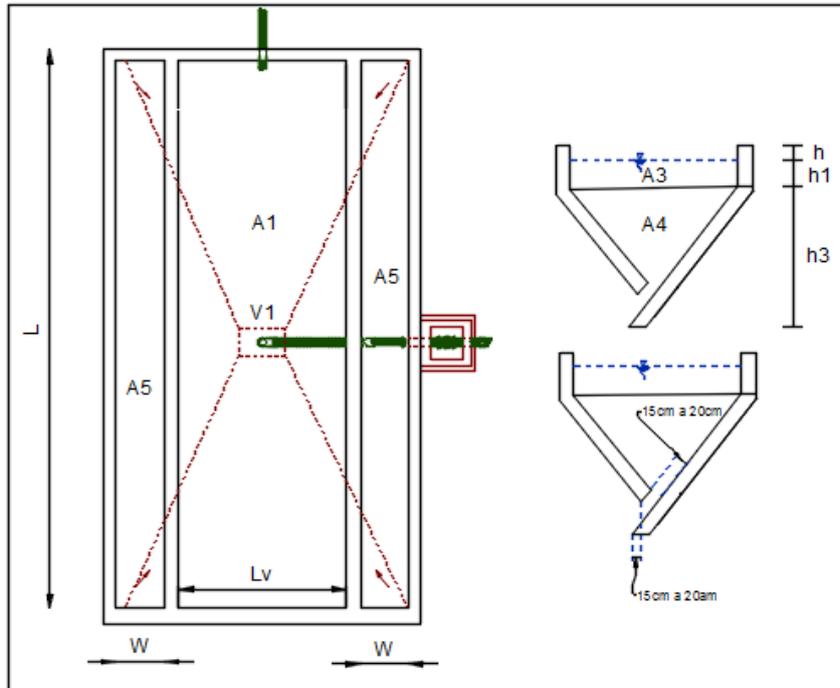
$$A_5 = 22.68 \text{ m}^2$$

e.12 Ancho de la zona de ventilación

$$W = A5 / (2 * L) \quad (46)$$

$$W = 1 \text{ m}^2 (\geq 1.0\text{m}) \text{ OS-090}$$

Gráfico: 5.09 Configuración del tanque Imhoff



Fuente: Elaboración de los tesisistas

e.13 Factor de capacidad relativa (en función de la T°)

$$\text{frc} = 1.64 \text{ m}^2 \quad \text{ver anexo 4.08}$$

e.14 Volumen de almacenamiento y digestión

$$V2 = 70 * (\text{Pob.}/N) * \text{fcr} / 1000 \quad (47)$$

$$V2 = 676 \text{ m}^3$$

e.15 Volumen de almacenamiento y digestión unitario

$$V3 = V2 / (N1 * N2) \quad (48)$$

$$V3 = 169 \text{ m}^3$$

e.16 Altura de zona piramidal en la zona de digestión

$$h_5 = (L_v/2 + W - a/2) \cdot \tan(\beta) \quad (49)$$

$$h_5 = 1.24 \text{ m}$$

e.17 Área de base menor de pirámide cuadrangular truncada

$$A_6 = a \cdot a \quad (50)$$

$$A_6 = 1 \text{ m}^2$$

e.18 Área de base mayor de pirámide cuadrangular truncada

$$A_7 = (L_v + 2W) \cdot L/2 \quad (51)$$

$$A_7 = 30.16 \text{ m}^2$$

e.19 Volumen de pirámide cuadrangular truncada

$$V_4 = h_5/3 \cdot (A_6 + A_7 + (A_6 \cdot A_7)^{0.5}) \quad (52)$$

$$V_4 = 15.19 \text{ m}^3$$

e.20 Volumen de pirámide cuadrangular truncada

$$V_5 = V_3 - V_4 \quad (53)$$

$$V_5 = 153.76 \text{ m}^3$$

e.21 Altura de la zona rectangular en la zona de digestión

$$h_4 = V_5/A_7 \quad (54)$$

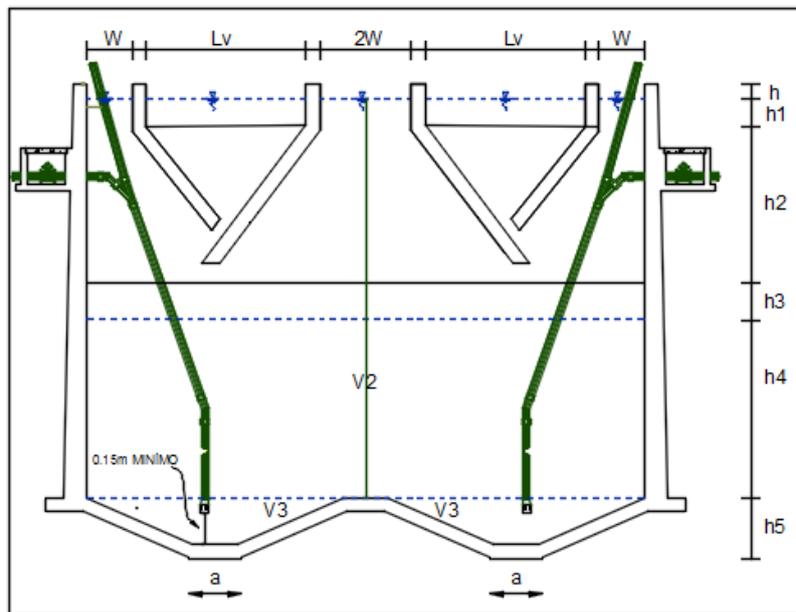
$$h_4 = 5.1 \text{ m}$$

e.22 Altura Total del tanque Imhoff

$$HT = h + h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 \quad (55)$$

$$H_t = 10 \text{ m}$$

Gráfico: 5.10 Configuración del Tanque Imhoff



Fuente: Elaboración de los tesistas

e.23 Eficiencia de remoción de DBO

Según el RNE (OS-090): si el periodo de retención que es 2 horas la eficiencia es 33%

e.24 Concentración De DBO En El Efluente

$$S_e = (1-0.33)*S_o \quad (56)$$

$$S_e = 1,005.00 \text{ mg/l}$$

e.25 Concentración de solidos suspendidos en la salida

$$C_{sst} = (1-0.45)*C_s \quad (57)$$

$$C_{sst} = 1283.10 \text{ mg/l}$$

f) Diseño Del Lecho De Secado

f.1 Carga De Solidos Que Ingresa Al Sedimentador

$$C = Q_d * SS * 0.024 \quad (58)$$

$$C = 2,085.83 \text{ kg/SS/día}$$

f.2 Masa De Solidos Que Conforman Los Lodos

$$Msd=(0.5*0.7*0.5*C+0.5*0.3*C) \quad (59)$$

$$Msd = 677.90 \text{ kg/SS/día}$$

f.3 Volumen Diario De Lodos Digeridos

$$Vld=Msd/ (\rho_{\text{lodo}} * \% \text{ de Solidos}) \quad (60)$$

$$Vld = 6,518.22 \text{ L/día}$$

f.4 Tiempo De Digestión (en función de la T°)

$$Td= 89 \text{ días} \quad \text{ver anexo 4.06} \quad (61)$$

f.5 Volumen De Lodos A Extraer Del Tanque

$$Vel=Vld*Td/1000 \quad (62)$$

$$Vel = 583.29 \text{ m}^3$$

f.6 Ciclo de operación de los lechos de secado

$$tc=35 \text{ días (4 semanas a 8 semanas) OS-090}$$

f.7 Volumen de lodos removido por ciclo de operación

$$Vc = V_{\text{lodo}} * tc \quad (63)$$

$$Vc = 20,416 \text{ m}^3$$

f.8 Área total del lecho de secado por ciclo de operación

$$A_{Tls}=vel/Ha \quad (64)$$

$$A = 81,660.90 \text{ m}^2$$

f.9 Área un lecho de secado por ciclo de operación

$$Als=A_{Tls}/Nls \quad (65)$$

$$Als = 1,633 \text{ m}^2$$

f.10 Dimensiones del lecho de secado

$$Lsc=Als/Wls \quad (66)$$

$$Lsc = 55 \text{ m}$$

Asc = 30 m

Tabla N° 5.6: Datos de diseño para el cálculo del dimensionamiento del filtro percolador circular

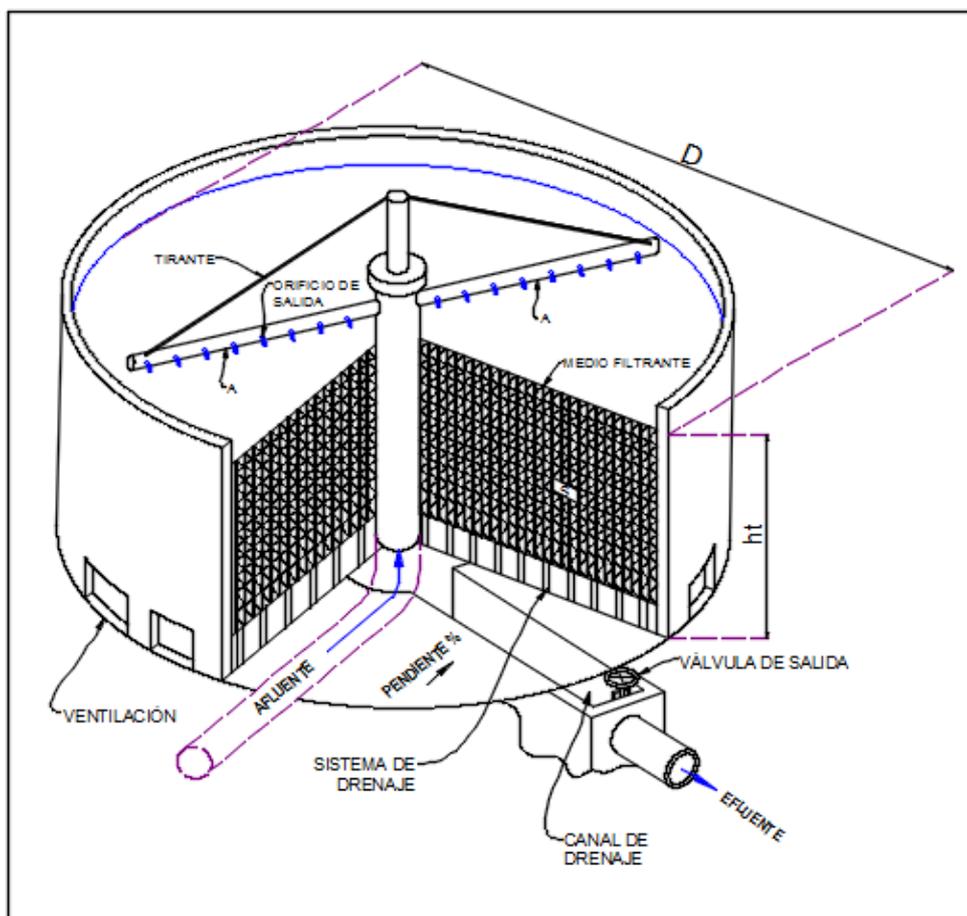
Ítem	Datos de Diseño	Símbolo	Unidad	Valor	Criterios
1	Población	Pob	hab	117908	
2	Caudal de diseño máximo horario	Qmh	l/s	353.7	
			m ³ /h	1,273	
			m ³ /día	33,000	
3	Temperatura del agua en el mes más frío	T°agua	C°	8	
4	Profundidad del filtro para el medio plástico	ht	m	6.5	(mayor a 3m) Metcalf & Eddy
5	Numero de tanques	N	unidad	20	
6	Área superficial específica del medio	S	m ² /m ³	120	(98-196) Metcalf & Eddy
7	Tamaño nominal del medio (60x60x120) cm	Tnm	m ³	0.43	Metcalf & Eddy
8	Porcentaje de vacíos	%vacios	%	95	(94%-97%) Metcalf & Eddy
9	Área de orificios del falso fondo del sistema de drenaje	Aff	m ²	13.8	≥15% del área total del filtro (OS-090)
10	Espacio libre entre la parte inferior del distribuidor y el medio filtrante	Esp. libre	cm	22	(15-22.5) Metcalf & Eddy
11	Numero de brazos del distribuidor	A	unidad	4	
12	Pendiente de recolección del líquido del fondo	Pend	%	1	(1-2) (OS-090)
13	%DBO específica del efluente	SeDBO	%	80	(65-85) Jairo Alberto Romero R.

			mg/l	201.0	
14	DBO específica del afluente	SoDBO	mg/l	1,005.00	
		SoDBO	kg/m ³	1.01	
15	Eliminación de sólidos en suspensión	%S	S	50	(40 a 60) Jairo Alberto Romero R.
16	Concentración de sólidos en suspensión en la entrada	Cs	mg/l	1,283.10	
17	DQO específica del afluente	SoDQO	mg/l	1,950.00	
18	Porcentaje de remoción DQO en la salida	%DQO	%	65	(60-70) Jairo Alberto Romero R.

Fuente: Elaboración de los tesisas

g) Filtro percolador

Gráfico: 5.11 Esquema filtro percolador circular



Fuente: Elaboración de los tesisas

g.1 Caudal diseño

$$Q_{ds} = Q/N \quad (67)$$

$$Q_{ds} = 63.67 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{ds} = 1,650 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q_{ds} = 17.69 \text{ l/s}$$

g.2 Caudal de recirculación

$$Q_r = Q_{ds} * 2 \quad (68)$$

$$Q_r = 3,300 \text{ m}^3/\text{d}$$

g.3 Eficiencia del DBO

$$E = (S_{oDBO} - S_{eDQO}) / S_{oDBO} \quad (69)$$

$$E = 80 \%$$

g.4 Razón de recirculación

$$R = (1 - E) \quad (70)$$

$$R = 1$$

g.5 Constante de tratabilidad

$$K_h = 0.037 * (1.08)^{T-15} \quad (71)$$

$$K_h = 0.0216 \text{ m/d}$$

g.6 Concentración de DBO del afluente

$$S_{aDBO} = (S_{oDBO} + R * S_{eDBO}) / (1 + R) \quad (72)$$

$$S_{aDBO} = 603 \text{ mg/l}$$

g.7 Concentración de DBO en el efluente

$$S_{eDBO} = S_{aDBO} * (1 - (E/100)) \quad (73)$$

$$S_{eDBO} = 120.6 \text{ mg/l}$$

g.8 Concentración de sólidos suspensión en la salida

$$C_{SSS} = C_s * (1 - \%S) \quad (74)$$

$$C_{SSS} = 641.55 \text{ mg/l}$$

g.9 Concentración de DQO en el efluente

$$S_{eDQO} = S_{oDQO} * (1 - (E/100)) \quad (75)$$

$$Se_{DQO} = 682.5 \text{ mg/l}$$

g.10 Volumen del filtro

$$V = \frac{Q_{ds} \cdot \ln\left(\frac{S_{a_{DBO}}}{S_{e_{DBO}}}\right)}{K_h \cdot S} \quad (76)$$

$$V = 1,399.4 \text{ m}^3$$

g.11 Área superficial

$$A_s = V / h_t \quad (77)$$

$$A_s = 215.3 \text{ m}^2$$

g.12 Diámetro del filtro

$$D = 2 * \sqrt{A_s / \pi} \quad (78)$$

$$D = 16.56 \text{ m}$$

g.13 Carga hidráulica superficial

$$CHS = Q_r / A \quad (79)$$

$$CHS = 15 \text{ m}^3/\text{m}^2 * \text{d (8-40) OS-090}$$

$$= 0.64 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{h}$$

g.14 Carga orgánica volumétrica

$$COV = \frac{S_{o_{DBO}} * Q_{ds}}{V} \quad (80)$$

$$COV = 1.18 \text{ kg DBO}/\text{m}^3 * \text{d (0.4-4.8) OS-090}$$

g.15 Caudal de dosificación, cm/paso del brazo del distribuidor

$$\text{Dosif} = 19 * COV \text{ cm/paso} \quad (81)$$

$$\text{Dosif} = 22.51 \text{ cm/paso}$$

g.16 Velocidad de rotación del distribuidor, rpm

$$n = (1.66 * CHS) / (A * \text{Dosif}) \quad (82)$$

$$n = 0.01 \text{ r.p.m.}$$

Tabla N° 5.7: Datos de diseño para el cálculo del dimensionamiento del Sedimentador secundario circular.

Ítem	Datos de Diseño	Símbolo	Unidad	Valor	Criterios
1	Población	Pob	hab	117,908	

2	Caudal de diseño máximo horario	Qmh	l/s	353.724	
			m ³ /h	1273.406	
3	Velocidad ascensional a caudal de diseño	Va	m ³ /m ² *h	1.5	(1.0-2.5) OS-090
4	Carga superficial	CS	m/d	36	(24-60) OS-090
5	Tiempo hidráulico de residencia	THR	h	3	(1.5-4.0) OS-090
6	Numero de sedimentadores	N	unidad	10	
7	Distancia desde el vertedero a la pared interna de la cuba	R	m	0.5	
8	Eliminación de sólidos en suspensión	%S	%	62	(45%-70%)
9	Eliminación de DBO	%DBO	%	38	(30%-40%) OS-090
10	Concentración de sólidos en suspensión en la entrada del sedimentador	Cs	mg/l	641.55	
11	Concentración de DBO en la entrada del sedimentador	C _{DBO}	mg/l	120.60	
12	Concentración de fango sedimentados a la salida	Cf	kg/m ³	15	(10-30)
13	Borde libre de canal de recolección	b	m	0.2	

Fuente: Elaboración de los tesisas

h) Sedimentador secundario circular

h.1. Caudal máximo por sedimentador

$$Q_{ds} = (1.8 \cdot Q_d) / N \quad (83)$$

$$Q_{ds} = 127.34 \text{ m}^3/\text{h}$$

h.2. Superficie del sedimentador

$$A = Q_{ds} / V_a \quad (84)$$

$$A = 85 \text{ m}^2$$

h.3. Diámetro interno

$$\varnothing = (4 * A / \pi)^{0.5} \quad (85)$$

$$\varnothing = 10.4 \text{ m}$$

h.4. Volumen cilíndrico útil

$$V_u = Q_{ds} * T \quad (86)$$

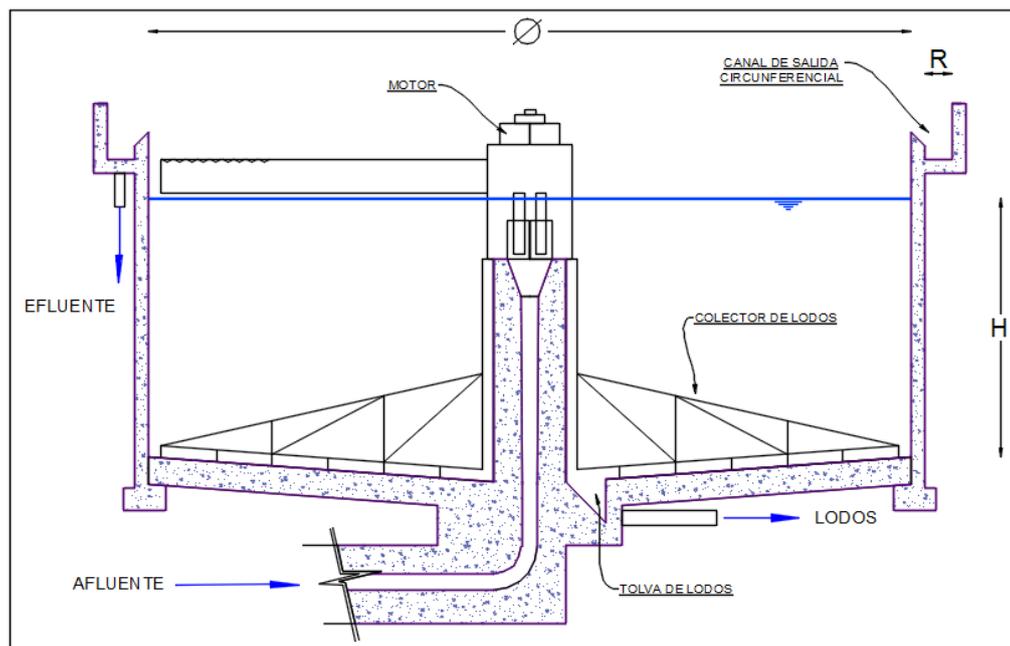
$$V_u = 382 \text{ m}^3$$

h.5. Profundidad cilíndrica útil

$$H = V_u / A \quad (87)$$

$$H = 4.5 \text{ m (3-5m) OS-090}$$

Gráfico: 5.12 Esquema sedimentador primario circular



Fuente: Elaboración de los tesisistas

h.6. Velocidad ascensional a caudal máximo

$$V_a = Q_{ds} / A \quad (88)$$

$$V_a = 1.5 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$$

h.7. Longitud del vertedero en sedimentador

$$L_v = 2 \cdot \pi \cdot (\phi/2 - R) \quad (89)$$

$$L_v = 29.5 \text{ m}$$

h.8. Carga máxima sobre el vertedero

$$C = Q_{ds}/L_v \quad (90)$$

$$C = 5.5 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{h} \\ (5.0-7.75)$$

$$C = Q_{md}/L_v \quad (91)$$

$$C = 132 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{d} \\ (125-500) \text{ OS-090}$$

h.9. Ancho de canal de recolección

$$a = R - 0.15 \quad (92)$$

$$a = 0.35 \text{ m}$$

h.10. Altura de canal de recolección

$$H_o = (Q_{ds}/(1.38 \cdot a))^{2/3} \quad (93)$$

$$H_o = 0.32 \text{ m}$$

h.11. Producción de fangos secundarios

$$PF = 24 \cdot Q_d \cdot C_s \cdot \%S/1000 \quad (94)$$

$$PF = 1,260 \text{ kg/día}$$

$$PF = Q_d \cdot C_s \cdot \%S/1000 \quad (95)$$

$$PF = 52.5 \text{ kg/h}$$

h.12. Caudal de fangos secundarios

$$QF \text{ secundarios} = QF/C_f \quad (96)$$

$$QF \text{ secundarios} = 3.5 \text{ m}^3/\text{h}$$

i.14. Concentración de sólidos en suspensión en la salida

$$C_{SS} = C_s^*(1-\%S) \quad (97)$$

$$C_{SS} = 229.4 \text{ mg/l}$$

i.15. Concentración de DBO en la salida

$$C_{DBO5} = C_{DBO}^*(1-\%DBO) \quad (98)$$

$$C_{DBO5} = 72.1 \text{ mg/l.}$$

Tabla N° 5.8: Datos de diseño para el dimensionamiento de la Cámara de Contacto

Ítem	Datos de Diseño	Símbolo	Unidad	Valor	Criterios
1	Caudal de diseño máximo horario	Q _{mh}	l/s	353.724	
			m ³ /día	33,000	
			m ³ /h	1273.406	
2	Dosis de cloro	Cl ₂	mg/L	6	(3 a 15) Romero Rojas
3	Temperatura del agua	T°agua	°C	19	
4	Tiempo contacto a caudal máximo horario	TCQ _{max}	min.	15	(15 a 30) Romero Rojas
5	Número de unidades	N	unidad	4	
6	Profundidad útil	h	m	4	Romero Rojas
7	Relación longitud/anchura de la balsa	Rel.		1.45	

Fuente: Elaboración de los tesisistas

i) Cámara de contacto

i.1. Caudal máximo por línea

$$Q_{ds} = Q_{max} / N \quad (99)$$

$$Q_{ds} = 318.35 \text{ m}^3/\text{h}$$

i.2. Consumo Medio de Cloro

$$\text{ConsumoCl}_2 = (Q_d/1000) * \text{Cl}_2 * 24 \quad (100)$$

$$\text{ConsumoCl}_2 = 183.37 \text{ kg/día}$$

$$\text{ConsumoCl}_2 = 7.64 \text{ kg/h}$$

i.3. Volumen Unitario de la Balsa

$$Vu = (\text{TCQmax}/60) * Qds \quad (101)$$

$$Vu = 79.59 \text{ m}^3$$

i.4. Volumen Total de la Balsa

$$Vt = Vu * N \quad (102)$$

$$Vt = 318.35 \text{ m}^3$$

i.5. Superficie Unitaria de la Balsa

$$As = Vu / h \quad (273) \quad (103)$$

$$As = 39.79 \text{ m}^2$$

i.6. Longitud de la Balsa

$$L = (As * ReI)^{1/2} \quad (104)$$

$$L = 7.60 \text{ m}$$

i.7. Anchura de la Balsa

$$H = As/L \quad (105)$$

$$H = 5.24 \text{ m}$$

5.1.3.1 Estimación de Costo de Construcción de Procesos Unitarios del Primer Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Utilizando Filtro Percolador y Tanque Imhoff

El primer diseño tiene como componentes: una cámara de rejas gruesas, rejas finas, un desarenador, una canaleta Parshall, veinte tanques Imhoff, veinte filtros percoladores circulares, diez sedimentadores primarios circulares, cámara de contacto y lecho de secado.

Cuadro N°5.01 Estimación de costo de construcción de procesos unitarios del primer diseño.

Ítem	Descripción	Sub total S/.	Total, S/.
01.00	Planta de tratamiento (01)		19,711,887.18
01.01	Cámara de rejas y desarenador	1,096,098.41	
01.02	Tanque imhoff	9,558,633.28	
01.03	Filtro percolador circular	3,250,485.83	
01.04	Sedimentador primario circular	1,790,048.79	
01.05	Tanque de contacto	848,357.87	
01.06	Lecho de secado	3,138,262.99	

Fuente: Elaboración de los tesisistas

Resumen de Resultados del Primer Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Utilizando Filtro Percolador y Tanque Imhoff.

Los parámetros como población, caudal, clima y carga orgánica definen los componentes, que son partes del primer diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales. Dicho PTAR el flujo de aguas residuales es trasladado por gravedad, ingresando por un pretratamiento que está compuesto por rejas gruesas, finas, desarenador y canal Parshall, pasando al tratamiento primario, lo cual lo componen un conjunto de tanques IMHOFF, seguidamente el flujo de agua es ingresado a un filtro percolador realizándose el tratamiento secundario, ingresando luego a los sedimentadores y finalmente a la cámara de contacto para ser tratada, para ser vertido a un cuerpo de agua, los lodos producidos son digeridos por los tanques IMHOFF, finalmente dichos lodos producidos por los filtros percoladores, sedimentadores y los tanques IMHOFF son trasladados a un lecho de secado, para ser transportados a relleno sanitario o para abono en los cultivos.

Tabla N° 5.09: Resumen de resultados del primer diseño de cámara de rejas gruesas

Cámara de rejas gruesas			
Ítem	Descripción	Unidad	Valor
1	Espesor de barras	mm	10
2	Separación entre barras	mm	40

3	Numero de barras	unidad	28
4	Ancho del canal	m	1.2
5	Tirante máximo	m	0.73
6	Producción de residuos solidos	m ³ /día	0.153

Fuente: Elaboración de los tesisas

El agua residual ingresara a la cámara de rejas gruesas, que es parte del pretratamiento, donde se eliminan residuos orgánicos o solidos gruesos de dimensiones mayores a 4 cm, generando una producción de residuos sólidos de 0.153 m³/día, siendo el ancho del canal de 1.2m con un tirante máximo de 0.73m, espesor de barras 1cm, la separación 4cm y un total de 28 barras.

Tabla N° 5.10: Resumen de resultados del primer diseño de cámara de rejas finas

Ítem	Descripción	Unidad	Valor
	Cámara de rejas finas		
1	Espesor de barras	mm	6
2	Separación entre barras	mm	15
3	Numero de barras	unidad	53
4	Ancho del canal	m	1.2
5	Tirante máximo	m	0.45
6	Producción de residuos solidos	m ³ /día	1.14

Fuente: Elaboración de los tesisas

La cámara de rejas finas que es parte del pretratamiento, donde el agua residual fluirá y pasara a través rejas o cribas donde se eliminan residuos orgánicos o solidos medianos en suspensión de dimensiones mayores a 1.5 cm generando una producción de residuos sólidos de 1.14 m³/día, siendo el ancho del canal de 1.2m con un tirante máximo de 0.45 m, espesor de barras 0.6 cm, la separación 1.5 cm y un total de 53 barras.

Tabla N° 5.11: Resumen de resultados del primer diseño del desarenador.

	Desarenador		
1	Numero de desarenadores	unidad	2
2	Ancho del desarenador	m	1.2
3	Largo del desarenador	m	18.5

4	Altura del sedimentador	m	0.59
5	Altura de la zona de recolección de arena	m	0.77
6	Volumen del desarenador	m ³	8.69
7	Altura del desarenador	m	1.95
8	Volumen de arena recogida por semana	m ³ /sem	11.3

Fuente: Elaboración de los tesisistas

El desarenador que es otro elemento del pretratamiento, lo cual se diseñó dos cámaras para hacer la limpieza, mantenimiento y traslado de la arena sedimentada y otros, siendo un volumen de 11.3 m³/semana, donde el agua ingresara por esta superficie con una velocidad de flujo constante de 0.3m/s, lo cual ayudara a remover partículas finas mayores a 2mm hasta un 95%, como arena, semillas, cascara y otras materias minerales, siendo esto posible con una velocidad de sedimentación de 0.012m/s, longitud de 18.5m, ancho de 1.2m, altura 1.95m y finalmente un vertedero a la salida para la medición de caudales.

Tabla N° 5.12: Resumen de resultados de tanque imhoff.

1	Numero de tanques	unidad	20
2	Numero de sedimentadores por tanque	unidad	2
3	Numero de tolvas por sedimentador	unidad	2
4	Ancho de cada zona del sedimentador	m	3.5
5	Ancho de la zona de ventilación	m	1
6	Longitud de cada zona de sedimentador	m	12
7	Área de cada sedimentador	m ²	39.79
8	Volumen de cada sedimentador	m	63.67
9	Volumen total del IMhoff	m ³	1,077.37
10	Altura de cada tanque sedimentador triangular	m	2.32
11	Altura de cada tanque sedimentador rectangular	m	0.44
12	Altura de la zona piramidal en la zona de digestión	m	1.24
13	Altura de la zona rectangular en la zona de digestión	m	5.1
14	Altura total del Imhoff	m	10
15	Concentración de DBO en el efluente	mg/l	1,005
16	Concentración de solidos suspendidos en la salida	mg/l	1,283.10
17	Volumen de lodos digeridos	l/día	6,518.22
18	Tiempo de digestión	días	89

19	Volumen de lodos removidos por ciclo de operación	m ³	20,416
20	Área total de lecho de secado por ciclo de operación	m ²	81,660.90
21	Longitud de cada lecho de secado	m	55

Fuente: Elaboración de los tesisas

El tanque IMHOFF es un sistema de anaerobio de dos pisos. El tanque consta de un compartimiento inferior para digestión de los sólidos sedimentados y de una cámara superior de sedimentación. Los sólidos sedimentados pasan a través de la abertura del compartimiento superior hacia la zona de digestión. La espuma se acumula en la zona sedimentación y en las zonas de ventilación adyacentes a las cámaras de sedimentación. El gas producido en el proceso de digestión, en la cámara de lodos, escapa a través de la zona de ventilación.

El tanque IMHOFF la cámara de sedimentación tiene dimensiones 12m, profundidad zona del sedimentador de 2.32 m y profundidad del fondo del sedimentador 0.44m, esta cámara de sedimentación ayudara que los sólidos suspendidos sean removidos y pasen hacia la cámara de digestión, donde se almacenaran los lodos este tiene una profundidad de 5.1m, la cámara de natas y área de ventilación tendrá un espaciamiento libre de 1 m, siendo la profundidad total de 10 m.

Tabla N° 5.13: Resumen de resultados del primer diseño del filtro percolador.

1	Numero de tanques	unidad	20
2	Volumen de cada filtro percolador	m ³	1,399.4
3	Área de cada filtro percolador	m ²	215.3
4	Diámetro de cada filtro percolador	m	16.56
5	Altura de cada filtro percolador	m	6.5
6	Concentración de DBO en el efluente	mg/l	120.6
7	Concentración de solidos suspendidos en la salida	mg/l	641.55
8	Concentración de DQO en el efluente	mg/l	682.5
9	Área superficial especifica del medio	m ² /m ³	120

Fuente: Elaboración de los tesisas

El filtro percolador realiza el tratamiento secundario de las aguas residuales, tiene cuatro brazos distribuidores rotatorios, medio filtrante, área de ventilación, reja de soporte de drenaje, canal de drenaje.

El volumen de cada filtro 1,399.4 m³, área 215.3 m², diámetro 16.56m, un medio filtrante 120 m²/m³, altura de 6.5m generando una remoción de DBO 80 % (120.6mg/L), una concentración de sólidos suspendidos en la salida 50% (641.55mg/L) y una concentración de DQO 65% (477.75 mg/l).

Siendo la función de degradar toda materia orgánica por medio bacterias adheridas al medio filtrante modular corrugado PVC, produciendo un proceso de estabilización que se encarga de absorber material orgánico microscópico de las aguas residuales como son bacteria hongos, virus y otros organismos.

Tabla N° 5.14: Resumen de resultados del primer diseño de sedimentadores primarios.

1	Numero de tanques	unidad	10
2	Volumen de cada sedimentador	m ³	382
3	Área de cada sedimentador	m ²	85
4	Diámetro de cada sedimentador	m	10.4
5	Altura de cada sedimentador	m	4.5
6	Longitud del vertedero en el sedimentador	m	29.5
7	Concentración de DBO en el efluente	mg/l	72.06
8	Concentración de sólidos suspendidos en la salida	mg/l	229.35
9	Producción de fangos primarios	Kg/día	1,260

Fuente: Elaboración de los tesisistas.

Los sedimentadores secundarios son componentes del tratamiento secundario, ingresando el flujo de agua en la parte superior por gravedad, haciendo reposar el agua residual y el lodo acumulando en el fondo, el líquido sale por rebosado a través del canal perimetral. El volumen de cada sedimentador 382 m³, área de cada sedimentador 85m², diámetro de cada sedimentador 10.4m altura de cada sedimentador 3.75 m y una longitud del vertedero 48.5m, generando una concentración de DBO de 38% (72.06kg/L), concentración de sólidos suspendidos

62% (229.35 mg/L) y un tiempo de residencia 3 horas, una producción de fangos primarios 1,260 kg/día, siendo transportados a relleno sanitario.

Tabla N° 5.15: Resumen de resultados del primer diseño de cámara de contacto.

1	Numero de tanques	unidad	4
2	Volumen unitario útil de la balsa	m ³	159.18
3	Superficie unitaria de la balsa	m ²	39.79
4	Longitud de la balsa	m	7.60
	Altura de la balsa	m	4
5	Anchura de la balsa	m	5.24
6	Consumo medio de cloro	kg/h	7.64

Fuente: Elaboración de los tesisistas

La cámara de cloración tiene dimensiones de longitud de la balsa 7.6m, ancho de la balsa 5.4m, superficie unitaria de la balsa 39.79m², volumen unitario útil de la balsa 159.18m³ y una dosificación de cloro 7.64 kg/h.

5.1.4 Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Utilizando Filtro Percolador y Digestor Anaerobio.

Para realizar la segunda propuesta plantea los siguientes componentes:

- a) Cámara de rejillas gruesas
- b) Cámara de rejillas finas
- c) Desarenador
- d) Canaleta Parshall
- e) Sedimentador primario circular
- f) Filtro percolador circular
- g) Sedimentador secundario circular
- h) Digestor anaerobio primario y secundario
- i) Lecho de secado
- j) Cámara de contacto

Para el segundo diseño la cámara de rejas gruesas, finas, desarenador y canaleta Parshasll son elementos del pretratamiento, por lo tanto, ya se calcularon en el primer diseño, en este segundo diseño se calcularán los restantes como son:

Sedimentadores primarios y secundarios, filtro percoladores, digestor anaerobio primario y secundario y finalmente cámara de contacto, ya que estos elementos dependen de la carga orgánica.

Calculo de la Segunda Propuesta para la Planta Tratamiento de Aguas Residuales Utilizando Filtro Percolador y Digestor Anaerobio.

- Población futura = 117,908 hab.
- Caudal de contribución = 353.724 L/S

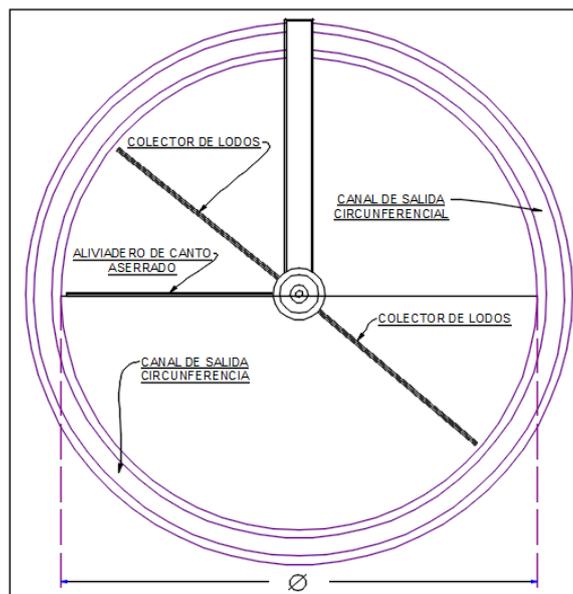
Tabla N° 5.16: Datos de diseño para el cálculo del dimensionamiento del sedimentador circular primario

Ítem	Datos de Diseño	Símbolo	Unidad	Valor	Criterios
1	Población	Pob	hab	117,908	
2	Caudal de diseño máximo horario	Qmh	m ³ /h	1,299	
3	Velocidad ascensional a caudal de diseño	Va	m ³ /m ² *h	1.5	(1.0-2.5) OS-090
			m/h	36	(24-60)
4	Tiempo hidráulico de residencia	THR	h	2.5	(1.5-4.0) OS-090
5	Numero de sedimentadores	N	unidad	2	
6	Distancia desde el vertedero a la pared interna de la cuba	R	m	0.5	
7	Eliminación de sólidos en suspensión	%S	%	55	(50%-60%) OS-090
8	Eliminación de DBO	%DBO	%	35	(30%-40%) OS-090
9	Concentración de sólidos en suspensión en la	Cs	mg/l	2730	

	entrada del sedimentador				
10	Concentración de DBO en la entrada del sedimentador	C_{DBO}	mg/l	1500	
11	Concentración de fango sedimentados a la salida	C_f	kg/m ³	15	(10-30)
12	Borde libre de canal de recolección	b	m	0.2	

Fuente: Elaboración de los tesisistas

Gráfico: 5.13 Esquema de planta de un sedimentador primario circular



Fuente: Elaboración de los tesisistas

e) Sedimentador primario circular

e.1. Caudal máximo por sedimentador

$$Q_{ds} = (1.8 \cdot Q_d) / N \quad (106)$$

$$Q_{ds} = 649.79 \text{ m}^3/\text{h}$$

e.2. Superficie del sedimentador

$$A = Q_{ds} / V_a \quad (107)$$

$$A = 433.19 \text{ m}^2$$

e.3. Diámetro interno

$$\varnothing = (4 * A/\pi)^{0.5} \quad (108)$$

$$\varnothing = 23.49 \text{ m}$$

e.4. Volumen cilíndrico útil

$$V_u = Q_{ds} * T \quad (109)$$

$$V_u = 1,624.47 \text{ m}^3$$

e.5. Profundidad cilíndrica útil

$$H = V_u / A \quad (110)$$

$$H = 3.75 \text{ m (3-5) OS-090}$$

e.6. Velocidad ascensional a caudal máximo

$$V_a = Q_{ds} / A \quad (111)$$

$$V_a = 1.5 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$$

e.7. Longitud del vertedero en sedimentador

$$L_v = 2 * \pi * (\varnothing/2 - R) \quad (112)$$

$$L_v = 70.64 \text{ m}$$

e.8. Carga máxima sobre el vertedero

$$C = Q_{ds}/L_v \quad (113)$$

$$C = 9.20 \text{ m}^3/\text{m}^*\text{h (5.0-7.75)}$$

$$C = Q_{md}/L_v \quad (114)$$

$$C = 221 \text{ m}^3/\text{m}^*\text{d (125-500) OS-090}$$

e.9. Ancho de canal de recolección

$$a = R - 0.15 \quad (115)$$

$$a = 0.35 \text{ m}$$

e.10. Altura de canal de recolección

$$H_o = (Q_{ds}/(1.38 * a))^{2/3} \quad (116)$$

$$H_o = 0.52 \text{ m}$$

e.11. Producción de fangos primarios

$$PF = 24 \cdot Q_d \cdot C_s \cdot \%S / 1000 \quad (117)$$

$$PF = 23,415.77 \text{ kg/día}$$

$$PF = Q_d \cdot C_s \cdot \%S / 1000 \quad (118)$$

$$PF = 975.66 \text{ kg/h}$$

e.12. Caudal de fangos primarios

$$QF \text{ primarios} = QF / C_f \quad (119)$$

$$QF \text{ primarios} = 65.04 \text{ m}^3/\text{h}$$

e.14. Concentración de sólidos en suspensión en la salida

$$C_{sss} = C_s \cdot (1 - \%S) \quad (120)$$

$$C_{sss} = 1,228.50 \text{ mg/l}$$

e.15. Concentración de DBO en la salida

$$C_{DBO5} = C_{DBO} \cdot (1 - \%DBO) \quad (121)$$

$$C_{DBO5} = 975 \text{ mg/l.}$$

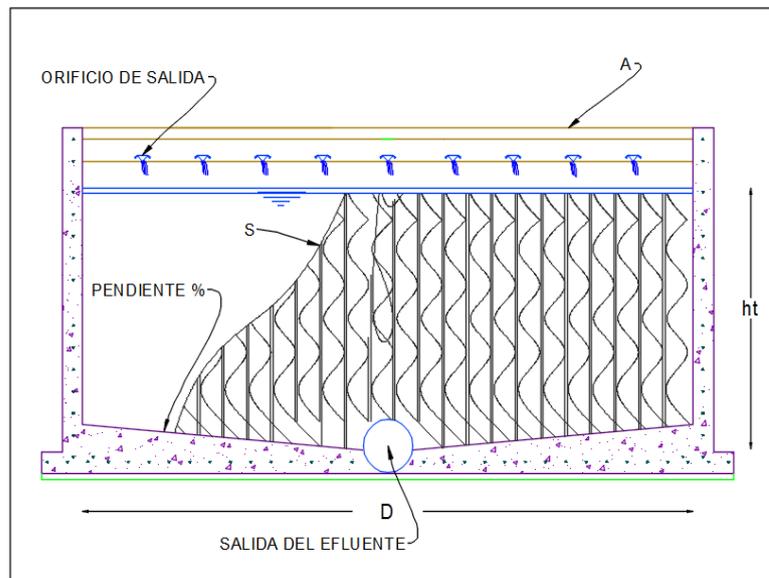
Tabla N° 5.17 Datos del segundo diseño para el cálculo del dimensionamiento del Filtro percolador circular

Ítem	Datos de Diseño	Símbolo	Unidad	Valor	Criterios
1	Población	Pob	hab	117908	
2	Caudal de diseño máximo horario	Qmh	l/s	361	
			m ³ /h	1,299.6	
			m ³ /día	33,000	
3	Temperatura del ambiente en mes más frío	T°amb	C°	15	
4	Temperatura del agua en el mes más frío	T°agua	C°	8	
5	Profundidad del filtro para el medio plástico	ht	m	6.5	(menor a 12m) OS-090

6	Numero de tanques	N	unidad	4	
7	Área superficial específica del medio	S	m ² /m ³	120	(98-196) Metcalf & Eddy
8	Tamaño nominal del medio (60x60x120)	Tnm	m ³	0.43	Metcalf & Eddy
9	Porcentaje de vacíos	%vacios	%	95	(94%-97%) Metcalf & Eddy
10	Área de orificios del falso fondo del sistema de drenaje	Aff	m ²	161.46	≥15% del área total del filtro (OS-090)
11	Espacio libre entre la parte inferior del distribuidor y el medio filtrante	Esp. libre	cm	22	(15-22.5) Metcalf & Eddy
12	Numero de brazos del distribuidor	A	unidad	4	
13	Pendiente de recolección del líquido del fondo	Pend	%	1	(1-2) (OS-090)
14	%DBO en el efluente	%DBO	%	80	(65-85) Jairo Alberto Romero R.
15	DBO específica del efluente	Se	mg/l	195	
16	DBO específica del afluente	So	mg/l	975	
		So	kg/m ³	0.9	
17	Eliminación de sólidos en suspensión	%S	S	55	(40 a 60) Jairo Alberto Romero R.
18	Concentración de sólidos en suspensión en la entrada	Cs	mg/l	1,228.50	
19	DQO específica del afluente	SoDQO	mg/l	1950	
20	%DQO en el efluente	%DQO	%	65	(60-70) Jairo Alberto Romero R.

Fuente: Elaboración de los tesisistas

Gráfico: 5.14 Esquema de planta de un filtro percolador circular



Fuente: Elaboración de los tesisistas

f) Filtro percolador circular

f.1 Caudal máximo

$$Q_{ds} = Q_d/N \quad (122)$$

$$Q_{ds} = 324.89 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{ds} = 8,250 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q_{ds} = 90.25 \text{ l/s}$$

f.2 Caudal de recirculación

$$Q_r = Q_{ds} * 2 \quad (123)$$

$$Q_r = 16,500 \text{ m}^3/\text{d}$$

f.3 Eficiencia del DBO

$$E = (S_o - S_e) / S_o \quad (124)$$

$$E = 80 \%$$

f.4 Razón de recirculación

$$R = (1 - 2) \quad (125)$$

$$R = 1$$

f.5 Constante de tratabilidad

$$K_h = 0.037*(1.08)^{T-15} \quad (126)$$

$$K_h = 0.0216 \text{ m/d}$$

f.6 Concentración de DBO del afluente

$$S_{a_{DBO}} = (S_{o_{DBO}} + R * S_{e_{DBO}}) / (1 + R) \quad (127)$$

$$S_{a_{DBO}} = 585 \text{ mg/l}$$

f.7 Concentración de DBO en el efluente

$$S_{e_{DBO}} = S_{a_{DBO}} * (1 - (E/100)) \quad (128)$$

$$S_{e_{DBO}} = 117 \text{ mg/l}$$

f.8 Concentración de DQO en el efluente

$$S_{e_{DQO}} = S_{a_{DQO}} * (1 - (E/100)) \quad (129)$$

$$S_{e_{DQO}} = 682.50 \text{ mg/l}$$

f.9 Concentración de DBO de solidos suspensión en la salida

$$C_{SSS} = C_s * (1 - \%S) \quad (130)$$

$$C_{SSS} = 552.83 \text{ mg/l}$$

f.10 Volumen del filtro

$$V = \frac{Q d s * \ln\left(\frac{S_{a_{DBO}}}{S_{e_{DBO}}}\right)}{K_h * S} \quad (131)$$

$$V = 6,997.0 \text{ m}^3$$

f.11 Área superficial

$$A_s = V / h t \quad (132)$$

$$A_s = 1076.46 \text{ m}^2$$

f.10 Diámetro del filtro

$$D = 2 * \sqrt{A_s / \pi} \quad (133)$$

$$D = 37.02 \text{ m}$$

f.11 Carga hidráulica superficial

$$CHS = Q_r / A \quad (134)$$

$$CHS = 15 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d} \text{ (8-40) OS-090}$$

$$CHS = 0.64 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{h}$$

f.12 Carga Orgánica Volumétrica

$$COV = \frac{S_{ODBO} \cdot Q_{ds}}{V} \quad (135)$$

$$COV = 1.15 \text{ kg DBO}/\text{m}^3 \cdot \text{d} \text{ (0.4-4.8) OS-090}$$

f.13 Caudal de Dosificación, cm/paso del Brazo del Distribuidor

$$\text{Dosif} = 19 \cdot COV \text{ cm/paso} \quad (136)$$

$$\text{Dosif} = 21.84 \text{ cm/paso}$$

f.14 Velocidad de Rotación del Distribuidor, rpm

$$n = (1.66 \cdot CHS) / (A \cdot \text{Dosif}) \quad (137)$$

$$n = 0.024 \text{ r.p.m.}$$

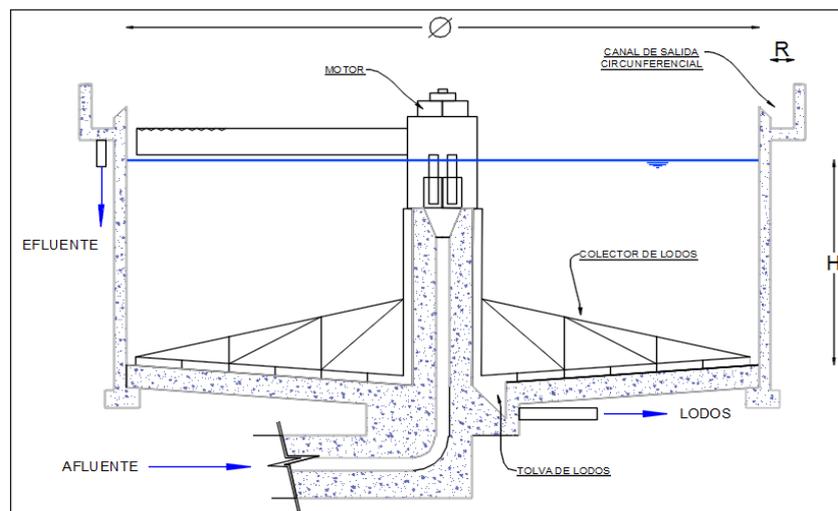
Tabla N° 5.18: Datos del segundo diseño para el cálculo del dimensionamiento del sedimentador secundario circular

Ítem	Datos de Diseño	Símbolo	Unidad	Valor	Criterios
1	Población	Pob	hab	117,908	
2	Caudal de diseño máximo horario	Q _{mh}	l/s	360.99	
			m ³ /h	1,299.6	
3	Velocidad ascensional a caudal de diseño	V _a	m ³ /m ² ·h	0.8	(0.5-1.0) Ricardo Isla de Juana
			m/h	19.2	
4	Tiempo hidráulico de residencia	THR	h	4	(3-6) Ricardo Isla de Juana
5	Numero de sedimentadores	N	unidad	2	

6	Distancia desde el vertedero a la pared interna de la cuba	R	m	0.5	
7	Eliminación de sólidos en suspensión	%S	%	55	(50%-60%) OS-090
8	Eliminación de DBO	%DBO	%	35	(30%-40%) OS-090
9	Concentración de sólidos en suspensión en la entrada del sedimentador	Cs	mg/l	552.83	
10	Concentración de DBO en la entrada del sedimentador	C _{DBO}	mg/l	117	
11	Concentración de fango sedimentados a la salida	Cf	kg/m ³	15	(10-30)
12	Borde libre de canal de recolección	b	m	0.2	

Fuente: Elaboración de los tesisas

Gráfico: 5.15 Esquema de perfil de un sedimentador secundario circular



Fuente: Elaboración de los tesisas

g) Sedimentador secundario circular

g.1. Caudal máximo por sedimentador

$$Q_{ds} = (1.8 \cdot Q_d) / N \quad (138)$$

$$Q_{ds} = 640.79 \text{ m}^3/\text{h}$$

g.2. Superficie del sedimentador

$$A = Q_{ds} / V_a \quad (139)$$

$$A = 812.24 \text{ m}^2$$

g.3. Diámetro interno

$$\varnothing = (4 \cdot A / \pi)^{0.5} \quad (140)$$

$$\varnothing = 32.16 \text{ m}$$

g.4. Volumen cilíndrico útil

$$V_u = Q_{ds} \cdot T \quad (141)$$

$$V_u = 2,599 \text{ m}^3$$

g.5. Profundidad cilíndrica útil

$$H = V_u / A \quad (142)$$

$$H = 3.20 \text{ m (3-5) OS-090}$$

g.6. Velocidad ascensional a caudal máximo

$$V_a = Q_{ds} / A \quad (143)$$

$$V_a = 0.8 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$$

g.7. Longitud del vertedero en sedimentador

$$L_v = 2 \cdot \pi \cdot (\varnothing/2 - R) \quad (144)$$

$$L_v = 98 \text{ m}$$

g.8. Carga máxima sobre el vertedero

$$C = Q_{ds} / L_v \quad (145)$$

$$C = 6.64 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{h} \quad (5.0-7.75)$$

$$C = Q_{md} / L_v \quad (146)$$

$$C = 159.32 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{d} \quad (125-500) \text{ OS-090}$$

g.9. Ancho de canal de recolección

$$a = R - 0.15 \quad (147)$$

$$a = 0.35 \text{ m}$$

g.10. Altura de canal de recolección

$$H_o = (Q_{ds} / (1.38 * a))^{2/3} \quad (148)$$

$$H_o = 0.52 \text{ m}$$

g.11. Producción de fangos primarios

$$PF = 24 * Q_d * C_s * \%S / 1000 \quad (149)$$

$$PF = 4,741.69 \text{ kg/día}$$

$$PF = Q_d * C_s * \%S / 1000 \quad (150)$$

$$PF = 197.57 \text{ kg/h}$$

g.12. Caudal de fangos primarios

$$QF \text{ primarios} = QF / C_f \quad (151)$$

$$QF \text{ primarios} = 13.17 \text{ m}^3/\text{h}$$

g.14. Concentración de sólidos en suspensión en la salida

$$C_{sss} = C_s * (1 - \%S) \quad (152)$$

$$C_{sss} = 248.77 \text{ mg/l}$$

g.15. Concentración de DBO en la salida

$$C_{DBO5} = C_{DBO} * (1 - \%DBO) \quad (153)$$

$$C_{DBO5} = 76.05 \text{ mg/l}$$

Tabla N° 5.19: Datos de diseño para el cálculo del dimensionamiento del digestor anaerobio primario y secundario

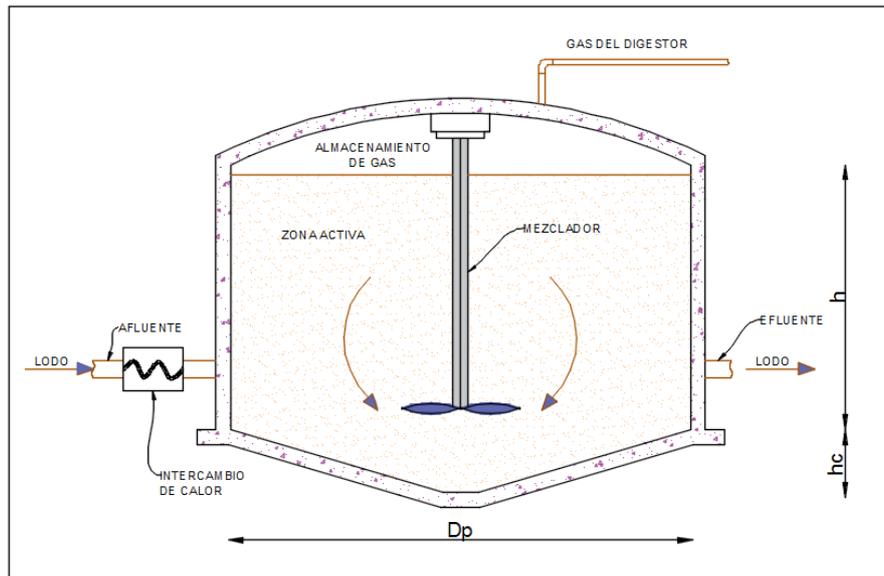
Ítem	Datos de Diseño	Símbolo	Unidad	Valor	Criterios
	DIGESTOR PRIMARIO				
1	Población	Pob	hab	117,908	
2	Caudal de diseño máximo horario	Qmh	l/s	361	

			m ³ /h	1.299.6	
			m ³ /día	33000	
			g/m ³	424.05	
3	Sólidos suspendidos totales	SST	mg/l	2,730	
			g/m ³	248.77	
4	Densidad relativa del lodo	Dr		1.020	Ver anexo 4.08
5	Porcentaje de humedad del lodo	%HL	%	93	Ver anexo 4.08
6	Porcentaje de sólidos del lodo	%SL	%	7	
7	Temperatura en el digestor	T°agua	°C	24	(20°C-40°C) Ricardo Isla de Juana
8	Eficiencia del digestor	E	%	0.7	Ricardo Isla de Juana
9	Numero de digestores primarios	N	Unidad	2	
10	Coefficiente de producción	Y	gSSV/gDBO	0.06	(0.04-0.1) Jairo Alberto Romero R.
11	Constante de respiración endógena	kd	d ⁻¹	0.03	(0.02-0.04) Jairo Alberto Romero R.
12	Tiempo de retención del digestor primario (sin zona de gas)	θ_c	días	20	(10-30) Ricardo Isla de Juana
13	Reducción de volátiles esperada en el fango digerido	%RSV	%	40	(30-60) Ricardo Isla de Juana
14	Sólidos volátiles contenidos en el fango sin digerir	%SV	%	50	(40-70) Ricardo Isla de Juana
15	Altura cilíndrica útil del digestor primario (sin zona de gas)	h	m	8	Ricardo Isla de Juana

16	Altura del fondo cónico del digestor primario	hc	m	2	Ricardo Isla de Juana
	DIGESTOR SECUNDAFRIO				
17	Tiempo de retención del digestor secundario (sin zona de gas)	θ_c	días	6	Ricardo Isla
18	Altura cilíndrica útil del digestor secundario (sin zona de gas)	h	m	8	Ricardo Isla
19	Altura del fondo cónico del digestor secundario	hc	m	2.00	Ricardo Isla
20	Numero de digestores secundarios	N	Unidad	1.00	
21	% de metano en el gas	%metano	%	65	(65-70) Romero Rojas
22	Solidos volátiles contenidos en el fango sin digerir	%SV	%	50	(40-70) Ricardo Isla
23	Pendiente de recolección del líquido del fondo	Pend.	%	1.00	(1-2) (O.S.090)
24	DQO específica del afluente	SoDQO	mg/l	682.50	
25	% de remoción DQO del efluente	%DQO	%	55	(50-65) Jairo Alberto Romero R.

Fuente: Elaboración de los tesistas

Gráfico: 5.16 Esquema de un digestor primario



Fuente: Elaboración de los tesisistas

h) Digestor anaerobio primario y secundario

h.1 Caudal diario del lodo primario

$$Q_L = \frac{ST * Q_d}{Dr * \%SL} \quad (154)$$

$$Q_L = 52.57 \text{ m}^3/\text{h} = 1,261.76 \text{ m}^3/\text{día}$$

h.2 Solidos contenidos en los lodos primarios

$$S_{cl} = Q_L * Dr * \%SL \quad (155)$$

$$S_{cl} = 90,090.00 \text{ kg/día}$$

h.3 Carga orgánica DBO

$$CO = S_o * Q_d \quad (156)$$

$$CO = 2,509.65 \text{ kg DBO/día}$$

h.4 Carga orgánica volumétrica

$$COV = CO/V \quad (157)$$

$$COV = 0.07 \text{ kg DBO/m}^3 \cdot \text{d}$$

h.5 Caudal diario del lodo secundario

$$Q_L = (ST * Q_d) / (Dr * \%SL) \quad (158)$$

$$\begin{aligned}
 QL &= 26.29 \text{ m}^3/\text{h} \\
 &= 630.88 \text{ m}^3/\text{día}
 \end{aligned}$$

h.6 Sólidos contenidos en los lodos secundarios

$$\begin{aligned}
 Scl &= QL * Dr * \%SL && (159) \\
 Scl &= 45,045.00 \text{ kg/día}
 \end{aligned}$$

h.7 Caudal total de fangos a digerir

$$\begin{aligned}
 QL_{\text{total}} &= QL_{\text{primario}} + QL_{\text{secundario}} && (160) \\
 QL_{\text{total}} &= 78.86 \text{ m}^3/\text{h}
 \end{aligned}$$

h.8 Sólidos totales contenidos en los fangos a digerir

$$\begin{aligned}
 SF &= Scl(\text{primario}) + Scl(\text{secundario}) && (161) \\
 SF &= 135,135.00 \text{ kg/día}
 \end{aligned}$$

h.9 Concentración de los fangos a digerir

$$\begin{aligned}
 CF &= Scl(\text{totales}) / QL(\text{total}) && (162) \\
 CF &= 71.40 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

h.10 Caudal diario de fangos a digerir

$$\begin{aligned}
 Q(\text{diario}) &= QL(\text{totales}) * 24 && (163) \\
 Q(\text{diario}) &= 1,892.65 \text{ m}^3/\text{día}
 \end{aligned}$$

h.11 Sólidos volátiles contenidos en los fangos a digerir

$$\begin{aligned}
 SV &= Scl(\text{totales}) * \%SV && (164) \\
 SV &= 67,567.50 \text{ kg/día}
 \end{aligned}$$

h.12 Volumen total de digestores primarios (sin zona de gas)

$$\begin{aligned}
 VTp &= \theta_c * CF(\text{diario}) && (165) \\
 VTp &= 37,852.94 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

h.13 Volumen unitario de digestores primarios (sin zona de gas)

$$V_u = V_{Tp} / N \quad (166)$$

$$V_u = 18,926.47 \text{ m}^3$$

h.14 Carga de solidos volátiles en digestores primarios

$$CSV = St * \%SV / V_{Tp} \quad (167)$$

$$CSV = 1.79 \text{ kg SSV/m}^3 \cdot \text{día}$$

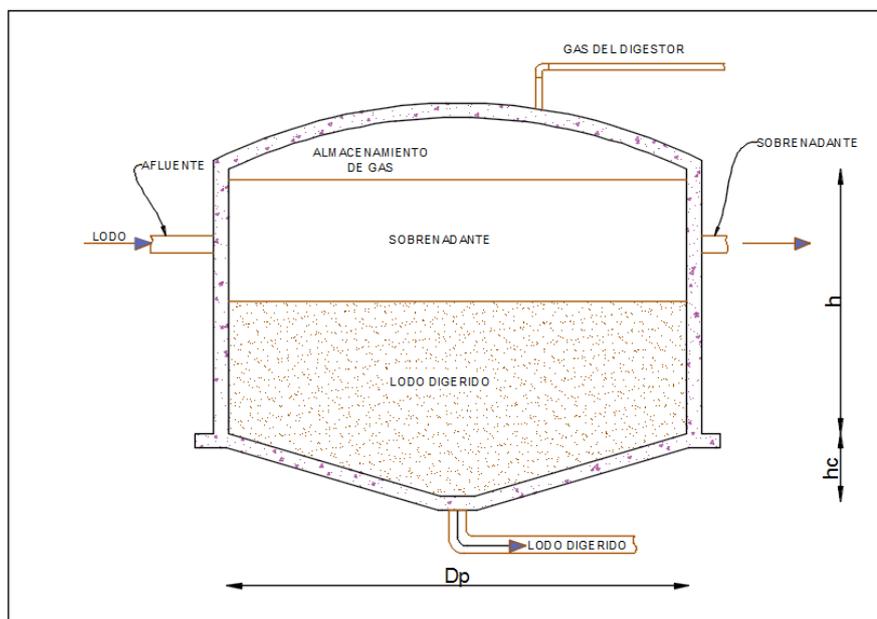
$$(1.6-8.0) \text{ kgSSV/m}^3 \cdot \text{día OS-090}$$

h.15 Diámetro interno del digestor primario

$$D_p = \left(\frac{V U_p}{\left(\frac{\pi * h}{4} \right) + \left(\frac{\pi * h c}{12} \right)} \right)^{0.5} \quad (168)$$

$$D_p = 52.7 \text{ m}$$

Gráfico: 5.11 Esquema de un digestor secundario



Fuente: Elaboración de los tesisistas

h.16 Volumen total de digestores secundario (sin zona de gas)

$$V_{Ts} = \theta c * CF(\text{diario}) \quad (169)$$

$$V_{Ts} = 11,356 \text{ m}^3$$

h.17 Volumen unitario de digestores secundario (sin zona de gas)

$$VUs = VTs/N \quad (170)$$

$$VUs = 11,356\text{m}^3$$

h.18 Diámetro interno del digester secundario

$$Ds = \left(\frac{VUs}{\left(\frac{\pi * h}{4}\right) + \left(\frac{\pi * hc}{12}\right)} \right)^{0.5} \quad (171)$$

$$Ds = 40.9\text{m}$$

h.19 Carga de solidos volátiles en digestores primarios + secundarios

$$CSV = St * \%SV / VTp \quad (172)$$

$$CSV = 1.37 \text{ kgSSV/m}^3 \cdot \text{día}$$

h.20 Gas producido por la digestión

$$GAS = 0.65 * \%RSV * SV \quad (173)$$

$$GAS = 17,567.55 \text{ m}^3/\text{día}$$

h.21 Solidos totales contenidos en los fangos digeridos

$$SFd = SV * (1 - \%RSV) + (SF - SV) \quad (174)$$

$$SFd = 108,108.00 \text{ kg/día}$$

h.22 Solidos volátiles contenidos en los fangos digeridos

$$SVd = SV * (1 - \%RSV) \quad (175)$$

$$SVd = 40,540.50 \text{ kg/día}$$

h.23 Concentración de los fangos digeridos

$$CFd = SFd / CF(\text{diario}) \quad (176)$$

$$CFd = 57.12 \text{ kg/m}^3$$

h.24 Tiempo de retención de solidos

$$TRS = ((VTp + VTs) * CFd) / SFd \quad (177)$$

$$TRS = 26 \text{ días}$$

h.25 Remoción de DQO en el efluente

$$SeDQO = SaDQO * (1 - \%DQO/100) \quad (178)$$

$$SeDQO = 307.13 \text{ mg/l}$$

i) Diseño de lecho de secado

i.1 Sólidos totales contenidos en los fangos digeridos

$$SFd = SV * (1 - \%RSV) + (SF - SV) \quad (179)$$

$$SFd = 85,148.25 \text{ kg/día}$$

i.2 Masa de sólidos que conforman los lodos

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C + 0.5 * 0.3 * C) \quad (180)$$

$$Msd = 27,673.18 \text{ kg/día}$$

i.3 Volumen diario de lodos digeridos

$$Vld = Msd / (\rho_{\text{lodo}} * \% \text{ de sólidos}) \quad (181)$$

$$Vld = 271,305.70 \text{ L/día}$$

i.4 Volumen de lodos a extraer del tanque

$$Vel = Vld * TRD / 1000 \quad (182)$$

$$Vel = 7,053.95 \text{ m}^3$$

i.5 Área total de lecho de secado

Ha = profundidad de aplicación de lodo en lecho de secado

$$Ha = 0.25 \text{ m (0.2 a 0.4) OS-090}$$

$$ATIs = Vel / Ha \quad (183)$$

$$ATIs = 28,215.79 \text{ m}^2$$

i.6 Área de un lecho de secado

NIs = 30 (número de lecho de secado)

$$AIs = ATIs / NIs \quad (184)$$

$$AIs = 940.53 \text{ m}^2$$

i.7 Ancho de lecho de secado

$$WIs = 20\text{m} (>10\text{m OS-090})$$

i.8 Largo de lecho de secado

$$LIs = AIs/WIs \quad (185)$$

$$LIs = 47 \text{ m}^2$$

Tabla N° 5.20: Datos de diseño para el cálculo del dimensionamiento de la cámara de contacto

Ítem	Datos de Diseño	Símbolo	Unidad	Valor	Criterios
1	Caudal de diseño máximo horario	Qmh	l/s	353.724	
			m ³ /día	33,000	
			m ³ /h	1273.406	
2	Dosis de cloro	Cl ₂	mg/L	6	(4 a 15) Romero Rojas
3	Temperatura del agua	T°agua	°C	19	
4	Tiempo contacto a caudal máximo	TCQmax	min.	15	(15 a 30) Romero Rojas
5	Número de unidades	N	unidad	4	
6	Profundidad útil	h	m	4	Romero Rojas
7	Relación longitud/anchura de la balsa	Rel.		1.45	

Fuente: Elaboración de los tesisistas

j) Cámara de contacto

j.1. Caudal máximo por línea

$$Qds = Qmax / N \quad (186)$$

$$Qds = 318.35 \text{ m}^3/\text{h}$$

j.2. Consumo medio de cloro

$$\text{ConsumoCl}_2 = (\text{Qd}/1000) * \text{Cl}_2 * 24 \quad (187)$$

$$\text{ConsumoCl}_2 = 183.37 \text{ kg/día}$$

$$\text{ConsumoCl}_2 = 7.64 \text{ kg/h}$$

j.3. Volumen unitario de la balsa

$$\text{Vu} = (\text{TCQmax}/60) * \text{Qds} \quad (188)$$

$$\text{Vu} = 79.59 \text{ m}^3$$

j.4. Volumen total de la balsa

$$\text{Vt} = \text{Vu} * \text{N} \quad (189)$$

$$\text{Vt} = 318.35 \text{ m}^3$$

j.5. Superficie unitaria de la balsa

$$\text{As} = \text{Vu} / \text{h} \quad (190)$$

$$\text{As} = 39.79 \text{ m}^2$$

j.6. Longitud de la balsa

$$\text{L} = (\text{As} * \text{Rel})^{1/2} \quad (191)$$

$$\text{L} = 7.60 \text{ m}$$

j.7. Anchura de la balsa

$$\text{H} = \text{As}/\text{L} \quad (192)$$

$$\text{H} = 5.24 \text{ m}$$

5.1.4.1 Estimación de Costo de Construcción de Procesos Unitarios del Segundo Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Utilizando Filtro Percolador y Digestores Anaerobios

El segundo diseño tiene como componentes: una cámara de rejillas gruesas, rejillas finas, un desarenador, una canaleta Parshall, dos sedimentadores primarios circulares, cuatro filtros percoladores circulares, dos sedimentadores secundarios circulares, dos digestores anaerobios

primarios, un digestor anaerobio secundario, cámara de contacto y lecho de secado.

Cuadro N°5.02 Estimación de costo de construcción de procesos unitarios del segundo diseño

Ítem	Descripción	Sub total S/.	Total S/.
01.00	Planta de tratamiento (01)		17,091,406.78
01.01	Cámara de rejillas y desarenador	1,096,098.41	
01.02	Sedimentador primario circular	1,790,048.79	
01.03	Filtro percolador circular	3,250,485.83	
01.04	Sedimentador primario circular	1,790,048.79	
01.05	Digestión anaerobia	6,451,002.88	
01.06	Tanque de contacto	848,357.87	
01.07	Lecho de secado	1,865,364.20	

Fuente: Elaboración de los tesisistas

Resumen de Resultados del Segundo Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Utilizando Filtro Percolador y Digestor Anaerobio.

Los parámetros como población, caudal, clima y carga orgánica definen los componentes, que son partes del segundo diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales. Dicho PTAR el flujo de aguas residuales es trasladado por gravedad, ingresando por un pretratamiento que está compuesto por rejillas gruesas, finas, canaleta Parshall y desarenador, pasando al tratamiento primarios, lo cual lo componen los sedimentadores primarios, seguidamente el flujo de agua es ingresado a un filtro percolador con recirculación lo cual se realiza el tratamiento secundario, ingresando luego a los sedimentadores secundarios y finalmente a la cámara de contacto para ser tratada, para ser vertido a un cuerpo de agua.

Para el tratamiento de lodos el flujo es dirigido a un digestor anaerobio primario, luego el flujo de lodo pasara a un digestor anaerobio secundario para poder ser digerido, los lodos producidos son trasladados a un lecho de secado, para ser transportados a relleno sanitario o para abono en los cultivos.

Tabla N° 5.21: Resumen de resultado del segundo diseño de la cámara de rejas gruesas

Ítem	Descripción	Unidad	Valor
	Cámara de rejas gruesas		
1	Espesor de barras	mm	10
2	Separación entre barras	mm	40
3	Numero de barras	unidad	28
4	Ancho del canal	m	1.2
5	Tirante máximo	m	0.73
6	Producción de residuos solidos	m ³ /día	0.153

Fuente: Elaboración de los tesisistas

El agua residual ingresara a la cámara de rejas gruesas, que es parte del pretratamiento, donde se eliminan residuos orgánicos o solidos gruesos de dimensiones mayores a 4cm, generando una producción de residuos sólidos de 0.153 m³/día, siendo el ancho del canal de 1.2m con un tirante máximo de 0.73m, espesor de barras 1cm, la separación 4cm y un total de 28 barras.

Tabla N° 5.22: Resumen de resultado del segundo diseño de cámara de rejas finas

Ítem	Descripción	Unidad	Valor
	Cámara de rejas finas		
1	Espesor de barras	mm	6
2	Separación entre barras	mm	15
3	Numero de barras	unidad	53
4	Ancho del canal	m	1.2
5	Tirante máximo	m	0.45
6	Producción de residuos solidos	m ³ /día	1.14

Fuente: Elaboración de los tesisistas

La cámara de rejas finas que es parte del pretratamiento, donde el agua residual fluirá y pasara a través rejas o cribas donde se eliminan residuos orgánicos o solidos medianos en suspensión de dimensiones mayores a 1.5 cm generando una producción de residuos sólidos de 1.14 m³/día, siendo el ancho del canal de 1.2m con un tirante máximo de 0.45 m, espesor de barras 0.6 cm, la separación 1.5 cm y un total de 53 barras.

Tabla N° 5.23: Resumen de resultado del segundo diseño de desarenador

1	Numero de desarenadores	unidad	2
2	Ancho del desarenador	m	1.2
3	Largo del desarenador	m	18.5
4	Altura del sedimentador	m	0.59
5	Altura de la zona de recolección de arena	m	0.77
6	Volumen del desarenador	m ³	8.69
7	Altura del desarenador	m	1.95
8	Volumen de arena recogida por semana	m ³ /sem	11.3

Fuente: Elaboración de los tesisas

El desarenador que es otro elemento del pretratamiento, lo cual se diseñó dos cámaras para hacer la limpieza, mantenimiento y traslado de la arena sedimentada y otros, siendo un volumen de 11.3 m³/semana, donde el agua ingresara por esta superficie con una velocidad de flujo constante de 0.3m/s, lo cual ayudara a remover partículas finas mayores a 2mm hasta un 95%, como arena, semillas, cascaras y otras materias minerales, siendo esto posible con una velocidad de sedimentación de 0.012m/s, longitud de 18.5m, ancho de 1.2m, altura 1.95m y finalmente un vertedero a la salida para la medición de caudales.

Tabla N° 5.24: Resumen de resultado del segundo diseño de sedimentadores primarios.

1	Numero de tanques	unidad	2
2	Volumen de cada sedimentador	m ³	1,624.5
3	Área de cada sedimentador	m ²	433.2
4	Diámetro de cada sedimentador	m	23.5
5	Altura de cada sedimentador	m	3.75
6	Longitud del vertedero en el sedimentador	m	70.64
7	Concentración de DBO en el efluente	mg/l	975
8	Concentración de solidos suspendidos en la salida	mg/l	1,228.50
9	Producción de fangos primarios	Kg/día	23,415.77

Fuente: Elaboración de los tesisas

Los sedimentadores primarios son componentes del tratamiento primario, ingresando el flujo de agua en la parte superior por gravedad, haciendo reposar el agua residual y el lodo acumulando en el fondo, el líquido sale por reboce a través del canal perimetral. El volumen de cada sedimentador 1,624.5 m³, área

de cada sedimentador 433.2m², diámetro de cada sedimentador 23.5m altura de cada sedimentador 3.75 y una longitud del vertedero 70.64m, generando una concentración de DBO de 35% (975mg/L) concentración de solidos suspendidos 55% (1,228.5mg/L) y un tiempo de residencia 3.5 horas, una producción de fangos primarios 23,415.77kg/día, siendo transportados a relleno sanitario.

Tabla N° 5.25: Resumen de resultado del segundo diseño de filtro percolador

1	Numero de tanques	unidad	4
2	Volumen de cada filtro percolador	m ³	6,697.0
3	Área de cada filtro percolador	m ²	1,076.46
4	Diámetro de cada filtro percolador	m	37.02
5	Altura de cada filtro percolador	m	6.5
6	Concentración de DBO en el efluente	mg/l	117
7	Concentración de solidos suspendidos en la salida	mg/l	552.83
8	Concentración de DQO en el efluente	mg/l	682.5
9	Área superficial especifica del medio	m ² /m ³	120

Fuente: Elaboración de los tesisas

En el filtro percolador el agua residual ingresa por la parte superior, siendo distribuido homogéneamente por dos brazos distribuidores, lo cual son regados a un lecho filtrante altamente permeable. Siendo la función de degradar toda materia orgánica por medio bacterias adheridas al medio filtrante modular corrugado PVC, produciendo un proceso de estabilización que se encarga de absorber material orgánico microscópico de las aguas residuales como son bacteria hongos, virus y otros organismos.

En este segundo diseño los filtros percoladores se diseñaron con recirculación, lo cual mejora la distribución sobre la superficie del filtro, reduciendo la tendencia al taponamiento y ayuda a controlar las moscas. Además, incrementa la eficiencia al reducir el cortocircuito gracias a un mejor efecto del remojo del filtro.

Filtro percolador realiza el tratamiento secundario de las aguas residuales, tiene dos brazos distribuidores rotatorios, medio filtrante, área de ventilación, reja de soporte de drenaje, canal de drenaje.

El volumen de cada filtro 6,997.0 m³, área 1,076.46 m², diámetro 37.02m, un medio filtrante 120 m²/m³, altura de 6.5m generando una remoción de DBO 80 % (117mg/L), una remoción de DQO 65% de (682.5mg/L) y una concentración de solidos suspendidos en la salida 55% (552.83 mg/L).

Tabla N° 5.26: Resumen de resultado del segundo diseño de sedimentadores secundarios

1	Numero de tanques	unidad	2
2	Volumen de cada sedimentador	m ³	2,599.15
3	Área de cada sedimentador	m ²	812.24
4	Diámetro de cada sedimentador	m	32.16
5	Altura de cada sedimentador	m	3.2
6	Longitud del vertedero en el sedimentador	m	87.9
7	Concentración de DBO en el efluente	mg/l	76.05
8	Concentración de solidos suspendidos en la salida	mg/l	248.77
9	Producción de fangos secundarios	Kg/día	4,741.7

Fuente: Elaboración de los tesisas

Los sedimentadores secundarios son componentes del tratamiento primario, ingresando el flujo de agua en la parte superior por gravedad, haciendo reposar el agua residual y el lodo acumulando en el fondo, el líquido sale por reboce a través del canal perimetral. El volumen de cada sedimentador 2,599.15 m³, área de cada sedimentador 812.24 m², diámetro de cada sedimentador 32.16 m altura de cada sedimentador 3.2 m y una longitud del vertedero 87.9 m, generando una concentración de DBO de 35% (76.05 mg/L), concentración de solidos suspendidos 55% (248.77 mg/L) y un tiempo de residencia 4 horas, una producción de fangos primarios 4,741.7 kg/día, siendo transportados a relleno sanitario.

Tabla N° 5.27: Resumen de resultado del segundo diseño del digester anaerobio

1	Numero de tanques primarios	unidad	2
2	Volumen de cada digester primario	m ³	18,926.5
4	Diámetro de cada digester primario	m	52.73
5	Altura del fondo cónico del digester primario	m	2

6	Altura cilíndrica útil del digestor primario (sin zona de gas)	m	8
7	Numero de tanques secundario	unidad	1
8	Volumen de cada digestor secundario	m ³	11,355.9
9	Diámetro de cada digestor secundario	m	40.9
10	Altura del fondo cónico del digestor secundario	m	2
11	Altura cilíndrica útil del digestor secundario (sin zona de gas)	m	8
12	Gas producido por la digestión	m ³ /día	17,567.55
13	Solidos totales contenidos en los fangos digeridos	Kg/día	108,108.00
14	Concentración de los fangos digeridos	Kg/m ³	57.12
15	Solidos volátiles contenidos en los fangos digeridos	Kg/día	40,540.5
16	Tiempo de retención de los solidos	días	26
17	Concentración de DQO en el efluente	Mg/l	307.13

Fuente: Elaboración de los tesisistas

El lodo producido en los procesos del segundo diseño del tratamiento de las aguas residuales, es ingresado a un primer digestor anaerobio, lo cual los lodos están compuesto de materia orgánica contenida en el agua residual cruda, en forma diferente, pero siendo susceptible a descomposición, siendo un lodo digerible de olor fuerte fecal, se efectúa con calentamiento y mezcla, produce la mayor cantidad de gas y el digestor anaerobio secundario, es una etapa de asentamiento tranquilo usada para el almacenamiento, espesamiento del lodo digerido y la formación de sobredenante claro, siendo rico en material orgánico soluble.

Cada digestor anaerobio primario tiene de volumen 18,926.5 m³, diámetro de cada digestor primario 52.73, altura del fondo cónico de cada digestor 2 m y una altura cilíndrica útil de cada digestor anaerobio 8 m, el digestor anaerobio secundario tiene un volumen de 11,355.9 m³, diámetro de cada digestor secundario 40.9 m, altura cilíndrica útil 2m y altura del fondo cónico 8m.

Los digestores anaerobios generan una producción de gas 17,567.55m³/día, solidos totales contenidos en los fangos 108,108.00kg/día, concentración de fangos digeridos de 57.12kg/m³ y un tiempo de retención en las dos etapas de 26 días.

Tabla N° 5.28: Resumen de resultado del segundo diseño de cámara de contacto

1	Numero de tanques	unidad	4
2	Volumen unitario útil de la balsa	m ³	159.18
3	Superficie unitaria de la balsa	m ²	39.79
4	Longitud de la balsa	m	7.60
5	Altura de la balsa	m	4
6	Anchura de la balsa	m	5.24
7	Consumo medio de cloro	kg/h	7.64

Fuente: Elaboración de los tesisistas

La cámara de cloración tiene dimensiones de longitud de la balsa 7.6m, ancho de la balsa 5.4m, superficie unitaria de la balsa 39.79m², volumen unitario útil de la balsa 159.18m³ y una dosificación de cloro 7.64 kg/h.

5.1.5 Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Utilizando Filtro Percolador y Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA)

Para realizar la tercera propuesta del diseño se plantea los siguientes componentes

- a) Cámara de rejillas gruesas
- b) Cámara de rejillas finas
- c) Desarenador rectangular
- d) Canaleta Parshall
- e) Reactor Anaeróbico de flujo Ascendente (UASB)
- f) Lecho de secado
- g) Filtro biológico circular
- h) Sedimentador primario circular
- i) Cámara de contacto

Calculo de la Tercera Propuesta para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Utilizando Filtro Percolador y RAFA

Datos:

Población actual	:	116,953.00	Hab.
Tasa de crecimiento	:	1	%

Periodo de diseño : 20 Años
 Dotación : 180 Lit./hab./día

- Cálculo de la población futura

$$Pf = Pa * r^{(t - to)} \quad (193)$$

$$Pf = 117,908 \text{ hab.}$$

- Caudal de contribución

$$Qc = Qmh * 0.8 \quad (194)$$

$$Qc = 353.724 \text{ l/s.}$$

Para el tercer diseño la cámara de rejillas gruesas, finas y desarenador son elementos del pretratamiento, por lo tanto, ya se calcularon en el primer diseño, en este segundo diseño se calcularán los restantes como son:

Reactor Anaeróbico de flujo Ascendente (UASB), filtro biológico, sedimentador primario, cámara de contacto.

Tabla N° 5.29: Datos del tercer diseño para el cálculo del dimensionamiento del reactor anaerobio de flujo ascendente (UASB)

Ítem	Datos de Diseño	Símbolo	Unidad	Valor	Criterios
1	Caudal de diseño máximo horario	Qmh	l/s	353.724	
		Q	m ³ /d	33,000	
2	Número de tanques	N	Unidad	22	
3	Demanda bioquímica de oxígeno afluente	S _{oDBO}	mg/l	1500	
4	Demanda química de oxígeno afluente	S _{oDQO}	mg/l	1950	
5	Temperatura del ambiente (mes más frío)	T° Amb.	°C	17.5	

6	Temperatura del agua (mes más frío)	T° agua	°C	23	
7	Tiempo de residencia hidráulica	t	Horas	8	≥7(ver anexo 4.09)
8	Coefficiente de producción de sólidos	Y	Kg SST/kgDQO	0.18	(0.10-0.20) Metcalf & Eddy
9	Coefficiente de producción de sólidos (en términos DQO)	Y _{obs}	kgDQO _{lodo} /kgDQO	0.21	(0.11-0.23) Metcalf & Eddy
10	Porcentaje de remoción de sólidos totales suspendidos	%SST	%	55	(50 Metcalf & Eddy - 60)
11	Sólidos suspendidos totales	SST	mg/L	2730	
12	Concentración esperada para el lodo de descarte	C _{lodo}	%	4%	
13	Densidad de lodo	γ	kgSST/m ³	1020	
14	Altura del reactor	H	M	4.5	(4.5-5.0) OS-090
15	Largo del reactor	L	M	15	
16	Área de influencia de distribuidor	Ad	m ²	2.25	(1.5-3.0) ver anexo cuadro 4.10
17	Presión de atmosférica	P	Atm.	1	
18	DQO correspondiente a 1 mol de CH ₄	K _{DQO}	gDQO/mol	64	64gDQO/mol
19	Constante de los gases	R	L/mol.K	0.08206	
20	Concentración del metano en el biogás	C _{CH₄}	%	75%	(70-80)

21	Numero de separadores trifásicos	Nst	Unidad	5	
22	Ancho de abertura sencilla	a	M	0.35	

Fuente: Elaboración de los tesisistas

e) Reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA)

e.1. Caudal de diseño del tanque

$$Q_d = Q_{mh} / N \quad (195)$$

$$Q_d = 1,500 \text{ m}^3/\text{día} \quad (\text{OS-090})$$

e.2. Carga del afluente DQO

$$N_d = A_r / A_d$$

$$C_{Q_{DQO}} = (S_o DQO * Q) / 1000 \quad (196)$$

$$C_{Q_{DQO}} = 64,350 \text{ kgDQO/día}$$

e.3. Volumen del reactor

$$V_r = Q_d * t \quad (197)$$

$$V_r = 500 \text{ m}^3$$

e.4. Área del reactor

$$A_r = V_r / H \quad (198)$$

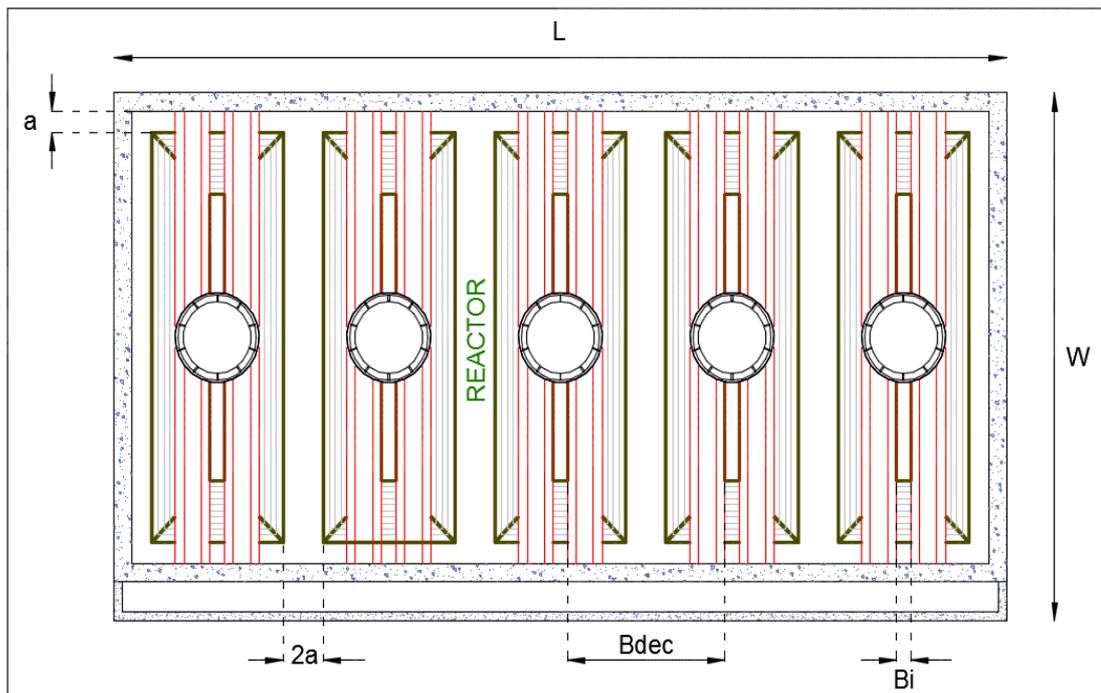
$$A_r = 111.1 \text{ m}^2$$

e.5. Ancho del reactor

$$W = A_r / L \quad (199)$$

$$W = 7.45 \text{ m}$$

Gráfico: 5.18 Configuración del reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA)



Fuente: Elaboración de los tesistas

e.6. Carga hidráulica volumétrica

$$CHV = Q_d / V \quad (200)$$

$$CHV = 3.00 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día} (\leq 5.0)$$

e.7. Carga orgánica volumétrica

$$COV = (Q_d * SoDQO) / (V_r * 1000) \quad (201)$$

$$COV = 1.9 \text{ kg DQO}/\text{m}^3 \cdot \text{día}$$

$$(1.5-2.0) \text{ kg DQO}/\text{m}^3 \cdot \text{día OS-090}$$

e.8. Velocidad superficial

$$V_s = Q_d / (A_r * 24) \quad (202)$$

$$V_s = 0.56 \text{ m/h ver anexo cuadro 4.11}$$

e.9. Número de tubos

$$N_d = A_r / A_d \quad (203)$$

$$N_d = 50 \text{ unidades}$$

e.10. Eficiencia de remoción de DQO

$$E_{DQO} = 100 * (1 - 0.68 * t^{-0.35}) \quad (204)$$

$$E_{DQO} = 67.16 \%$$

e.11. Eficiencia de remoción de DBO

$$E_{DBO} = 100 * (1 - 0.70 * t^{-0.50}) \quad (205)$$

$$E_{DBO} = 75.25 \%$$

e.12. Concentración de DQO en el efluente

$$S_{eDQO} = S_{oDQO} * (1 - E_{DQO}/100) \quad (206)$$

$$S_{eDQO} = 640.42 \text{ mg/L}$$

e.13. Concentración de DBO en el efluente

$$S_{eDBO} = S_{oDBO} * (1 - E_{DBO}/100) \quad (207)$$

$$S_{eDBO} = 371.23 \text{ mg/L}$$

e.14. Concentración de sólidos suspendidos totales

$$SST = SST_{\text{afluente}} * (1 - SST\%/100) \quad (208)$$

$$SST = 1119.30 \text{ mg/L}$$

Producción de Gas Metano

e.15. Carga de DQO en el afluente

$$DQO_{CH_4} = Q * (S_o - S_e) - (Y_{obs} * Q_d * S_o) \quad (209)$$

$$DQO_{CH_4} = 29,702.78 \text{ kg DQO/día}$$

e.16. Factor de corrección para la temperatura operacional

$$f(T) = (P * K_{DQO}) / (R * (273 + T^{\circ}\text{agua})) \quad (210)$$

$$f(T) = 2.63 \text{ kg DQO/m}^3$$

e.17. Producción volumétrica de metano

$$Q_{CH_4} = DQO_{CH_4} / f(T) \quad (211)$$

$$Q_{CH_4} = 11,272.49 \text{ m}^3/\text{día}$$

e.18. Producción de biogás

$$Q_{biogas} = Q_{CH_4} / C_{CH_4} \quad (212)$$

$$Q_{biogas} = 15,029.98 \text{ m}^3/\text{día}$$

Dimensionamiento de las Aberturas de paso para el Decantador

e.19. Ancho de la abertura sencilla

OPTAMOS

$$a = 0.35\text{m}$$

e.20. Número de aberturas sencillas en el largo de los reactores

$$NaL = 2 * N \quad (213)$$

$$NaL = 44 \text{ unidades}$$

e.21. Longitud de aberturas sencillas en el largo de los reactores

$$\text{Largo (L)} \quad (214)$$

$$L = 15\text{m}$$

e.22. Longitud total de aberturas sencillas en el largo de los reactores

$$L1 = NaL * L \quad (215)$$

$$L1 = 660\text{m}$$

e.23. Número de aberturas sencillas en el ancho de los reactores

$$NasA = 2 * N \quad (216)$$

$$NasA = 44 \text{ unidades}$$

e.24. Número de aberturas dobles en el ancho de los reactores

$$NadA = 4 * N \quad (217)$$

$$NadA = 88 \text{ unidades}$$

e.25. Número total de aberturas sencillas

$$Nas = NasA + 2 * NadA \quad (218)$$

$$Nas = 220 \text{ unidades}$$

e.26. Longitud de las aberturas sencillas en el ancho del reactor

$$Las = (W - 2 * a) \quad (219)$$

$$Las = 6.75\text{m}$$

e.27. Longitud total de las aberturas sencillas en el ancho del reactor

$$L2 = Las * Nas \quad (220)$$

$$L2 = 1485\text{m}$$

e.28. Longitud total de las aberturas sencillas en los reactores

$$LT = L1 + L2 \quad (221)$$

$$LT = 2145\text{m}$$

e.29. Área Total de las aberturas

$$ATa = LT * a \quad (222)$$

$$ATa = 750.75\text{m}^2$$

e.30. Verificación de la velocidad a través de la abertura

$$Vab = Q / (Ata * 24) \quad (223)$$

$$Vab = 1.83 \text{ m/h} \leq 2.5$$

Ver anexo cuadro 4.12

Dimensionamiento de las Aberturas

e.31. Abertura sencilla en el largo del reactor

$$\text{Largo (L)} = 15\text{m} \quad (224)$$

$$\text{Ancho (a)} = 0.35\text{m}$$

e.32. Abertura sencilla en el ancho del reactor

$$\text{Largo (Lc)} = 7.45 - 2 * 0.35 = 6.75\text{m} \quad (225)$$

$$\text{Ancho (a)} = 0.35\text{m}$$

e.33. Abertura doble en el ancho del reactor

$$\text{Largo (Lc)} = 6.75\text{m} \quad (226)$$

$$\text{Ancho (a)} = 0.35\text{m}$$

Compartimiento de Decantación

e.34. Número de compartimientos de decantación en los reactores

$$N_{\text{dec}} = N * N_{\text{st}} \quad (227)$$

$$N_{\text{dec}} = 110 \text{ unidades}$$

e.35. Largo total de decantación en los reactores

$$L_{\text{tdec}} = W * N * N_{\text{st}} \quad (228)$$

$$L_{\text{tdec}} = 819.5 \text{ m}$$

e.36. Ancho de cada colector de gas

$$\text{Adopta} \quad B_i = 0.25 \text{ m} \quad \geq 2.5$$

e.37. Espesor del colector de gas (hecho en fibra de vidrio)

Fabricado en fibra de vidrio

$$e = 0.0060 \text{ m}$$

e.38. Ancho externo del colector de gas

$$B_g = B_i + 2 * e \quad (229)$$

$$B_g = 0.26 \text{ m}$$

e.39. Ancho total de compartimiento de decantación

$$ATC = L - N_{\text{st}} * B_g \quad (230)$$

$$ATC = 13.7 \text{ m}$$

e.40. Ancho útil de cada compartimiento de decantación

$$B_{\text{dec}} = ATC / N_{\text{st}} \quad (231)$$

$$B_{\text{dec}} = 2.74 \text{ m}$$

e.41. Área total de decantadores

$$AT_{dec} = LT_{dec} * B_{dec} \quad (232)$$

$$AT_{dec} = 2,245.43 \text{ m}^2$$

e.42. Verificación de la tasa o velocidad superficial en los decantadores

$$Ts_{dec} = Q / (AT_{dec} * 24) \quad (233)$$

$$Ts_{dec} = 0.61 \text{ m/h} \leq 0.8$$

Ver anexo cuadro 4.13

Dimensiones del Compartimiento de Decantación

e.43. Largo de compartimiento de decantación

$$L_{dec} = W \quad (234)$$

$$L_{dec} = 7.45 \text{ m}$$

e.44. Ancho de compartimiento de decantación

$$B_{dec}$$

$$B_{dec} = 2.74 \text{ m}$$

Determinación del Volumen del Compartimiento de Decantación

e.45. Altura de la superficie inclinada del compartimiento de decantación

$$h_1 = 1.60 \text{ m (1.5 a 2)}$$

e.46. Ancho de la superficie inclinada

$$B_{inc} = B_{dec} / (2 - a) \quad (235)$$

$$B_{inc} = 1.02 \text{ m}$$

e.47. Ángulo de inclinación

$$\alpha = \text{ATAN}(h_1 / B_{inc}) \quad (236)$$

$$\alpha = 57.5^\circ \text{ grados} \geq 50^\circ$$

e.48. Altura de la superficie vertical del compartimiento de decantación

$$h_2 = 0.40 \text{ m} \geq 0.30$$

Cálculo del Área Transversal del Compartimiento de Decantación

e.49. Área triangular comprendida entre las paredes inclinadas del decantador

$$A_{dec1} = B_{inc} * (h1 / 2) \quad (237)$$

$$A_{dec1} = 0.82 \text{ m}^2$$

e.50. Área rectangular comprendida entre las paredes inclinadas del decantador

$$A_{dec2} = h1 * 2 * a \quad (238)$$

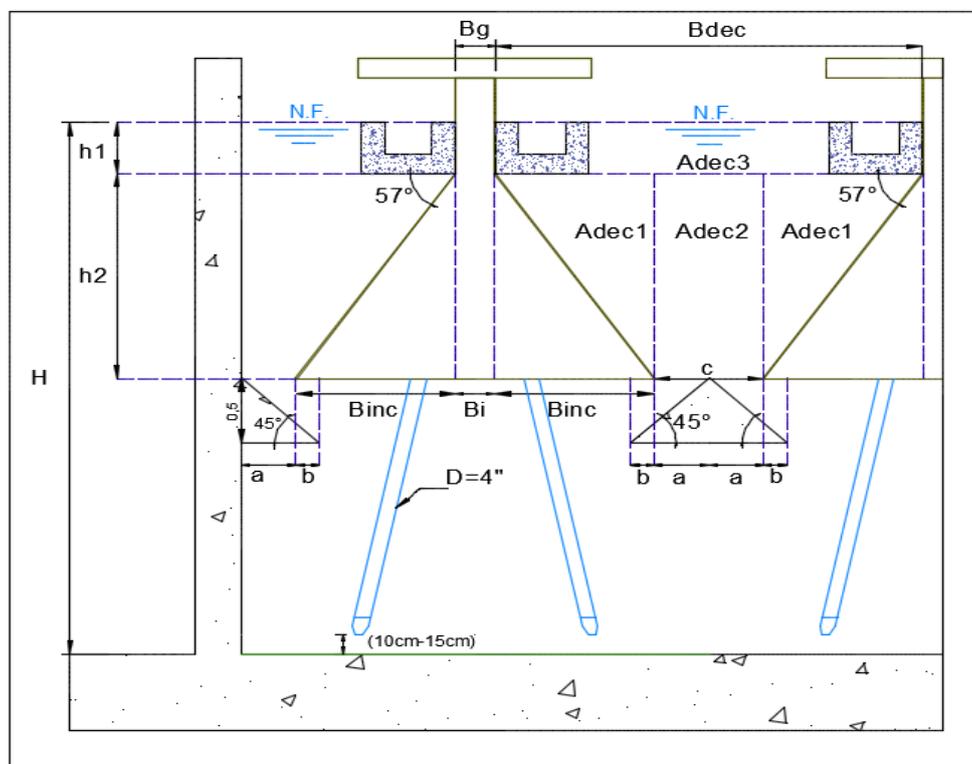
$$A_{dec2} = 1.12 \text{ m}^2$$

e.51. Área rectangular comprendida entre las paredes inclinadas del decantador

$$A_{dec3} = h2 * B_{dec} \quad (239)$$

$$A_{dec3} = 1.10 \text{ m}^2$$

Gráfico: 5.19 Configuración de perfil del reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA)



Fuente: Elaboración de los tesisistas

e.52. Área transversal total

$$AT_{dec} = A_{dec1} * 2 + A_{dec2} + A_{dec3} \quad (240)$$

$$AT_{dec} = 3.85 \text{ m}^2$$

e.53. Volumen total de decantadores

$$V_{dec} = N_{dec} * L_{dec} * AT_{dec} \quad (241)$$

$$V_{dec} = 3,153.44 \text{ m}^3$$

e.54. Verificación del tiempo de retención hidráulica en los decantadores

$$t_{dec} = V_{dec} / Q \quad (242)$$

$$t_{dec} = 2.29 \text{ h} \geq 1.5$$

Ver anexo cuadro 4.13

Dimensionamiento de los Colectores de Gases

e.55. Largo de compartimiento de decantación

$$L_{dec} = W \quad (243)$$

$$L_{dec} = 7.45 \text{ m}$$

e.56. Ancho de compartimiento de decantación

$$B_{dec}$$

$$B_{dec} = 2.74 \text{ m}$$

e.57. Número de colectores de gases

$$N_{cg} = N * N_{st} \quad (244)$$

$$N_{cg} = 110 \text{ unidades}$$

e.58. Largo de cada colector

$$L_c = L_{dec} - B_{dec} \quad (245)$$

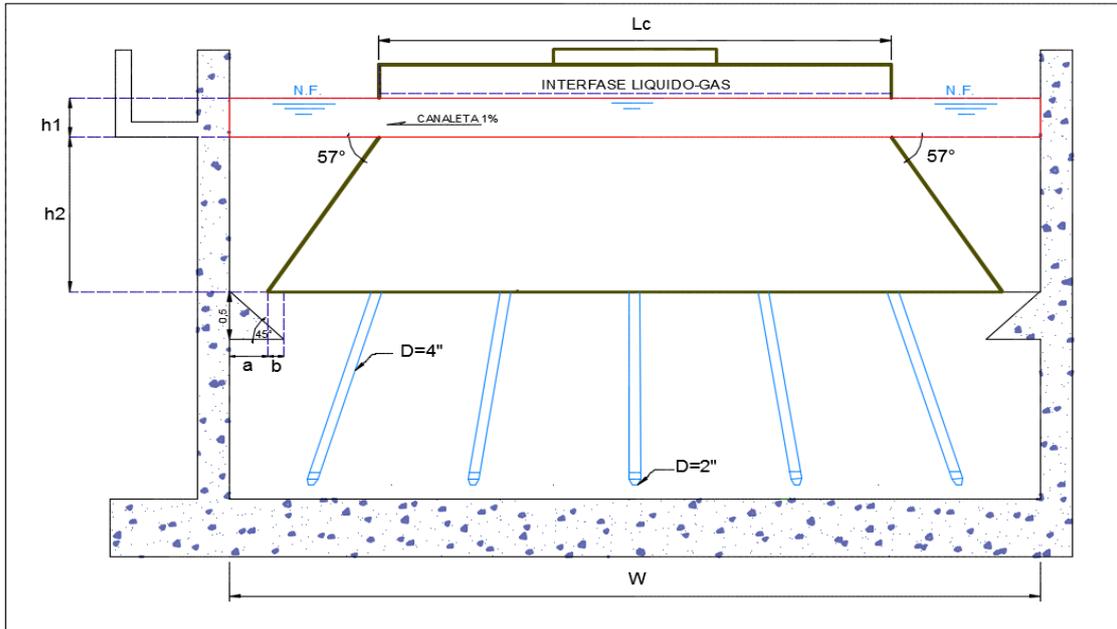
$$L_c = 4.71 \text{ m}$$

e.59. Largo total de colectores de gases

$$LT_g = N_{cg} * L_c \quad (246)$$

$$LTg = 518.10 \text{ m}$$

Gráfico: 5.20 Configuración de perfil del reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA)



Fuente: Elaboración de los tesisas

e.60. Ancho de cada colector de gas

Se adopta

$$Bi = 0.25 \text{ m} \quad \geq 0.25$$

e.61. Área total de colectores de gases

$$Ai = LTg * Bi \quad (247)$$

$$Ai = 129.53 \text{ m}^2$$

e.62. Verificación de la tasa de liberación de gas en los colectores

$$kg = Q \text{ biogás} / (Ai * 24) \quad (248)$$

$$kg = 2.95 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h} \quad (1.0 \text{ a } 3.0)$$

Producción de Lodos

e.63. Carga del efluente DQO

$$CO_{DQO} = (SoDQO * Q) / 1000 \quad (249)$$

$$CO_{DQO} = 64,350.00 \text{ kgDQO/día}$$

e.64. Coeficiente de producción de lodos

Se adopta

$$Y = 0.18 \text{ kgSST/kgDQO} \quad (0.10 \text{ a } 0.20)$$

e.65. Producción de lodos

$$P_{lodo} = Y * CO_{DQO} \quad (250)$$

$$P_{lodo} = 11,583.00 \text{ kgSST/día}$$

e.66. Concentración esperada para el lodo de descarte

$$C_{lodo} = 4\%$$

e.67. Densidad del lodo

$$\gamma = 1,020 \text{ kgSST/m}^3$$

e.68. Volumen en lodos

$$V_{lodo} = P_{lodo} / (C_{lodo} * \gamma) \quad (251)$$

$$V_{lodo} = 283.9 \text{ m}^3/\text{día}$$

f) Lecho de secado

f.1. Ciclo de operación de los lechos de secado

$$t_c = 35 \text{ días}$$

(4 a 8) semanas OS-090

f.2. Tasa de aplicación de sólidos en el lecho

$$T_{lecho} = 10.00 \text{ kgSST/m}^2$$

(10 a 15)

f.3. Masa de lodo removido en los reactores

$$Mc = P_{lodo} * t_c \quad (252)$$

$$Mc = 405,405.00 \text{ kgSST}$$

f.4. Volumen de lodo removido por ciclo de operación

$$V_c = V_{lodo} * t_c \quad (253)$$

$$V_c = 9,936 \text{ m}^3$$

f.5. Área total necesaria de lechos de secado

$$AT_{\text{lecho}} = Mc / T_{\text{lecho}} \quad (254)$$

$$AT_{\text{lecho}} = 40,541 \text{ m}^2$$

f.6. Área total necesaria de lechos de secado

$$AT_{\text{lecho}} = Mc / T_{\text{lecho}} \quad (255)$$

$$AT_{\text{lecho}} = 40,541 \text{ m}^2$$

e.7. Número de lechos de secado

$$N_{\text{lecho}} = 12 \text{ unidades}$$

e.8. Largo de lechos de secado

$$L_{\text{lecho}} = 80 \text{ m}$$

e.9. Área de un lecho de secado

$$A_{\text{lecho}} = AT_{\text{lecho}} / N_{\text{lecho}} \quad (256)$$

$$A_{\text{lecho}} = 3,378 \text{ m}^2$$

e.10. Ancho de un lecho de secado

$$W_{\text{lecho}} = A_{\text{lecho}} / L_{\text{lecho}} \quad (257)$$

$$W_{\text{lecho}} = 42 \text{ m}$$

e.11. Altura de la lámina de lodos después de la carga en los lechos

$$H_{\text{lodo}} = V_c / AT_{\text{lecho}} \quad (258)$$

$$H_{\text{lodo}} = 0.25 \text{ m}$$

Tabla N° 5.30: Datos del tercer diseño para el cálculo del dimensionamiento del filtro biológico circular

Ítem	Datos de Diseño	Símbolo	Unidad	Valor	Criterios
1	Caudal de diseño máximo horario	Q _{mh}	l/s	353.724	

			m ³ /día	33,000	
			m 3/h	1273.406	
2	Temperatura del ambiente	T° amb.	°C	15	
3	Temperatura del agua	T° agua	°C	8	
4	Profundidad del filtro para medio plástico	ht	m	6.50	(mayor a 3m)
5	Número de tanques	N	unidad	22	
6	Área superficial específica del medio	S	m ² /m ³	120	(100 a 200)
7	%DBO del efluente	%DBO	%	80	(65-85) Jairo Alberto Romero R.
7	DBO específica del efluente	Se	mg/L	74.25	
8	DBO específica del afluente	So	mg/L	371.23	
		So	kg/m ³	0.37	
	DQO específica del afluente	SoDQO	mg/l	640.42	
	Porcentaje de remoción de DQO	%DQO	%	65	(60-70)
9	Eliminación de sólidos en suspensión	%S	S	55	(40 a 60)
10	Concentración de sólidos en suspensión en la entrada	Cs	mg/l	1,119.30	

Fuente: Elaboración de los tesis

g) Filtro biológico circular

g.1. Caudal de diseño por filtro

$$Q_{ds} = Q_{mh}/N \quad (259)$$

$$Q_{ds} = 57.88 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$1,500 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$16.08 \text{ L/s}$$

g.2. Caudal de recirculación

$$Q_r = Q_{ds} * 2 \quad (260)$$

$$Q_r = 3,000 \text{ m}^3/\text{día}$$

g.3. Eficiencia del DBO

$$E = (S_o - S_e) / S_o \quad (261)$$

$$E = 80 \%$$

g.4. Razón de recirculación

$$R = (1 - E) / E \quad (262)$$

$$R = 1 \text{ Ver anexo tabla 4.14}$$

g.5. Constante de tratabilidad

$$K_h = 0.037 * (1.08)^{T-0.5} \quad (263)$$

$$K_h = 0.0216 \text{ m/día}$$

g.6. Concentración de DBO del afluente

$$S_{a_{DBO}} = (S_{o_{DBO}} + R * S_{e_{DBO}}) / (1 + R) \quad (264)$$

$$S_{a_{DBO}} = 222.74 \text{ mg/L}$$

g.7. Concentración de DBO del efluente

$$S_{e_{DBO}} = S_{a_{DBO}} * (1 - (E/100)) \quad (265)$$

$$S_{e_{DBO}} = 44.55 \text{ mg/L}$$

g.8. Concentración de solidos suspendidos en la salida

$$C_{SSS} = C_s * (1 - \%S) \quad (266)$$

$$C_{SSS} = 458.91 \text{ mg/L}$$

g.9. Concentración de DQO del efluente

$$S_{e_{DQO}} = S_{a_{DQO}} * (1 - (E/100)) \quad (267)$$

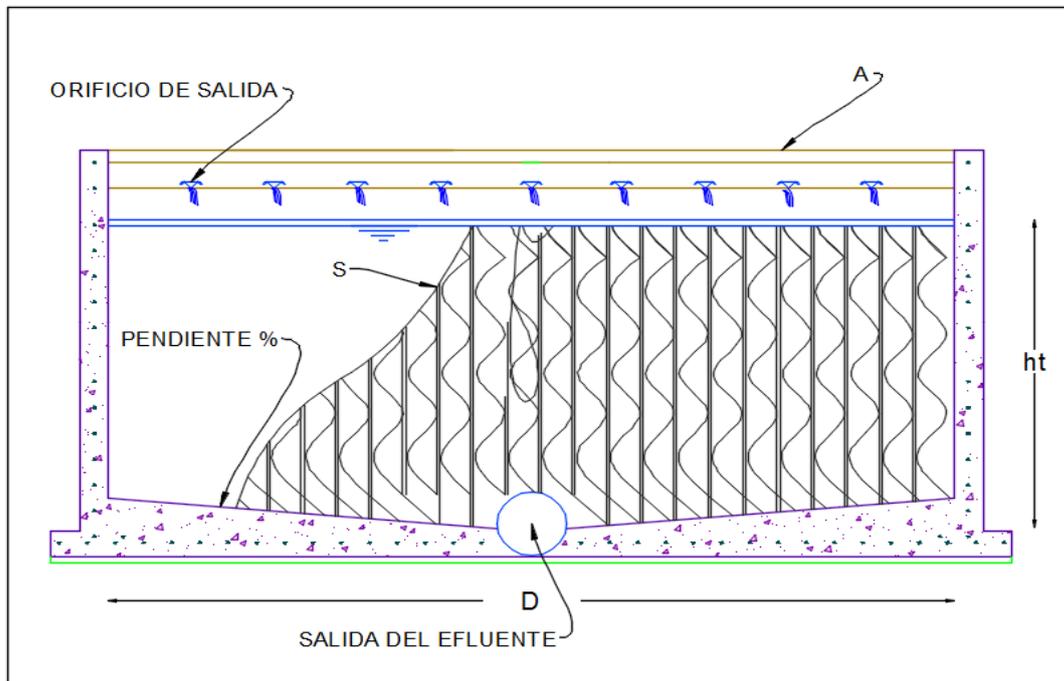
$$S_{e_{DQO}} = 179.32 \text{ mg/L}$$

g.10. Volumen del filtro

$$V = (Q_{ds} * \ln(S_{a_{DBO}}/S_{e_{DBO}})) / (K_h * S) \quad (268)$$

$$V = 1,272.13 \text{ m}^3$$

Gráfico: 5.21 Configuración de perfil del filtro percolador circular



Fuente: Elaboración de los tesisas

g.11. Área superficial

$$As = V / ht \quad (269)$$

$$As = 195.71 \text{ m}^2$$

g.12. Diámetro del filtro

$$D = 2 * (As / \pi)^{1/2} \quad (270)$$

$$D = 15.79 \text{ m}$$

g.13. Carga hidráulica superficial

$$CHS = Qr / A \quad (271)$$

$$CHS = 15 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día} \text{ (8 a 40) OS-090}$$

g.14. Carga orgánica volumétrica

$$COV = (So_{DBO} * Qds) / V \quad (272)$$

$$COV = 0.44 \text{ kgDBO}/\text{m}^3 \cdot \text{día} \text{ (0.4 a 4.8) OS-090}$$

Tabla N° 5.31: Datos del tercer diseño para el cálculo del dimensionamiento del sedimentador primario circular

Ítem	Datos de Diseño	Símbolo	Unidad	Valor	Criterios
1	Caudal de diseño máximo horario	Qmh	l/s	353.724	
			m ³ /día	33,000	
			m ³ /h	1273.406	
2	Velocidad ascensional a caudal de diseño	Va	m ³ /m ² .h	1.50	(1.0 a 2.5)
			m ³ /h	36	
3	Tiempo hidráulico de residencia	THR	h	3	(1.5 a 4.0)
4	Número de sedimentadores	N	unidad	11	
5	Distancia desde el vertedero a la pared interna de la cuba	R	m	0.5	
6	Eliminación de sólidos e suspensión	%S	%	55	(50% a 60%) OS-090
7	Eliminación de DBO	%DBO	%	35	(30% a 40%) OS-090
8	Concentración de sólidos en suspensión en la entrada del sedimentador	Cs	mg/L	458.91	
9	Concentración de DBO en la entrada del sedimentador	C _{DBO}	mg/L	44.55	
10	Concentración de fango sedimentados a la salida	Cf	kg/m ³	15	(10 a 30)
11	Borde libre de canal de recolección	b	m	0.2	

Fuente: Elaboración de los tesisas

h) Sedimentador primario circular

h.1. Caudal máximo por sedimentador

$$Q_{ds} = Q_d / N$$

(273)

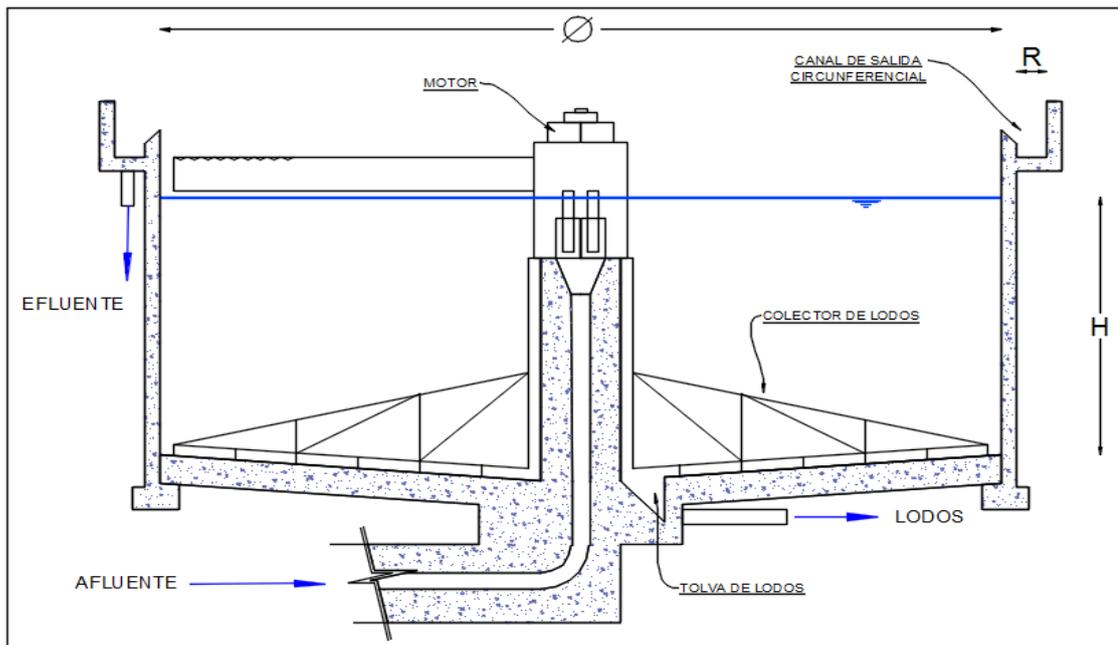
$$Q_{ds} = 115.76 \text{ m}^3/\text{h}$$

h.2. Superficie del sedimentador

$$A = Q_{ds} / V_a \quad (274)$$

$$A = 77.18 \text{ m}^2$$

Gráfico: 5.22 Configuración de perfil del sedimentador primario circular



Fuente: Elaboración de los tesisistas

h.3. Diámetro interno

$$D = (4 * A / \pi)^{0.5} \quad (275)$$

$$D = 10 \text{ m}$$

h.4. Volumen cilíndrico útil

$$V_u = Q_{ds} * THR \quad (276)$$

$$V_u = 347.3 \text{ m}^3$$

h.5. Profundidad cilíndrica útil

$$H = V_u / A \quad (277)$$

$$H = 4.5 \text{ m (3-5) OS-090}$$

h.6. Velocidad ascensional a caudal máximo

$$V_a = Q_{ds} / A \quad (278)$$

$$V_a = 1.5 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$$

h.7. Longitud del vertedero en sedimentador

$$L_v = 2 * \pi * ((\theta/2) - R) \quad (279)$$

$$L_v = 28 \text{ m}$$

h.8. Carga Máxima sobre el vertedero

$$C = Q_{ds} / L_v \quad (280)$$

$$C = 5.5 \text{ m}^3/\text{m.h} \text{ (5.0 a 7.5)}$$

$$C = Q_{md} / L_v$$

$$C = 132 \text{ m}^3/\text{m.d} \text{ (125 a 500) OS-090}$$

h.9. Ancho de canal de recolección

$$a = R - 0.15 \quad (281)$$

$$a = 0.35 \text{ m}$$

h.10. Altura de canal de recolección

$$H_o = (Q_{ds}/(1.38 - a))^{2/3} \quad (282)$$

$$H_o = 0.25 \text{ m}$$

h.11. Producción de fangos primarios

$$PF = 24 * Q_d * C_s * \%S/1000 \quad (283)$$

$$PF = 701.26 \text{ kg/día}$$

$$PF = Q_d * C_s * \%S/1000 \quad (284)$$

$$PF = 29.22 \text{ kg/h}$$

h.12. Caudal de fangos primarios

$$Q_f = PF / C_f \quad (285)$$

$$Q_f = 1.95 \text{ m}^3/\text{h}$$

h.13. Concentración de sólidos en suspensión en la salida

$$C_{sss} = C_s * (1 - \%S) \quad (286)$$

$$C_{sss} = 146.85 \text{ mg/L}$$

h.14. Concentración de DBO en la salida

$$C_{DBO5} = C_{DBO} * (1 - \%DBO) \quad (287)$$

$$C_{DBO5} = 28.96 \text{ mg/L}$$

Tabla N° 5.32: Datos del tercer diseño para cálculo del dimensionamiento de la cámara de contacto

Ítem	Datos de Diseño	Símbolo	Unidad	Valor	Criterios
1	Caudal de diseño máximo horario	Qmh	l/s	353.724	
			m ³ /día	33,000	
			m ³ /h	1273.406	
2	Dosis de cloro	Cl ₂	mg/L	6	(4 a 15) Romero Rojas
3	Temperatura del agua	T°agua	°C	19	
4	Tiempo contacto a caudal máximo	TCQmax	min.	15	(15 a 30) Romero Rojas
5	Número de unidades	N	unidad	4	
6	Profundidad útil	h	m	4	Romero Rojas
7	Relación longitud/anchura de la balsa	Rel.		1.45	

Fuente: Elaboración de los tesisas

i) Cámara de contacto

i.1. Caudal máximo por línea

$$Q_{ds} = Q_{max} / N \quad (288)$$

$$Q_{ds} = 318.35 \text{ m}^3/\text{h}$$

i.2. Consumo medio de cloro

$$\text{ConsumoCl}_2 = (Q_d/1000) * \text{Cl}_2 * 24 \quad (289)$$

$$\text{ConsumoCl}_2 = 183.37 \text{ kg/día}$$

$$\text{ConsumoCl}_2 = 7.64 \text{ kg/h}$$

i.3. Volumen unitario de la balsa

$$Vu = (TCQ_{max}/60) * Q_{ds} \quad (290)$$

$$Vu = 79.59 \text{ m}^3$$

i.4. Volumen total de la balsa

$$Vt = Vu * N \quad (291)$$

$$Vt = 318.35 \text{ m}^3$$

i.5. Superficie unitaria de la balsa

$$As = Vu / h \quad (292)$$

$$As = 39.79 \text{ m}^2$$

i.6. Longitud de la balsa

$$L = (As * Rel)^{1/2} \quad (293)$$

$$L = 7.60 \text{ m}$$

i.7. Anchura de la Balsa

$$H = As/L \quad (294)$$

$$H = 5.24 \text{ m}$$

5.1.5.1 Estimación de Costo de Construcción de Procesos Unitarios del Tercer Diseño de la Planta De Tratamiento de Aguas Residuales Utilizando Filtro Percolador y Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA).

El tercer diseño tiene como componentes: una cámara de rejas gruesas, rejas finas, un desarenador, una canaleta Parshall, veinte y dos reactores anaerobios de flujo ascendente, veinte y dos filtros percoladores circulares, once sedimentadores secundarios circulares, cámara de contacto y lecho de secado.

Cuadro N°5.03 Estimación de costo de construcción de procesos unitarios del tercer diseño.

Ítem	Descripción	Sub Total S/.	Total S/.
01.00	Planta de tratamiento (01)		16,481,339.31
01.01	Cámara de rejas y desarenador	1,096,098.41	
01.02	Reactor anaerobio de flujo ascendente	8,387,587.40	
01.03	Filtro percolador circular	3,250,485.83	
01.04	Sedimentador secundario circular	1,790,048.79	
01.05	Digestión anaerobia	6,451,002.88	
01.06	Tanque de contacto	842,357.87	
01.07	Lecho de secado	1,108,761.00	

Fuente: Elaboración de los tesistas

Resumen de Resultados del Tercer Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Utilizando Filtros Percoladores con Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente.

Los parámetros como población, caudal, clima y carga orgánica definen los componentes, que son partes del tercer diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales. Dicho PTAR el flujo de aguas residuales es trasladado por gravedad, ingresando por un pretratamiento que está compuesto por rejas gruesas, finas, canaleta Parshall y desarenador, pasando al tratamiento secundario, lo cual lo componen un conjunto de RAFAS (Reactor de Anaerobio de Flujo Ascendente), seguidamente el flujo de agua es ingresado a un filtro percolador, ingresando luego a los sedimentadores y finalmente a la cámara de contacto para ser tratada, para ser vertido a un cuerpo de agua, los lodos producidos son digeridos por los RAFAS, finalmente dichos lodos producidos por los filtros percoladores, sedimentadores y RAFAS son trasladados a un lecho de secado, para ser transportados a relleno sanitario o para abono en los cultivos.

Tabla N° 5.33: Resumen de resultados del tercer diseño de cámara de rejas gruesas

Ítem	Descripción	Unidad	Valor
	Cámara de rejas gruesas		
1	Espesor de barras	mm	10
2	Separación entre barras	mm	40
3	Numero de barras	unidad	28
4	Ancho del canal	m	1.2
5	Tirante máximo	m	0.73
6	Producción de residuos solidos	m ³ /día	0.153

Fuente: Elaboración de los tesistas

El agua residual ingresara a la cámara de rejas gruesas, que es parte del pretratamiento, donde se eliminan residuos orgánicos o solidos gruesos de dimensiones mayores a 4cm, generando una producción de residuos sólidos de 0.153 m³/día, siendo el ancho del canal de 1.2m con un tirante máximo de 0.73m, espesor de barras 1cm, la separación 4cm y un total de 28 barras.

Tabla N° 5.34: Resumen de resultados del tercer diseño de cámara de rejas finas

Ítem	Descripción	Unidad	Valor
	Cámara de rejas finas		
1	Espesor de barras	mm	6
2	Separación entre barras	mm	15
3	Numero de barras	unidad	53
4	Ancho del canal	m	1.2
5	Tirante máximo	m	0.45
6	Producción de residuos solidos	m ³ /día	1.14

Fuente: Elaboración de los tesistas

La cámara de rejas finas que es parte del pretratamiento, donde el agua residual fluirá y pasara a través rejas o cribas donde se eliminan residuos orgánicos o solidos medianos en suspensión de dimensiones mayores a 1.5 cm generando una producción de residuos sólidos de 1.14 m³/día, siendo el ancho del canal de 1.2m con un tirante máximo de 0.45 m, espesor de barras 0.6 cm, la separación 1.5 cm y un total de 53 barras.

Tabla N° 5.35: Resumen de resultados del tercer diseño de desarenador

1	Numero de desarenadores	unidad	2
2	Ancho del desarenador	m	1.2
3	Largo del desarenador	m	18.5
4	Altura del sedimentador	m	0.59
5	Altura de la zona de recolección de arena	m	0.77
6	Volumen del desarenador	m ³	8.69
7	Altura del desarenador	m	1.95
8	Tirante de agua sobre el vertedero de salida	m	0.21
9	Tiempo de residencia	s	49
10	Volumen de arena recogida por semana	m ³ /sem	11.3

Fuente: Elaboración de los tesisas

El desarenador que es otro elemento del pretratamiento, lo cual se diseñó dos cámaras para hacer la limpieza, mantenimiento y traslado de la arena sedimentada y otros, siendo un volumen de 11.3 m³/semana, donde el agua ingresara por esta superficie con una velocidad de flujo constante de 0.3m/s, lo cual ayudara a remover partículas finas mayores a 2mm hasta un 95%, como arena, semillas, cascaras y otras materias minerales, siendo esto posible con una velocidad de sedimentación de 0.012m/s, longitud de 18.5m, ancho de 1.2m, altura 1.95m y finalmente un vertedero a la salida para la medición de caudales.

Tabla N° 5.36: Resumen de resultados del tercer diseño de reactor anaerobio de flujo ascendente

1	Numero de tanques	unidad	22
2	Volumen de cada reactor	m ³	500
3	Área de cada reactor	m ²	111.1
4	Ancho de cada reactor	m	7.45
5	Altura de cada reactor	m	4.5
6	Largo de cada reactor	m	15
7	Concentración de DBO en el efluente	mg/l	371.23
8	Concentración de DQO en el efluente	mg/l	640.42
9	Concentración de solidos suspendidos en la salida	mg/l	
10	Producción volumétrica de metano	m ³ /día	11,272.49
11	Producción de biogás	m ³ /día	15,029.98
12	Producción de lodos	kgSST/día	11,583.00
13	Volumen de lodos	m ³ /día	283.90
14	Área total necesaria de lecho de secado	m ²	40,541
15	Numero de lecho de secado	unidad	12

16	Largo de cada lecho de secado	m	80
17	Ancho de cada lecho de secado	m	42
18	Altura de la lámina de lodo	m	0.25

Fuente: Elaboración de los tesisistas

El Reactor Anaerobio De Flujo Ascendente (RAFA) o Reactor anaerobio de manto de lodos es un componente del tratamiento secundario, tiene colector del efluente, compartimiento del sedimentador, deflector de biogás, separador solido-liquido-gas y compartimiento de la digestión (manto de lodos, lecho de lodos), el agua residual ingresa por la parte superior a través de pequeños compartimientos, alimentados por vertederos, donde cada caja alimentara un único tubo de distribución, que va hasta el fondo del reactor, lo cual son 50 tuberías diámetro 4", que son distribuidos uniformemente en el fondo, así garantizando un íntimo contacto entre biomasa con el sustrato, siendo la altura del compartimiento de la digestión de 2.15m, altura de compartimiento de decantación de 2m, el volumen de cada reactor 500m³, área del reactor 111.1m², ancho del reactor 7.45m², altura del reactor 4.5m y la longitud de 15 m, generando una eficiencia de remoción de DQO de 67.16%, una eficiencia de remoción de DBO de 75.25% y una producción de biogás de 15,029.98 m³/día, con una temperatura de 23°C, producción de lodos de 283.90 m³/día y un tiempo de residencia hidráulica de 8h para generar la digestión anaerobia, siendo el ciclo de operación de los lechos de secado de 35 días, necesitando 12 unidades de lechos, cada lecho de 80m de largo y ancho de 42m, lamina del lodo 0.25m y un total de área del lecho de 40,541 m². Sin embargo, a pesar de que la microbiología del tratamiento anaerobio es complicada, el diseño se reduce a la aplicación de algunos parámetros, básicamente de carga hidráulica volumétrica que es de 3 m³/m²/día, carga orgánica volumétrica de 1.90 kgDQO/m³/día y las velocidades de flujo de AR en flujo suspendido de 0.56 m/h.

Tabla N° 5.37: Resumen de resultados del tercer diseño de filtro percolador

Filtro percolador circular			
1	Numero de tanques	unidad	22
2	Volumen de cada filtro percolador	m ³	1,272.13

3	Área de cada filtro percolador	m ²	195.71
4	Diámetro de cada filtro percolador	m	15.79
5	Altura de cada filtro percolador	m	6.5
6	Concentración de DBO en el efluente	mg/l	44.55
7	Concentración de solidos suspendidos en la salida	mg/l	458.91
8	Concentración de DQO en el efluente	mg/l	179.32
9	Área superficial especifica del medio	m ² /m ³	120

Fuente: Elaboración de los tesisas

Filtro percolador realiza el tratamiento secundario de las aguas residuales, tiene dos brazos distribuidores rotatorios, medio filtrante, área de ventilación, reja de soporte de drenaje, canal de drenaje.

El volumen de cada filtro 1,272.13m³, área 195.71m², diámetro 15.79m, un medio filtrante 120 m²/m³, altura de 6.5m generando una remoción de DBO 80 %, una remosion de DQO de 65% y una concentración de solidos suspendidos en la salida 55%.

Siendo la función de degradar toda materia orgánica por medio bacterias adheridas al medio filtrante modular corrugado PVC, produciendo un proceso de estabilización que se encarga de absorber material orgánico microscópico de las aguas residuales como son bacteria hongos, virus y otros organismos.

Tabla N° 5.38: Resumen de resultados del tercer diseño de Sedimentadores Primarios

1	Numero de tanques	unidad	11
2	Volumen de cada sedimentador	m ³	347.29
3	Área de cada sedimentador	m ²	77.18
4	Diámetro de cada sedimentador	m	10
5	Altura de cada sedimentador	m	4.5
6	Longitud del vertedero en el sedimentador	m	28
7	Concentración de DBO en el efluente	mg/l	28.96
8	Concentración de solidos suspendidos en la salida	mg/l	146.85
9	Producción de fangos primarios	Kg/día	1,687.91

Fuente: Elaboración de los tesisas

Los sedimentadores primarios son componentes del tratamiento primario, ingresando el flujo de agua en la parte superior por gravedad, haciendo reposar

el agua residual y el lodo acumulando en el fondo, el líquido sale por reboce a través del canal perimetral. El volumen de cada sedimentador 347.29 m³, área de cada sedimentador 77.18m, diámetro de cada sedimentador 10 m, altura de cada sedimentador 4.5 y una longitud del vertedero 28 m, generando una concentración de DBO de 35%, concentración de sólidos suspendidos 55% y un tiempo de residencia 3 horas, una producción de fangos primarios 701.26 kg/día, siendo transportados a relleno sanitario.

Tabla N° 5.39: Resumen de resultados del tercer diseño de cámara de contacto

1	Numero de tanques	unidad	4
2	Volumen unitario útil de la balsa	m ³	159.18
3	Superficie unitaria de la balsa	m ²	39.79
4	Longitud de la balsa	m	7.60
5	Anchura de la balsa	m	5.24
6	Consumo medio de cloro	kg/h	7.64

Fuente: Elaboración de los tesisistas

La cámara de cloración tiene dimensiones de longitud de la balsa 7.6m, ancho de la balsa 5.4m, superficie unitaria de la balsa 39.79m², volumen unitario útil de la balsa 159.18m³ y una dosificación de cloro 7.64 kg/h.

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 PLANTAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES

En el presente trabajo de tesis, se diseñó la planta de tratamiento de aguas residuales para un caudal a futuro de 353.72 l/s que generará la población, teniendo en consideración el número de pobladores actual y futuro a veinte años siendo una población de 117,907 habitantes en el distrito de Huancayo, además se tomó en cuenta el clima, temperatura y el análisis de las aguas residuales.

La primera propuesta de diseño, está conformado por un pretratamiento, rejas gruesas, rejas finas, desarenador y canaleta Parshall, el tratamiento primario lo realiza un conjunto de tanques IMHOFF, tratamiento secundario por varios filtros percoladores, sedimentadores y cámara de cloración, el tratamiento de lodos el tanque IMHOFF, lo cual genera la digestión anaerobia para digerir los lodos y finalmente lecho de secado de lodos.

La segunda propuesta de diseño está compuesta por un pretratamiento, rejas gruesas, rejas finas, desarenador y canaleta Parshall, el tratamiento primario conformado por sedimentadores primarios, el tratamiento secundario lo realiza un conjunto de filtros percoladores con recirculación, sedimentadores secundarios, cámara de cloración y finalmente para el tratamiento de lodos

digestores anaerobios primarios, digestores anaerobios secundarios y lecho de secado de lodos.

El tercer diseño está compuesto por un pretratamiento que son, rejas gruesas, rejas finas, desarenador y canaleta Parshall, realizando el proceso del tratamiento secundario compuesto por un conjunto de reactores anaerobios de flujo ascendente y filtros percoladores, sedimentadores, cámara de cloración, para el tratamiento de lodos los RAFAS que generan la digestión anaerobia para digerir los lodos y finalmente el lecho de secado de lodos.

6.2 Resultados de Remoción de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) Y La Remoción de Solidos Suspendidos Totales (SST) de las Tres Propuestas de Diseño.

En el siguiente cuadro se muestra la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno DBO5, la demanda química de oxígeno DQO y la remoción de solidos suspendidos totales SST, de las diferentes propuestas de diseño.

6.2.1 Análisis de Remoción de Indicadores de Contaminación Bioquímica y Química de la Primera Propuesta de Solución, utilizando filtro percoladores y tanque Imhoff.

Cuadro N° 6.01 Calculo N° 01

Análisis	Entrada según caracterización del afluente	Salida del efluente según primer diseño	Parámetros según el MINAM
DBO5 mg/L	1500 mg/L	72.06 mg/L	100 mg/L
DQO mg/L	1950 mg/L	477.75 mg/L	200 mg/L
ST mg/L	2730 mg/L	229.35 mg/L	150 mg/L
Coliformes termotolerantes NMP/100 ml	340 UFC/100 ml	150.0 mg/L	10,000 NMP/100 ml

pH	6.6	6.8	6.5-8.5
----	-----	-----	---------

Fuente: Elaboración de los tesisas

En el cuadro que antecede se observa que las remociones de indicadores de contaminación han disminuido, pero consideramos que nos es la adecuada

6.2.2 Análisis de Remoción de Indicadores de Contaminación Bioquímica y Química de la Segunda Propuesta de Solución, utilizando filtro percolador y digestor anaerobio.

Cuadro N° 6.02 Calculo N° 02

Análisis	Entrada según caracterización del afluente	Salida del efluente según primer diseño	Parámetros según el MINAM
DBO5 mg/L	1500 mg/L	76.05 mg/L	100 mg/L
DQO mg/L	1950 mg/L	307.13 mg/L	200 mg/L
ST mg/L	2730 mg/L	248.77 mg/L	150 mg/L
Coliformes termotolerantes NMP/100 ml	340 UFC/100 ml	150.0 mg/L	10,000 NMP/100 ml
pH	6.6	6.9	6.5-8.5

Fuente: Elaboración de los tesisas

Se observa en la tabla que antecede, que dentro de la segunda propuesta esta prueba es la que mejor remueve los indicadores de contaminación.

6.2.3 Análisis de Remoción de Indicadores de Contaminación Bioquímica y Química de la Tercera Propuesta de Solución, utilizando filtro percoladores y reactor anaerobio de flujo ascendente.

Cuadro N° 6.03 Calculo N°03

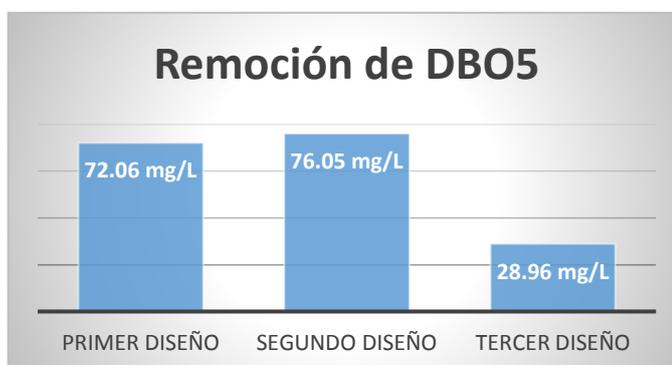
Análisis	Entrada según caracterización del afluente	Salida del efluente según primer diseño	Parámetros según el MINAM
DBO5 mg/L	1500 mg/L	28.96 mg/L	100 mg/L
DQO mg/L	1950 mg/L	195.83 mg/L	200 mg/L
ST mg/L	2730 mg/L	146.85 mg/L	150 mg/L
Coliformes termotolerantes NMP/100 ml	340 UFC/100 ml	70.0 mg/L	10,000 NMP/100 ml
pH	6.6	7.8	6.5-8.5

Fuente: Elaboración de los tesisistas

En el cuadro que antecede, se observa que en esta prueba los resultados de remoción de indicadores de contaminación entre las tres propuestas es la que más remueve. Concluimos que estos resultados son los más favorables.

6.2.4 Resultados de Remoción de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO) Y Solidos Suspendidos Totales (SST) de las Tres Propuestas de Diseño.

Grafico N° 6.01: Resultados de remoción de DBO5 de las tres propuestas de diseño.



Fuente: elaboración de los tesisistas

En este grafico se puede observar que el resultado del primer diseño tiene de remoción el 72.06 mg/L, en el segundo diseño tiene de remoción 76.05 mg/L y el tercer diseño tiene de remoción 28.96 mg/L, concluimos que el tercer diseño tiene mejor remoción de DBO5

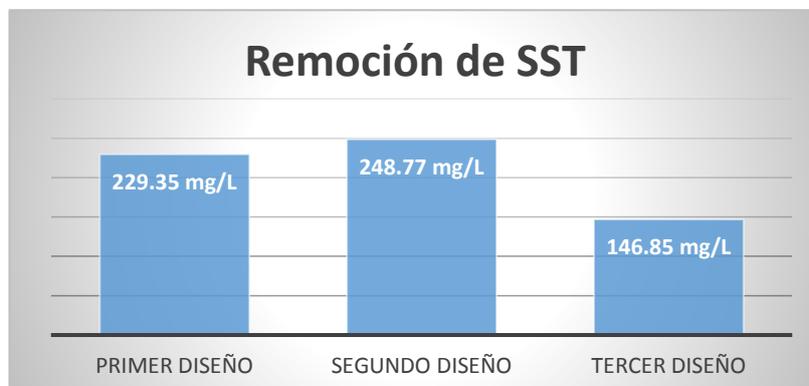
Grafico N° 6.02: Resultados de remoción de DQO de las tres propuestas de diseño.



Fuente: elaboración de los tesistas

En este grafico se puede observar que el resultado del primer diseño tiene de remoción el 477.75 mg/L, en el segundo diseño tiene de remoción 307.13 mg/L y el tercer diseño tiene de remoción 198.53 mg/L, concluimos que el tercer diseño tiene mejor remoción de DQO.

Grafico N° 6.03: Resultados de remoción de SST de las tres propuestas de diseño.

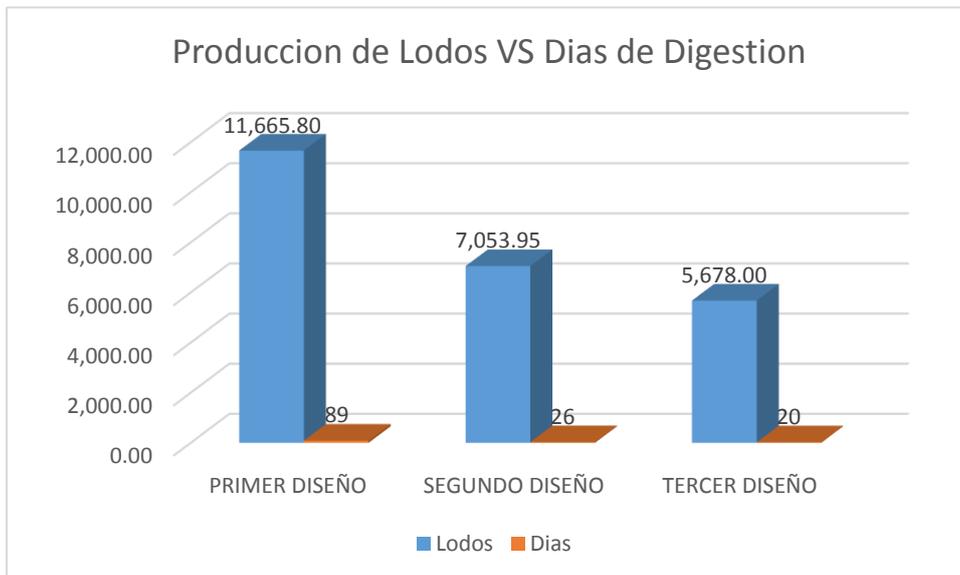


Fuente: elaboración de los tesistas

En este grafico se puede observar que el resultado del primer diseño tiene de remoción el 229.35 mg/L, en el segundo diseño tiene de remoción 248.77 mg/L y el tercer diseño tiene de remoción 146.85 mg/L, concluimos que el tercer diseño tiene mejor remoción de SST.

6.2.5 Resultados de Producción de Lodos de las Tres Propuestas de Diseño.

Grafico N° 6.04: Resultados de producción de lodos de los tres diseños

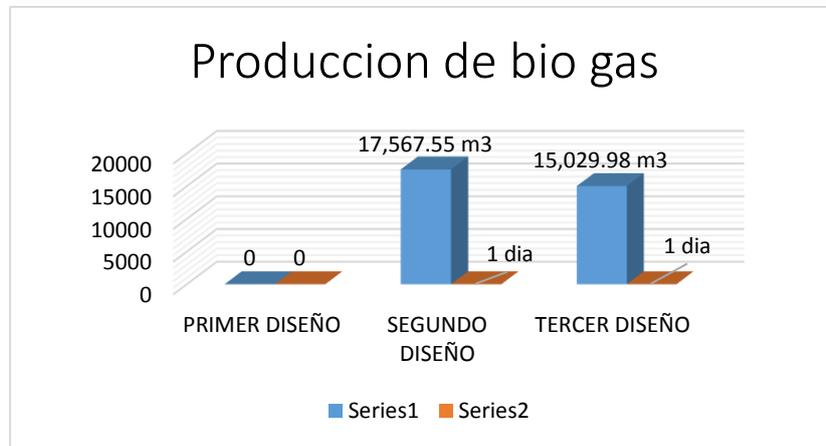


Fuente: elaboración de los tesisistas

En este grafico se puede observar que el resultado del primer diseño tiene una producción de lodos 11,665.80 m³ en 89 días, en el segundo diseño tiene una producción de lodos de 7,053.95 m³ en 26 días y el tercer diseño tiene una producción de lodos de 283.90 m³ en 1 día, concluimos que el tercer diseño tiene menor tiempo de digestión para la producción de lodos digeridos, por lo tanto, teniendo una buena sedimentabilidad y remoción de patógenos.

6.2.6 Resultados de Producción de Bio Gas de las Tres Propuestas de Diseño.

Grafico N° 6.05: Resultados de producción de bio gas de los tres diseños

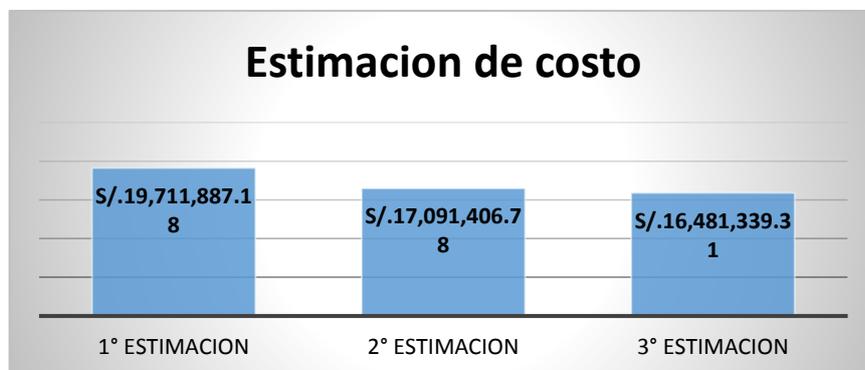


Fuente: elaboración de los tesisas

En este grafico se puede observar que el resultado del primer diseño no tiene producción de bio gas, en el segundo diseño tiene una producción de bio gas 42,567.53 m3 en un tiempo de 26 días y el tercer diseño tiene una producción de bio gas de 15,029.98 m3 en 1 día, concluimos que el tercer diseño tiene mayor producción de bio gas.

6.2.7 Resultados de la Estimación de Costo de Construcción de Procesos Unitarios de las Tres Propuestas.

Grafico N° 6.06: Resultados de estimación de costo constructivo de procesos unitarios de los tres diseños



Fuente: elaboración de los tesisas

En este grafico se puede observar que el resultado del primer diseño tiene una estimación de costo de construcción de procesos unitarios de S/ 19,122,175.00, en el segundo diseño tiene una estimación de costo de S/16,501,609.60 y el tercer diseño tiene una estimación de costo de S/ 15,891,627.13, concluimos que el tercer diseño es más económico porque unos de los motivos es que se necesita menos área para el secado de lodo.

6.2.8 Ventajas y Desventajas de las Tres Propuestas de Diseño.

En los siguientes cuadros se describe las ventajas y desventajas de cada uno de los diseños de Ptar planteados.

Cuadro N° 6.04: ventajas y desventajas de la primera propuesta de diseño

Ventajas	Desventajas
Eficiencia de remoción DBO5, aceptable	No tiene producción de biogás
Requiere baja temperatura para la digestión del lodo	Producción de lodo elevado
Operación es simple, no requiere de personal especializado, en cuanto al sistema anaerobio.	Costo construcción elevado
	Remoción baja de solidos totales suspendidos y demanda química de oxigeno
	Tiempo de digestión elevado para la Tratabilidad del lodo

Fuente: elaboración de los tesisistas

Cuadro N°: 6.05: ventajas y desventajas de la segunda propuesta de diseño

Ventajas	Desventajas
Producción de biogás	Producción de lodo elevado, debido al tiempo de digestión.

Eficiencia de remoción DBO5 aceptable	Costo del proceso constructivo elevado
	Tiempo de digestión elevado
	Temperatura alta para el proceso de remoción del agua y Tratabilidad del lodo
	Remoción baja de sólidos totales suspendidos y demanda química de oxígeno

Fuente: elaboración de los tesisistas

Tabla N° 6.06: ventajas y desventajas de la tercera propuesta de diseño

Ventajas	Desventajas
Producción de biogás aprovechable.	Temperatura alta para el proceso de remoción del agua y Tratabilidad del lodo
Costo del proceso constructivo bajo	Requiere un intercambiador de calor para mantener una temperatura aproximadamente estable.
Requerimientos de área bajos para su construcción	Personal capacitado para la producción de metano y almacenamiento de biogás
Eficiencia de remoción DBO5, DQO, SST muy buena	
Requiere un mínimo de tiempo para la digestión del lodo	
Muy poca producción de lodo	
Operación es simple, no requiere de personal especializado, en cuanto al reactor anaerobio	

Fuente: elaboración de los tesisistas

CONCLUSIONES

1. La planta de tratamiento de aguas residuales utilizando filtros percoladores con lodos anaeróbicos ecológicos es un sistema eficiente porque elimina la mayor parte las cargas contaminantes perjudiciales de las aguas residuales, y disminuyendo el impacto ambiental negativo sobre el medio y evitando el deterioro de los ríos donde son vertidos.
2. Se diseñó tres sistemas diferentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, utilizando filtros percoladores con lodos anaerobios para lo cual se realizó el análisis de las características físicas y químicas de las aguas residuales que se van a tratar para el distrito de Huancayo, y mediante los parámetros de diseño de acuerdo a las normas vigentes se realizó el predimensionamiento de cada componente como son:
 - **El primer diseño: Filtros Percoladores y Tanques IMHOFF.** consta de los siguientes elementos: una cámara de rejas gruesas, finas, un desarenador, una canaleta Parshall todos estos elementos ocupa un área de 220 m² y una estimación de costo de S/. 1,096,098.41, veinte tanques Imhoff ocupando un área de 3080 m² y una estimación de costo de S/. 8,641,150.52, veinte filtros percolador ocupando un área de 1847 m² y una estimación de costo de S/. 3,250,485.83, diez sedimentadores secundarios ocupando un área 849 m² con un costo de estimación de S/. 1,790,048.79, una cámara de contacto ocupando un área de 82 m² con una estimación de costo de S/. 848,357.87 y un de lecho de secado con un área de 93,326.8 m² con una estimación costo de S/. 3,138,262.99, en este primer diseño el área total aproximada es 99,404.8 m² y una estimación de costo total de S/. 19,711,887.18.
 - **El segundo diseño: Filtros Percoladores con Digestores Anaerobios.** Consta de los siguientes elementos: una cámara de rejas gruesas, finas, un desarenador, una canaleta Parshall, todo con un área de 220 m² y una estimación de costo de S/. 1,096,098.41 dos sedimentadores primarios ocupando un área de 866 m² con un costo de estimación de S/. 1,790,048.79,

cuatro filtros percoladores ocupando un área de 1,847 m² y una estimación de costo de S/. 3,250,485.83, dos sedimentadores secundarios ocupando un área de 1624 m² con un costo de estimación de S/. 1,790,048.79, dos digestores anaerobios primarios y un digestor anaerobio secundario todo ocupando un área de 4,921 m² y una estimación de costo de S/. 6,451,002.88, una cámara de contacto ocupando un área de 82 m² con un costo de S/. 848,357.87 y un de lecho de secado con un área de 28,216 m² con un costo de S/. 1,865,365.20, en este segundo diseño el área total aproximada es 37,776 m² y una estimación de costo total de S/. 17,091,406.78.

- **El tercer diseño: Filtros Percoladores con Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente.** Consta de los siguientes elementos: una cámara de rejillas gruesas, finas, un desarenador, una canaleta Parshall todo esto ocupando un área de 220 m² y una estimación de costo de S/. 1,096,098.41, veinte y dos reactores anaerobios de flujo ascendente ocupando un área de 2,444.2 m² y una estimación de costo de S/. 8,387,587.41, veinte y dos filtros percoladores ocupando un área de 1847 m² y una estimación de costo de S/. 3,250,485.83, once sedimentadores secundarios ocupando un área 1,698 m² con un costo de estimación de S/. 1,790,048.79, una cámara de contacto ocupando un área de 82 m² con una estimación de costo de S/. 848,357.87 y un de lecho de secado con un área de 1,136 m² con una estimación de costo de S/. 1,108,761.00, en este tercer diseño el área total aproximada es 7,427.2 m² y una estimación de costo total de S/. 16,481,339.31.

3. Se evaluó la eficiencia de los tres diseños propuestos, mediante los resultados de los porcentajes de la remoción de DBO₅, DQO, SST, producción de lodos, tiempo de digestión de lodos, producción de bio gas, área necesaria para cada Ptar, estimación de costo.

como resultados para el afluente se obtuvo un DBO₅ 1,500 mg/L, DQO 1,950 mg/L, SST 2,730 mg/L.

En la primera propuesta de PTAR utilizando filtros percoladores y tanque Imhoff se tiene un porcentaje de remoción en el DBO5 95.19%, DQO 75.5%, SST 91.6%.

En la segunda propuesta de PTAR utilizando filtros percoladores y digestores anaerobios se tiene un porcentaje de remoción en el DBO5 94.93%, DQO 84.25%, SST 90.9%.

En la tercera propuesta de PTAR utilizando filtros percoladores y reactor anaerobio de flujo ascendente se tiene un porcentaje de remoción en el DBO5 98.07%, DQO 90.80%, SST 94.62 %.

Obteniendo estos resultados de remoción se puede observar que el tercer diseño tiene mayor porcentaje de remoción ante el primer diseño en 2.88% de DBO5, 15.3% de DQO y 3.62% SST y ante el segundo diseño también el tercer diseño tiene mejor remoción en 3.14% de DBO5, 6.55% de DQO y 3.72% SST

Como también se evaluó la producción de lodos en los tres diseños propuestos:

Primer diseño producción de lodos = 11,665.84 m³

Segundo diseño producción de lodos = 7,053.95 m³

Tercer diseño producción de lodos = 5,678.00 m³

Viendo estos resultados se puede decir que el segundo diseño obtiene un 39.53% menos producción de lodo ante el primer diseño.

En tanto el tercer diseño tiene una producción de lodo ante el segundo diseño de 19.5% menos y ante el primer diseño 51.33% menos estos resultados nos ayudan a poder estimar el área a usar para el lecho de secado.

El tiempo de digestión es importante para eliminar patógenos y virus de esta manera se obtiene unos lodos digerido el cual también se evaluó en los tres diseños propuestos.

Tiempo de digestión de lodos del primer diseño = 89 días

Tiempo de digestión de lodos del segundo diseño = 26 días

Tiempo de digestión de lodos del tercer diseño = 20 días

Estos resultados nos indica que en el primer diseño tendrá que pasar 89 días para obtener un lodo digerido y para el segundo diseño tendrá que pasar 26 días en tanto que en el tercer diseño pasara 20 días para obtener un lodo digerido para luego pasarlos al lecho de secado.

La producción del bio gas es un producto que se puede usar para el mantenimiento de la misma planta por tal motivo se evaluó la producción de biogás en los tres diseños propuestos.

Primer diseño producción de biogás = 0 m³

Segundo diseño producción de biogás = 17,567.55 m³

Tercer diseño producción de biogás = 15,029.98 m³

El tercer diseño tiene una producción de gas menor en 14.44%

El área que ocuparía estas Ptars es un factor de importancia ya que se debe optimizar los espacios y prever ampliaciones en el futuro, por tal motivo se evaluó el área a ocupar cada diseño propuesto.

Estimación del área del primer diseño = 99,404.8 m²

Estimación de área del segundo diseño = 37,776 m²

Estimación de área del tercer diseño = 7,427.2 m².

En relación al primer diseño con el segundo diseño, el segundo diseño tiene una rea menor de 38% y en relación del tercer diseño con el segundo diseño, el tercer diseño tiene un área menor de 19%

El costo de ejecución de este proyecto es un factor que se toma en cuenta en la evaluación por lo cual re realizo la estimación de costo de cada diseño de Ptar. Propuesto.

Estimación de costo del primer diseño = S/. 19,711,887.18

Estimación de costo del segundo diseño = S/. 17,091,406.78

Estimación de costo del tercer diseño = S/. 16,481,339.31

Estos resultados nos indica que el segundo diseño es menor en un 13.29% en relación al primer diseño, en tanto que el tercer diseño es menor al primer diseño en 16.39% y menor en 3.57% al segundo diseño.

4. Conociendo el análisis realizado de las tres propuestas de Ptar se determina que el tercer sistema de Ptar compuesto por el filtro percolador con el reactor anaerobio de Flujo ascendente (RAFA) es un sistema eficiente para el tratamiento de las aguas residuales por las siguientes características:
 - Mayor porcentaje de remoción:
 - DBO5 98.07%, DQO 90.80%, SST94.62 %.
 - Menor porcentaje de producción de lodo:
 - producción de lodos = 5,678.00 m³
 - menor tiempo de digestión de lodos:
 - Tiempo de digestión de lodos = 20 días
 - Producción de Bio gas:
 - producción de biogás = 15,029.98 m³
 - Estimación de arrea menor para la Ptar
 - Estimación de área = 7,427.2 m².
 - Estimación de costo menor:
 - Estimación de costo = S/. 16,481,339.31

Aunque la producción de bio gas en menor en 14.44% en comparación de la segunda propuesta creemos que el porcentaje de remoción, tiempo de digestión de lodos, producción de lodos, área, y estimación de costo y son factores importantes que nos llevó a determinar que este sistema de Ptar de filtro percolador con reactor anaerobio de flujo ascendente es un sistema eficiente.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda monitorear la carga contaminante de la demanda bioquímica de oxígeno entrada de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, en el caso se incrementara la carga contaminante modificaría el diseño de la planta, ampliándola a una planta de diseño industrial, según indica la norma.
2. Se recomienda mantener los parámetros de funcionamiento tales como la temperatura y el caudal, en valores constantes, para su buen funcionamiento; y medir la carga volumétrica de Sólidos Suspendidos Volátiles y la carga hidráulica ya que son parámetros importantes de diseño, la variación de dichos valores hará variar las características de diseño.
3. Destinar un 10% de área de la planta para su futura ampliación e implementación de nuevas tecnologías que puedan surgir, como áreas verdes; para cuando las proyecciones de los datos obtenidos en el presente estudio varíen en el tiempo.
4. Capacitar constante mente al personal técnico para su mantenimiento y buen funcionamiento de la Ptar, tomar las precauciones necesarias para la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que el área zonificada para dicho proyecto se encuentra ubicado a la margen derecha del río Mantaro, por consiguiente, el área está afectada por un nivel freático alto.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

TEXTOS

1. AFRICA-EUROPE FAITH AND JUSTICE NETWORK RESEAU FOI ET JUSTICE AFRIQUE-EUROPE. "El Agua: un derecho de todos". Bélgica, 2003.
2. FERNANDEZ B., Jaime."Rediseño del Programa Estratégico GESTION AMBIENTAL PRIORITARIA". GTZ, Cooperación Alemana al desarrollo GTZ, 2010.
3. HUERGA PÉREZ, Efraín. "Desarrollo de Alternativas de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales Mediante El Uso de Tecnologías Limpias Dirigidas al Reciclaje y/o Valoración de Contaminantes". Servei de Publicacions. Universitat de Valencia 2005.
4. MARTIN, Teodoro. "Los mensajes del Agua". Consejo Editorial de AS.P.U.R. Edición: AULA DOCUMENTAL DE INVESTIGACIÓN. Madrid, 2009.
5. OCOLA, Juan J. GESTION DE LA CALIDAD DEL AGUA, VIGILANCIA Y CONTROL DE VERTIMIENTOS. En Área de Gestión de la Calidad del Agua. ANA. Lima, 2010.
6. POSTELL, Sandra. "La Batalla contra la escasez del Agua: La situación en el mundo". Ediciones Apostrofe. Madrid, 1993.
7. RODRIGUEZ, Antonio; LETON, Pedro; ROSAL, Roberto; DORADO, Miriam; VILLAR, Susana; SANZ, Juana. "Tratamientos Avanzados de Aguas Residuales Industriales". Elecé Industria Gráfica. Circulo de Innovación en Tecnologías Medioambientales y Energía. Comunidad de Madrid, 2006.
8. SEPULVEDA, Luis. "Tecnologías en uso de Aguas Residuales y su contribución al Saneamiento Ambiental en el mundo". Fulbright, Colombia.
9. MECALF & EDDY, Inc.(2003) *Wastewater Engineering. Treatment and reuse*. (4ta edition). Ed. Mc Graw Hill.
10. Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (RAFA's o UASB) Antología (2011) M. en. C. Marjorie Márquez Vázquez y M. en C. Sergio A. Martínez González. Centro Tecnológico Aragón Laboratorio de Ingeniería Ambiental

TESIS O TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

11. CORONADO ROCHA Olber, et.al, (2001). "Proyecto Regional Sistemas Integrados De Tratamiento Y Uso De Aguas Residuales En América Latina Realidad Y Potencial", presentado en el estudio general del caso de la ciudad de Cochabamba Bolivia.
12. CAYLLAHUA PEÑA, Luis A." Eliminación de residuos orgánicos (aceites y grasas) de aguas residuales por electrocoagulación". UNCP, 2007.
13. EDUARDO FERNÁNDEZ MAYO PETERNELL, (2010). Tesis "Proyecto Ejecutivo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Para la Localidad de Xochiapa.
14. MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA INFRAESTRUCTURA SANITARIA DE LA LOCALIDAD DE AYACUCHO AL 31-12-2015
15. CARLOS ANTONIO AYALA DURAN, ELI DÍAZ CASTILLO (2008) Manual Para El Diseño De Unidades De Tipo Biológico En Platas De Tratamiento De Aguas Residuales Domesticas En El Salvador.
16. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente Comisión Nacional del Agua
17. ARISTIZÁBAL CASTRILLÓN, Adriana. y BERMÚDEZ AGUDELO, María. 2007. "Estudio de la factibilidad de un sistema de electrocoagulación para tratamiento de aguas procedentes de lavanderías industriales con fines de reusó". Universidad Pontificia Bolivariana escuela de ingeniería facultad de Ingeniería Química Medellín.

REVISTAS

18. INEI JUNIN - OFICINA DEPARTAMENTAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA-JUNÍN Huancayo, Julio 2010.

19. Normas De saneamiento. Vice Ministerio de Construcción y Saneamiento Dirección Nacional de Saneamiento. Lima, enero de 2007
20. SUNASS © 2008 Estudio situacional de los sistemas de tratamiento de las aguas residuales en la EPS del Perú y propuesta de solución.
21. ANTONIO BRACK EGG (2009). Manual para municipios ecoeficientes, ministro del ambiente Lima,
22. Fernando Momy Hada SUNASS (2015) Diagnostico de las Plantas de Tratamiento de las Aguas Residuales en el Ámbito de Operación de las Entidades Prestadoras de Servicio de Saneamiento.
23. Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales primera edición abril 2014 OEFA.
24. JAIRO ALBERTO ROMERO ROJAS (2001) TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES TEORÍA Y PRINCIPIOS DE DISEÑO.
25. SERGIO ROLIM MENDONCA (2000) sistema de lagunas de estabilización
26. Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud (CEPIS/OPS) (2005) GUÍA PARA EL DISEÑO DE TANQUES SÉPTICOS, TANQUES IMHOFF Y LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.
27. MVCS. (2014). Plan Nacional de Inversiones del Sector de Saneamiento 2014-2021. Lima.

PÁGINA WEEB

28. [http:// AGUAS RESIDUALES - Monografias_com.htm](http://AGUAS_RESIDUALES_Monografias_com.htm) > [consulta: 12 Abril 2007].
29. <http://www.dipinnova.com/tratamiento-de-aguas-residuales-mediante-tecnologia-electroquimica-20070914158.html>
30. <http://www.monografias.com/trabajos12/contagua/contagua.shtml#TRAT>
31. http://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento_de_aguas
32. http://www.uninorte.edu.co/extensiones/IDS/Ponencias/Pon_Fulbright/Riohacha,%20Fulbright/TECNOLOGIAS%20EN%20USO%20DE%20AGUAS%20RESIDUALES.pdf
33. <http://www.mityc.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/342/9GregorioOrtiz.pdf>

34. <http://www.dipinnova.com/tratamiento-de-aguas-residuales-mediante-tecnologia-electroquimica-20070914158.html>
35. <http://es.scribd.com/doc/500216/Estudio-de-la-electrocoaguacion-como-tratamiento-de-aguas-residuales-industriales>
36. <http://www.hidritec.com/tec-electrocoagulacion.htm>
37. http://html.rincondelvago.com/aguas-residuales_3.html
38. http://html.rincondelvago.com/aguas-residuales_2.html
39. <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001854/185432s.pdf>
40. http://www.uninorte.edu.co/extensiones/IDS/Ponencias/Pon_Fulbright/Riohacha,%20Fulbright/TECNOLOGIAS%20EN%20USO%20DE%20AGUAS%20RESIDUALES.pdf
41. <http://www.aguasistec.com/planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales.php> Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – Ptar.

ANEXOS