



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TEMA DE TESIS:

“ELABORACIÓN DE UN ESTUDIO TÉCNICO PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE UN SISTEMA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES CASERO EN EL SECTOR SANTA ROSA, CANTÓN SALINAS, PROVINCIA DE SANTA ELENA, AÑO 2017”

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR:

BÉLGICA GERMANIA BAQUERIZO FIGUEROA

TUTOR DE TESIS:

ING. MARLON NARANJO LAÍNEZ MSc.

**AÑO
2017**

DEDICATORIA

A todas aquellas personas que supieron brindarme su confianza y apoyo incondicional, en especial a mis padres, hermanos e hijos.

Bélgica Germania Baquerizo Figueroa

AGRADECIMIENTO

A Dios por la fuerza que me impulsa día a día en mis metas.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena y a la Facultad de Ingeniería Industrial.

A la Junta Parroquial de Santa Rosa por su apoyo para la realización del presente trabajo.

Al Master Ing. Marlon Naranjo Laínez, tutor de tesis, quien con sus valiosos conocimientos y paciencia supo guiar el proyecto de investigación.

A compañeros y amigos que siempre han estado en las buenas y en las malas.

Bélgica Germania Baquerizo Figueroa

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación “ELABORACIÓN DE UN ESTUDIO TÉCNICO PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE UN SISTEMA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES CASERO EN EL SECTOR SANTA ROSA, CANTON SALINAS, PROVINCIA DE SANTA ELENA , AÑO 2017”, elaborado por la egresada Bélgica Baquerizo Figueroa de la Facultad de Ingeniería Industrial, Carrera de Ingeniería Industrial, de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado el proyecto, doy paso para que sea evaluado y aprobado por el Tribunal de Grado, para su posterior titulación.

Atentamente

Ing. Marlon Naranjo Láinez MSc.

Tutor de Tesis

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Alamir Álvarez. MSc
DECANO (E) DE LA FACULTAD
INGENIERÍA INDUSTRIAL

Ing. Marco Bermeo García. MSc.
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL

Ing. Marlon Naranjo Laínez.
TUTOR DE TESIS DE GRADO

Ing. Jorge Ramírez Becerra.
PROFESOR DE AREA

Ab. Brenda Reyes Tomalá. Msc.
Secretaria General

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y PATRIMONIO INTELLECTUAL

El contenido del presente trabajo de graduación “ELABORACIÓN DE UN ESTUDIO TÉCNICO PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE UN SISTEMA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES CASERO EN EL SECTOR SANTA ROSA, CANTON SALINAS, PROVINCIA DE SANTA ELENA , AÑO 2017” es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Bélgica Germania Baquerizo Figueroa

UNIVERSIDAD ESTATAL
PENINSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

TEMA: ELABORACIÓN DE UN ESTUDIO TÉCNICO PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE UN SISTEMA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES CASERO EN EL SECTOR SANTA ROSA, CANTON SALINAS, PROVINCIA DE SANTA ELENA , AÑO 2017.

Autor: Bélgica Baquerizo Figueroa **Tutor** Ing. Marlon Naranjo Láñez MSc

RESUMEN

El estudio técnico tendrá un diseño del tratamiento de aguas residuales domesticas en la parroquia Santa Rosa, por lo tanto se excluye las aguas de sangre y de cola que son generadas por las plantas asentadas en la parroquia mencionada. Para el inicio de la investigación se realizaron mediciones de caudal, efectuadas en la tubería de descarga que se encuentra a orillas de la playa de Santa Rosa, mediante cinco monitoreos y cumpliendo con los análisis físicos, químicos y microbiológicos de las muestras, cada muestra estuvo compuesta de 6 litros de agua residual, cuya caracterización se fundamenta en métodos: cuantitativos y cualitativos; utilizando métodos descritos en las normas: APHA/AWWA/Standard Methods. En base de los resultados realizados en la caracterización del agua residual se obtuvo un valor de 1800 mg/l en términos de DBO, siendo el parámetro más importante en tomar en cuenta para el dimensionamiento del tratamiento propuesto, se diseñó u tratamiento de aguas residuales casero que consta de un canal, rejillas, regleta, dos tanques inhoff ubicados en serie, dos lechos de secado, dos filtros anaerobios de flujo ascendente y finalmente un sistema de aireación por cascadas. Con el tratamiento de aguas residuales

propuesto se lograra el cumplimiento de la legislación ambiental ecuatoriana e internacional para prevenir la contaminación de las costas de la parroquia de Santa Rosa.

ÍNDICE GENERAL

	Págs.
PORTADA.....	I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	IV
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN	V
RESUMEN.....	VII
ÍNDICE GENERAL.....	IX
ÍNDICE DE GRAFICOS	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE IMÁGENES	XVII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XVIII
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	2
1.1 Antecedentes.	2
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.3 Objetivos.	8
1.3.1 Objetivo General	8
1.3.2 Objetivo Específicos	8
1.4 Hipótesis.....	8
1.4.1 Variable Dependiente.....	8
1.4.2 Variable Independiente	9
CAPÍTULO II: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.....	10
2.1 Características generales	10
2.2 Ubicación geográfica del problema ambiental.....	10
2.3 Tipos de viviendas y habitantes de la población del lugar del proyecto	14

2.4 Agua residual doméstica.	17
2.4.1 Principales características de las aguas residuales	17
2.5 Problema de aguas residuales en la zona	23
2.6 Medición de caudales.....	25
2.7 Muestreo y análisis de las Aguas residuales domésticas.	28
2.8 Normativa Ambiental.....	32
2.8.1 Normas para Alcantarillado de Aguas Residuales.....	32
2.8.2 Normas para la caracterización de las aguas residuales domésticas.	33

CAPÍTULO III: APLICACIÓN DE FUNDAMENTOS E INSTRUMENTOS PARA EL DISEÑO DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

3.1 Fundamentos e Instrumentos	35
3.2 Procedimiento	35
3.3 Formulas a Utilizar.....	36
3.3.1 Caudal de diseño: Volumen de Agua Residual Máximo a soportar el tratamiento propuesto.....	36
3.4 Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales.....	51
3.4.1 Datos para dimensionamiento de las Unidades Físicas del Tratamiento de Aguas residuales.....	51
3.4.1.1 Canal de Llegada.....	51
3.4.1.2 Cribado.....	52
3.4.1.2.1 Clasificación de las Rejillas	52
3.4.1.2.2 Diseño de las rejillas	53
3.4.1.3 Tratamiento Primario	56
3.4.1.4 Sedimentación	57
3.4.1.4.1 Tipos de Clarificación del Agua por Sedimentación	57
3.4.1.4.2 Clasificación de los Tanques de Sedimentación	58
3.4.1.4.3 Diseño del Tanque de Sedimentación	58
3.4.1.5 Tratamiento Secundario	64
3.4.1.5.1 La Filtración del Agua	64

3.4.1.5.2 Clasificación de los Filtros.....	65
3.4.1.5.3 Diseño de un Filtro Lento Biológico de Arena	67
3.4.1.5.4 Lecho de secado	70
3.5 Análisis de las Aguas Residuales.....	72
3.6 Identificación y Evaluación de Impacto Ambiental.....	73
3.6.1 Calificación de la matriz	74
3.6.2 Interpretación de la Matriz de Leopold.....	75

CAPÍTULO IV: DISEÑO DE UN TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS ALTERNATIVO.....

4.1 Diseño para el tratamiento de aguas residuales domésticas.....	77
4.2 Resultados de la Medición de Caudales.....	78
4.3 Resultados de la Caracterización de las Aguas Residuales.....	80
4.4 Dimensionamiento del Tratamiento de Aguas Residuales.....	81
4.4.1 Cálculos del Volumen Individual de las Muestras Puntuales	81
4.4.2 Cálculos del Sistema de Colector de Aguas Domiciliario	82
4.4.3 Calculo de la Población para el Diseño.....	83
4.4.4 Calculo del Caudal Pluvial.....	83
4.4.5 Régimen Hidráulico	87
4.4.6 Relación diámetro teórico/ Diámetro de la tubería:	89
4.4.7 Relación Radio Hidráulico teoría/ Radio Hidráulico en la tubería:	89
4.4.8 Pre Tratamiento	90
4.4.9 Cribado (Rejillas).....	91
4.4.10 Tratamiento Primario (Sedimentador Convencional)	93
4.4.11 Tratamiento Secundario	98
4.4.12 Lecho de Secado:	102
4.5 Parámetros de Construcción.....	104
4.6 Dimensionamiento de las Unidades Físicas del Tratamiento propuesto para las Aguas Residuales	105
4.6.1 Pre-Tratamiento.....	105

4.6.2 Tratamiento Primario	107
4.6.3 Tratamiento Secundario	109
4.7 Tratamiento de aguas residuales domésticas Propuesto.....	111
4.7.1 Esquema de Procesos del Tratamiento Propuesto.....	112
4.8 Rendimiento del Proceso de Depuración	113
4.8.2 Rendimiento del Tratamiento Primario.....	114
4.8.3 Rendimiento del Tratamiento Secundario.....	115
4.8.4 Rendimiento Total del Tratamiento Propuesto	116
4.9 Verificación del Cumplimiento con la Normativa Ambiental	117
CAPÍTULO V: ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO	118
5.1 Costos e inversiones de la propuesta.....	118
5.1.1 Presupuesto de Construcción	118
5.1.2 Presupuesto de Mano de Obra.....	120
5.1.3 Presupuesto de Equipos	121
5.1.4 Presupuesto de Materiales.....	121
5.1.4 Presupuesto General.....	123
5.2 Financiamiento.....	124
5.3 Evaluación Financiera (TIR, VAN, Coeficiente costo/beneficio, Recuperación del Capital).....	126
5.3.1 Valor Actual Neto (VAN).....	126
5.3.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)	129
5.3.3 Periodo de Recuperación de la Inversión.....	130
5.3.4 Coeficiente Costo/Beneficio	130
5.3.5 Punto de Equilibrio	131
5.4 Cronograma de Actividades para ejecución de la propuesta.	133
CONCLUSIONES	135
RECOMENDACIONES	136
BIBLIOGRAFÍA	137

ÍNDICE DE GRAFICOS

	Págs.
Grafico No. 1: Diagrama de Ishikawa (Causa – Efecto)	7
Gráfico No. 2: Parroquias urbanas de Salinas	11
Gráfico No. 3: División urbana de la parroquia de Santa Rosa	12
Grafico No. 4: Tipo de Viviendas en la Provincia de Santa Elena	15
Grafico No. 5: Cobertura de Servicios Básicos en la Provincia de Santa Elena	16
Grafico No. 6: Clasificación de las partículas sólidas contenidas en un agua residual según su diámetro	19
Grafico No. 7: Método Volumétrico	27
Grafico No. 8: Diferentes formas de rejillas	56
Grafico No. 9: Sedimentación Convencional	59
Grafico No. 10: Detalle de los orificios aboquillados	59
Grafico No. 11: Filtro Lento de Arena	67
Grafico No. 12: Variación Diaria de Caudal	79
Grafico No. 13: Canal de Llegada	106
Grafico No. 14: Rejillas	106
Grafico No. 15: Pantalla Perforada	107
Grafico No. 16: Sedimentador Convencional	108
Grafico No. 17: Filtro Biológico de Arena	109
Grafico No. 18: Lecho de Secado	110
Grafico No. 19: Unidades de tratamiento de Aguas Residuales	111
Grafico No. 20: Esquema de Procesos	112
Grafico No. 21: Punto de Equilibrio	133
Grafico No. 22: Cronograma de Actividades	134

ÍNDICE DE TABLAS

	Págs.
Tabla No. 1: Piscina de Oxidación de la Provincia de Santa Elena	2
Tabla No. 2: Coordenadas geográficas	13
Tabla No. 3: Relación entre algunos constituyentes inorgánicos y el agua residual	20
Tabla No. 4: Técnicas para la Caracterización Físico, Química y Microbiológica del Agua Residual	29
Tabla No. 5: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce/mar	34
Tabla No. 6: Caudal promedio de efluentes	36
Tabla No. 7: Tramos de la red de alcantarillado actual	40
Tabla No. 8: Coeficiente de Retorno	41
Tabla No. 9: Datos para el cálculo del caudal de infiltración	42
Tabla No. 10: Datos para el cálculo del caudal para conexiones erradas	43
Tabla No. 11: Datos para el cálculo del caudal medio	44
Tabla No. 12: Datos para el cálculo de pendiente	44
Tabla No. 13: Datos para el cálculo del diámetro de la tubería	46
Tabla No. 14: Velocidad Máxima y Coeficiente de Rugosidad	47
Tabla No. 15: Datos para el cálculo de la velocidad de la tubería	49
Tabla No. 16: Datos para el cálculo de la tensión tractiva	50
Tabla No. 17: Datos para el cálculo profundidad excavación	50
Tabla No. 18: Datos para el cálculo del canal de llegada	51
Tabla No. 19: Datos para el cálculo de las rejillas	52
Tabla No. 20: Clasificación de las rejillas	53
Tabla No. 21: Coeficiente de Perdida para Rejillas	56
Tabla No. 22: Tipos de Sedimentadores	57
Tabla No. 23: Clasificación de los Tanques de Sedimentación	58
Tabla No. 24: Datos para el cálculo de la zona de entrada	60
Tabla No. 25: Datos para el cálculo de la zona de sedimentación	61
Tabla No. 26: Datos para el cálculo de la zona de salida	64
Tabla No. 27: Clasificación de los Filtros	65
Tabla No. 28: Ventajas y Desventajas de los Filtros Lentos de Arena	66

Tabla No. 29: Datos para el cálculo del filtro biológico de arena	68
Tabla No. 30: Datos para el cálculo del lecho de secado	72
Tabla No. 31: Análisis de las aguas residuales	72
Tabla No. 32: Valoración de la magnitud para la matriz de Leopold	74
Tabla No. 33: Matriz de Evaluación de Leopold	76
Tabla No. 34: Resultados de la medición de Caudales	78
Tabla No. 35: Resultados de los Ensayos de Laboratorio	80
Tabla No. 36: Caudal del Volumen Individual	82
Tabla No. 37: Resultados de los Diferentes Caudales	105
Tabla No. 38: Dimensiones del canal de Llegada	105
Tabla No. 39: Dimensiones de las Rejillas	106
Tabla No. 40: Dimensiones de la Pantalla Difusora	107
Tabla No. 41: Dimensiones del Tanque Sedimentador	108
Tabla No. 42: Dimensiones del vertedero de salida del Sedimentador	108
Tabla No. 43: Dimensiones del Filtro Lento Biológico de Arena	109
Tabla No. 44: Dimensiones del vertedero de entrada del filtro	109
Tabla No. 45: Dimensiones del Lecho de secado	110
Tabla No. 46: Parámetros fuera de los límites de la Normativa Ambiental	113
Tabla No. 47: Rendimiento del Pre-tratamiento	114
Tabla No. 48: Rendimiento del Tratamiento Primario	115
Tabla No. 49: Rendimiento del Tratamiento Secundario	116
Tabla No. 50: Eficiencia Total del Tratamiento propuesto	117
Tabla No. 51: Verificación del Cumplimiento de la normativa ambiental	118
Tabla No. 52: Presupuesto de Construcción	119
Tabla No. 53: Mano de Obra	121
Tabla No. 54: Equipos	121
Tabla No. 55: Lista de Materiales	122
Tabla No. 56: Presupuesto General	123
Tabla No. 57: Financiamiento	124
Tabla No. 58: Amortización	125

Tabla No. 59: Intereses Anuales del Préstamo	126
Tabla No. 60: Flujo de Ingresos	127
Tabla No. 61: Flujo de Egresos	127
Tabla No. 62: Flujo de Efectivo Neto	128
Tabla No. 63: VAN	129
Tabla No. 64: TIR	129
Tabla No. 64: Recuperación de la Inversión	130
Tabla No. 65: Tiempo estimado para la recuperación de inversión	130
Tabla No. 66: Valores estimado para el Punto de Equilibrio	132

ÍNDICE DE IMÁGENES

	Págs.
Imagen No. 1: Ubicación geográfica del problema ambiental	11
Imagen No. 2: Ubicación de las descargas de agua residual en Santa Rosa	13
Imagen No. 3: Población de la Parroquia de Santa Rosa	16
Imagen No. 4: Arribo de especies marinas muertas en las playas de Santa Rosa	23

ÍNDICE DE ANEXOS

	Págs.
ANEXO N°1: CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES	140
ANEXO N°2: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES	141
ANEXO N°3: CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES	142
ANEXO N°4: SISTEMAS ACUÁTICOS	145
ANEXO N°5: TRATAMIENTOS MEDIANTE APLICACIÓN DIRECTA EN EL TERRENO	146
ANEXO N°6: CAJA DE REVISION Y TAPA OPCION DE LADRILLO	147
ANEXO N°7: RESUMEN DE VARILLAS DE ACERO	148
ANEXO N°8: PRESUPUESTO PREFERENCIAL DE LA CAJA DE REVISIÓN	149

GLOSARIO DE TÉRMINOS

A	Área (m ²)
APHA	American Public Health Association
CEC	Código Ecuatoriano de la Construcción
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
cm	Centímetros
CO₂	Dióxido de Carbono (mg/L)
d	Días
D	Dotación de Agua Potable (L/hab-día)
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)
DQO	Demanda Química de Oxígeno (mg/L)
e	Numero de Euler
Ec.	Ecuación
f	Factor de infiltración
Fig.	Figura
g	Gramos
h	Horas
H	Altura (m)
Ha	Hectáreas
Hab	Habitantes
IDF	Intensidad – Duración - Frecuencia
INEC	Instituto Ecuatoriano de Censos
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
Kg	Kilogramos
Km	Kilómetros
L	Litros
m	Metros
máx.	Máxima
mg	Miligramos

mL	Mililitros
mm	Milímetros
msnm	Metros sobre el nivel del mar
OPS	Organización Panamericana de la Salud
P	Población (hab)
PAI	Puesto de Auxilio Inmediato
pH	Potencial de Hidrogeno
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
PVC	Policloruro de Vinilo
Q	Caudal (L/m ³)
RAS	Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico
s	Segundos
SAC	Sistema de Alcantarillado Combinado
Se	Concentración de efluente (mg/L)
SENPLADES	Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo
So	Concentración de afluente (mg/L)
T	Tiempo (s)
TULAS	texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario
UFC	Unidades Formadoras de Colonias
UNT	Unidades Nefelometrías Técnicas
V	Volumen (m ³)
w	Ancho (m)

INTRODUCCIÓN

La importancia que actualmente presenta la preservación de los recursos naturales, en este caso la costa marina de la población de Santa Rosa, logrando de esta manera cuidar las especies marinas y el paisaje de sus playas, dado que sus costa marina es la fuente de empleo de toda la mayoría de habitantes de la parroquia. Este tipo de efluentes que se trabajara son las aguas residuales domesticas generadas por los habitantes, de acuerdo a su origen se procederá a realizar el tratamiento de aguas residuales correcto pero con la particularidad que no se utilizara equipos alguno, sino por procesos físicos y químicos de una forma que la comunidad y las autoridades no gasten demasiado presupuesto económico en la inversión de la propuesta. El trabajo de investigación está compuesto de 5 capítulos, los cuales serán descritos a continuación:

En el **Capítulo I** se describe la problemática sobre las descargas de aguas residuales domésticas, sus antecedentes, la justificación y los objetivos principales que consiste la propuesta.

En el **Capítulo II** se denota el área de estudio que comprende, sus alcances, el sistema de tratamiento y las características que presenta la red de alcantarillado de la que cuenta la población existente de Santa Rosa.

Capítulo III explica la metodología que se utilizó para el dimensionamiento del tratamiento de aguas residuales, así como cada uno de los procesos que se van utilizar en la misma.

En el **Capítulo IV** se detalla los cálculos realizados para el tratamiento de efluentes propuesto, cada una de las unidades de depuración que constara el tratamiento, por último en el **Capítulo V** se detalla el presupuesto general para poder realizar la propuesta, el cronograma de actividades, las conclusiones, las recomendaciones y la bibliografía utilizada.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes.

Actualmente en la provincia de Santa Elena no existe proyectos nuevos para el tratamiento de aguas residuales domésticas, con esta alternativa de reutilización de agua se podría gastar menos dinero en el consumo diario de agua en los hogares, por lo tanto sería una buena inversión para las personas.

De acuerdo con la investigación, obtuvimos algunos datos estadísticos de la cantidad de aguas residuales que se descarga o son provenientes de la parroquia Santa Rosa no existen, pero si tenemos el promedio volumétrico de aguas residuales domésticas y de alcantarillado proviene de la población de Salinas, a continuación muestro un cuadro con los valores de las piscinas de tratamiento de aguas residuales de AGUAPEN EP:

Tabla No. 1: Piscina de Oxidación de la Provincia de Santa Elena

Tipo de Laguna	Capacidad de laguna (m³)	Total de capacidad para las 3 lagunas (m³)
Lagunas anaerobias	14.600	43.800
Lagunas Facultativas	35.200	105.600
Total		149.400

Fuente: AGUAPEN EP

Obtuvimos un promedio de 149.400 m³/día que se descarga de aguas residuales domesticas en el Cantón de Salinas con este dato podemos concluir que las cantidad de aguas desechadas son considerables, pero en la parroquia de Santa Rosa encontramos algunos sectores que estas descargas no van a hacia la planta de tratamientos de efluentes, sino que su destino es la playa de Santa Rosa, esta propuesta esta direccionada a este sector de la comunidad que está cercana al mar.

Se tomaron en cuenta dos sectores de la población de Santa Rosa porque actualmente estas líneas de descarga no son conducidas a la planta de tratamiento de aguas servidas sino al mar, de este modo con este promedio de aguas residuales domesticas se trabajara para nuestra propuesta, de hecho la cantidad agua podría subir de acuerdo al número de integrantes de cada vivienda y el sistema de recolección de aguas lluvias, todo esto influye al volumen que se podría acondicionar con el tratamiento propuesto.

1.2 Planteamiento del problema.

En la sociedad de hoy en día existe mucho desinterés respecto al cuidado del agua, ya que sin agua no podremos vivir, es por eso que es necesario que tomemos consideración de la importancia que tiene en el desarrollo de nuestra vida y orientemos esfuerzos para poder cuidarla.

Los tratamientos de aguas residuales tanto domesticas como industriales son aplicados en varios países en todo el mundo como por ejemplo: Inglaterra, Alemania, Francia, Italia, Holanda o Países Bajos, Emiratos Árabes, India, Japón, China, Seúl, Estados Unidos, Canadá, Australia, Hawái, todos estos países adoptan dentro de sus ciudades proyectos de reutilización de aguas servidas para diferentes fines, con esto demuestra que se contamina menos al descargar aguas servidas a fuentes de aguas abiertas como mares, ríos o lagunas.

En el país se ha aplicado el tratamiento de aguas residuales industriales en fábricas como San Carlos en la ciudad de la Troncal, y aguas residuales domesticas en urbanizaciones del cantón Samborondón específicamente en Porto Vento, Isla Mocoli y Villa Club, han aplicado métodos convencionales apegados a los procesos unitarios para dicho tratamiento y han tenido resultados muy favorables para su población, con estos casos de proyecto de tratamiento de aguas residuales nos da la opción de inclinarnos y realizar un proyecto de similares características.

Como parte fundamental de esta problemática, las aguas residuales domésticas, provienen del agua potable domiciliaria; que es utilizada ya sea para lavar platos, la preparación de alimentos o la cocina, para el lavado de ropa y para el uso de los servicios higiénicos. A partir de este efluente se plantea la idea de un tratamiento de aguas residuales domésticas para volver a reutilizar dicha agua tratada, mediante la utilización de filtros y otros medios especializados para su depuración y así de esta manera poder descontaminarlas para un nuevo uso y aportando un gran beneficio a la comunidad. Las utilidades del agua depurada o tratada sería para el uso del inodoro, para regadío de los jardines o plantas, para el lavado de carros y limpieza general de las viviendas.

La contaminación provocada por aguas residuales en el cantón Salinas, se viene dando desde muchos años, pero a partir del 2004 se había detectado la degradación de la calidad del agua de mar en los balnearios de la península de Santa Elena según fuente del diario “EL UNIVERSO”. En la provincia de Santa Elena dispone de una empresa dedicada al tratamiento de las aguas residuales que es Aguapen EP, como también otros departamentos de control por ejemplo la Jefatura Ambiental del Cabildo de Salinas, Dirección General de la Marina Mercante, entre otras. Actualmente la provincia de Santa Elena cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario, estaciones de bombeo, planta de tratamiento, disposición final de los efluentes, pero este sistema no está en su totalidad hasta la fecha actual año 2017 tiene una cobertura del 65% en toda la población, nos queda como conclusión que en algunas viviendas tienen conexiones de desagües de pozo séptico, o en los peores de los casos, estas viviendas son cercanas al mar tienen conexiones de aguas servidas directas al mar, y además de los desagües de los edificios y las fábricas que están cercanas a la zona marina costera.

De acuerdo con la problemática en los últimos 5 años, no se ha elaborado ningún estudio técnico sobre la cantidad de aguas residuales descargadas directamente al mar ni tampoco estudios ambientales que describan el daño sobre el medio de la fauna

marina de las costas de Santa Rosa, por eso nos queda tomar datos en base a nuestra investigación.

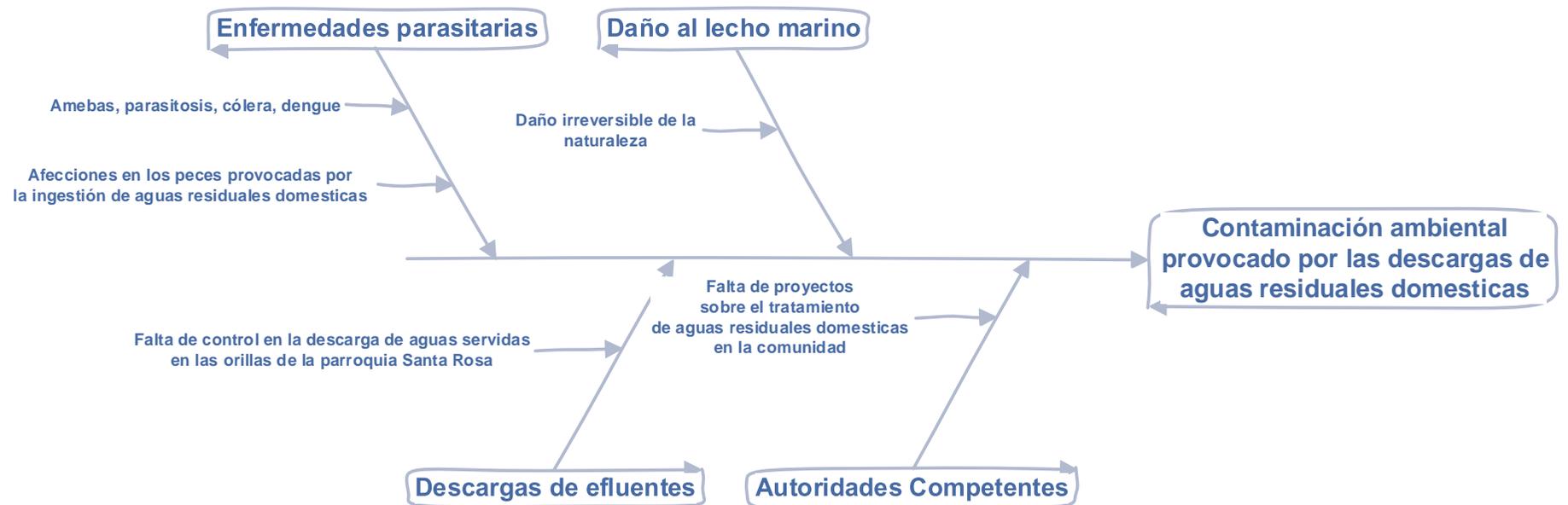
En el portal web de Ecuador en Cifras (www.ecuadorencifras.gob.ec) obtuvimos valores acerca de la aplicación de procesos de tratamientos de aguas residuales y la disposición final de los mismos. De acuerdo al portal nos muestra que la adopción de los procesos de tratamiento se realiza en mayor parte por los GAD municipales de la región Sierra con un 48.98%, mientras que en la costa es de 30.64%, pero en la costa se concentra este porcentaje de aplicación en las provincias de Guayas, Manabí, El Oro y las demás provincias son índices muy bajos. En el campo de la disposición final de los efluentes a nivel nacional se descarga mayormente en ríos, quebradas y en otros sitios (en este caso el mar), pero hablando de la Península de Santa Elena la disposición de estos efluentes se realiza al mar con un previo tratamiento por parte de Aguapen EP.

Ciertas organizaciones públicas y privadas han optado por implementar tratamiento de aguas residuales, ya que le han proporcionado buenos resultados, pero la población de Santa Rosa ha estado desatendida por las autoridades de turno del municipio local, y no se ha hecho nada al respecto, este problema viene de la mano con la contaminación que ha originado en las orillas del mar de Santa Rosa, por la carga contaminante que se desecha por lo cual afecta a los peces, al afectar a los peces afecta también en las labores de los pobladores de la zona que se dedican a la pesca, y actividades como el turismo.

En los últimos 5 años no se ha realizado ni adoptado alguna medida para remediar el problema de las descargas de agua residuales domesticas en la población de Santa Rosa, el alcantarillado actual cubre ciertas zonas de la parroquia en mención, pero esto no abastece a las necesidades de los pobladores, por eso se necesita algún tratamiento que disminuya el impacto ambiental que existe actualmente en sus playas.

En el siguiente diagrama causa-efecto exponemos algunas causas que provocan este problema de contaminación ambiental en Santa Rosa, estas causas serán tomadas en cuenta para su posterior análisis.

Grafico No. 1: Diagrama de Ishikawa (Causa – Efecto)



Fuente: Bélgica Baquerizo

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas alternativo y su reutilización, utilizando tecnología de punta, para los hogares del sector Santa Rosa, Cantón Salinas, Provincia de Santa Elena.

1.3.2 Objetivo Específicos

- Obtener un análisis de la situación actual de las aguas residuales domésticas en la parroquia Santa Rosa.
- Aplicar fundamentos e instrumentos para el diseño del tratamiento de aguas residuales domesticas en el Sector Santa Rosa.
- Elaborar un diseño de tratamiento de aguas residuales domesticas que ayude a depurarla el agua y así reutilizarla por la población.
- Realizar un análisis económico- financiero sobre la elaboración del trabajo de titulación.

1.4 Hipótesis.

Al realizar el diseño de tratamiento de aguas residuales domésticas alternativo, se obtendrá la reutilización de aguas tratadas en los hogares del sector Santa Rosa, cantón Salinas, provincia de Santa Elena

1.4.1 Variable Dependiente

Para la reutilización de aguas tratadas utilizando fundamentos de procesos unitarios

1.4.2 Variable Independiente

Diseño de un tratamiento de aguas residuales domésticas alternativo.

CAPÍTULO II

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.

2.1 Características generales

La parroquia Santa Rosa forma parte de la cabecera cantonal de la Provincia de Santa Elena, posee unos 4000 habitantes que se dedican a la pesca en el Puerto Artesanal del mismo nombre y durante los meses de Diciembre hasta Abril se concentra el comercio y turismo en la zona.

La bahía de Santa Rosa es, por lo tanto, un puerto pesquero tradicional y artesanal que presenta un atractivo comercio marítimo, pero que desafortunadamente produce 5,24 toneladas de desechos orgánicos (residuos de pescado), agua de pescado (sangre de pescado + agua) y demás actividades relacionadas con la pesca que son realizadas en condiciones poco o nada higiénicas lo cual ha provocado contaminación, olores desagradables y mal aspecto visual a los habitantes del sector y los pocos turistas que visitan las playas de Santa Rosa, donde es considerado uno de los lugares de mayor expendio de productos del mar en el país.

2.2 Ubicación geográfica del problema ambiental

El sector de Santa Rosa se encuentra es una de las parroquias urbanas del Cantón Salinas de la provincia de Santa Elena, ubicada a 144 Km de la ciudad de Guayaquil. Santa Rosa se encuentra delimitada por dos cabos, el primero en la zona de Petropolis detrás del Barrio Los Reales Tamarindos, y el siguiente ubicado en el Barrio 1 de Enero, existe un pequeño cabo intermedio que limita la zona de la playa de Santa Rosa, ubicada en el centro de la población frente al parque de Santa Rosa. Es justamente debido a estas divisiones geográficas que se

presentan propiciamente las anomalías presentadas en las aguas Residuales en Santa Rosa.

Gráfico No. 2: Parroquias urbanas de Salinas



Fuente: Junta Cívica de la Parroquia de Santa Rosa.

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

Imagen No. 1: Ubicación geográfica del problema ambiental



Fuente: Google Earth

Gráfico No. 3: División urbana de la parroquia de Santa Rosa



Fuente: Junta Cívica de la Parroquia de Santa Rosa.

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

Mediante la aplicación de Google Earth se obtuvo tanto la captura satelital de la ubicación geográfica del problema ambiental (véase la imagen #1), así como también se elaboró una tabla con las coordenadas exactas del posicionamiento de sitio del problema ambiental.

Tabla No. 2: Coordenadas geográficas

VERTICE	COORDENADAS		COORDENADAS	
	LATITUD	LONGITUD	LATITUD	LONGITUD
A	2°12'38.33"S	80°56'44.18"O	2°12'46.69"S	80°56'38.80"O
B	2°12'31.62"S	80°56'34.32"O	2°12'22.10"S	80°56'49.30"O
C	2°12'12.25"S	80°56'58.02"O	2°11'57.26"S	80°57'24.35"O
D	2°12'11.06"S	80°57'59.36"O	2°13'6.46"S	80°56'14.04"O
E	2°11'58.00"S	80°57'55.61"O	2°13'0.29"S	80°56'25.43"O

Fuente: Google Earth

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

En base a las visitas de campo que se han realizado se pudo notar y verificar los afluentes de aguas residuales que circulan y se descarga en las riberas del mar de Santa Rosa, propiamente agua residual generadas para la parroquia Santa Rosa, por lo que cuenta con un sistema de alcantarillado pero no en su totalidad, por lo que afecta parte del ecosistema marino del sector en mención. Específicamente el sector afectado son las costas de Santa Rosa, una parte anexa de su malecón donde se desemboca una tubería de cemento de 2” y descarga todas las aguas residuales de los barrios que no poseen el servicio de alcantarillado domiciliario.

Específicamente el problema de las aguas residuales se encuentra en las costas de Santa Rosa, alejadas del puerto pesquero del sector (véase la imagen #2), como antes se mencionó se descarga al mar.

Imagen No. 2: Ubicación de las descargas de agua residual en Santa Rosa



Fuente: Investigación Directa

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

2.3 Tipos de viviendas y habitantes de la población del lugar del proyecto.

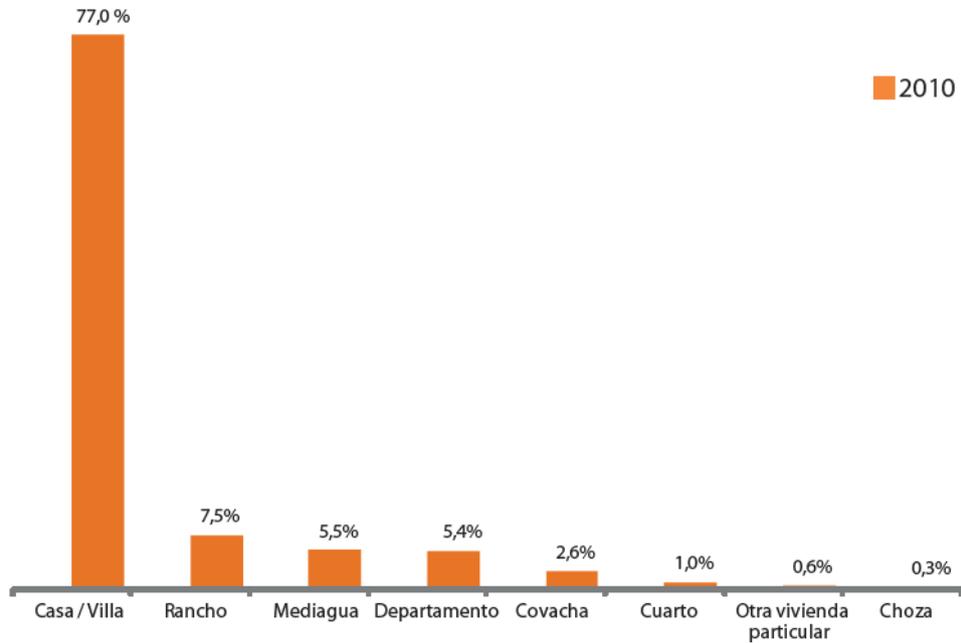
Según el censo 2010, Ecuador tiene 14'483.499 habitantes y 4'654.054 viviendas, siendo los departamentos el tipo de vivienda particular que más se incrementó de 9,1% en 2001 a 11,7% en 2010.

La provincia de Santa Elena tiene una superficie de 3.762,8 kilómetros cuadrados (1,46 del total nacional) y con una población residente de 308.693 habitantes (2% del total nacional), de los cuales 151.831 son mujeres y 156.862 son hombres y una población flotante superior a 200.000 personas en época alta de turismo, básicamente turistas de Guayaquil y otros cantones de la Provincia del Guayas y del país. El cantón Santa Elena tiene cinco parroquias rurales, Salinas dos y La Libertad es totalmente urbano. Salinas se encuentra a 141 km de Guayaquil, su extensión territorial es de 68,7 km², constituido por sus 4 parroquias: Salinas cabecera principal (urbana) con 25,8 km², Santa Rosa (Urbana), Anconcito con 8,8 km² y José Luis Tamayo (Muey) con 34,1 km² estas dos últimas son rurales. (Fuente: <http://www.salinas.gob.ec/index.php/salinas/demografia/106-salinas>)

El tipo de viviendas que cuenta la parroquia Santa Rosa no existe datos estadísticos sobre aquello, por ende se utilizó algunos valores del último censo que se realizó en el 2010, obteniendo un promedio de 101.893 viviendas en toda la provincia de Santa Elena, demostrando los valorados ponderados en el gráfico de a continuación sobre el tipo de viviendas en toda la provincia:

Grafico No. 4: Tipo de Viviendas en la Provincia de Santa Elena

¿QUÉ TIPO DE VIVIENDA TENEMOS?



Fuente: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/santa_elena.pdf

NOTA: Pese a ser una provincia pequeña y nueva en el Ecuador, tiene una buena dotación adecuada de servicios de vivienda a excepción del servicio telefónico y red pública de alcantarillado sanitario.

Como dato adicional la mayor parte de las viviendas de Santa Rosa son de estructura de hormigón armado, hecha de bloque y de cemento, la otra se compone de casas mixtas, realizadas entre madera y hormigón, y una pequeña parte elaboradas por de cana que son provistas por el MIDUVI, entonces la casa que tienen una incidencia con el problema de contaminación, son las que se encuentran en las riberas u orillas del mar en la parroquia, dado por su extrema cercanía está a un solo paso de las olas del mar y las aguas residuales que desembocan en el sitio mencionado.

Imagen No. 3: Población de la Parroquia de Santa Rosa



Fuente: Investigación directa
Elaborado por: Bélgica Baquerizo

De acuerdo a la investigación realizada es necesario mencionar, si las viviendas de la población actual cuenta con cada uno de los servicios básicos, por ello se tomó de referencia el siguiente grafico para conocer la cobertura de sus servicios a los habitantes.

Grafico No. 5: Cobertura de Servicios Básicos en la Provincia de Santa Elena

SERVICIO ELÉCTRICO	2010
Con servicio eléctrico público	65.404
Sin servicio eléctrico y otros	8.911
SERVICIO TELEFÓNICO	
Con servicio telefónico	12.488
Sin servicio telefónico	61.827
ABASTECIMIENTO DE AGUA	
De red pública	56.546
Otra fuente	17.769
ELIMINACIÓN DE BASURA	
Por carro recolector	70.193
Otra forma	4.122
CONEXIÓN SERVICIO HIGIÉNICO	
Red pública de alcantarillado	22.777
Otra forma	51.538

Fuente: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/santa_elen.pdf

2.4 Agua residual doméstica.

Las aguas residuales que se utilizaran en la propuesta son las generadas principalmente por los habitantes de la parroquia de Santa Rosa, dado que las aguas generadas por el sector industrial pesquero de la zona, son ajenas al estudio técnico que elaborará, dado esta breve descripción de los efluentes, a continuación se describe los conceptos más importantes que contiene las aguas residuales domésticas.

Se entiende por aguas residuales aquellas que han sido utilizadas con un fin consuntivo, incorporando a ellas sustancias que deterioran su calidad original (contaminación), disminuyendo su potencialidad de uso. Las aguas residuales más comunes corresponden a:

Aguas residuales domesticas (aguas servidas). Son las aguas de origen principalmente residencial (desechos humanos, baños, cocina) y otros usos similares que en general son recolectadas por sistemas de alcantarillado en conjunto con otras actividades (comercial, servicios, industria). Esta agua tiene un contenido de solido inferior al 1%. Si bien su caudal y composición es variable, pueden tipificarse ciertos rangos para los parámetros más característicos.

2.4.1 Principales características de las aguas residuales

Estas características de las aguas residuales son parámetros importantes para el tipo de tratamiento, así como para la gestión técnica de la calidad ambiental.

Características Físicas

Temperatura

La temperatura de las aguas residuales es mayor que la de las aguas no contaminadas, debido a la energía liberada en las reacciones bioquímicas que se presentan en la degradación de la materia orgánica. Las descargas calientes son otra cosa de este aumento de temperatura.

Turbidez

La turbidez, medida de la propiedad de transmisión de la luz del agua, es otro ensayo utilizado para indicar la calidad de los vertidos de aguas residuales con respecto a la materia suspendida.

Color

El color es un indicativo de la edad de las aguas residuales, el agua residual reciente suele ser gris, a medida que los compuestos orgánicos son descompuestos por las bacterias, el oxígeno disuelto en el agua residual se reduce y el color cambia a negro. En esta condición, se dice que el agua residual es séptica.

Olor

El olor es debido a los gases producidos en la descomposición de la materia orgánica, sobre todo a la presencia de ácido sulfhídrico volátiles. El agua residual reciente tiene olor peculiar algo desagradable, pero más tolerable que el del agua residual séptica.

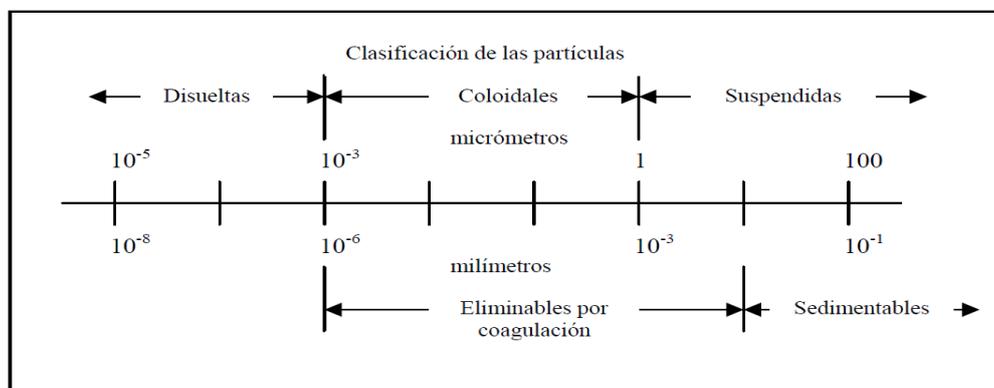
Sólidos Totales

Los sólidos totales presentes en el agua residual se clasifican según su tamaño o presentación en sólidos suspendidos y sólidos filtrantes.

Sólidos suspendidos: son las partículas flotantes, como trozos de vegetales, animales, basura, y aquellas otras que también son perceptibles a simple vista y tienen posibilidades de ser separadas del líquido por medios físicos sencillos. Dentro de los sólidos suspendidos se pueden distinguir los sólidos sedimentables, que se depositan por gravedad en el fondo de los receptores. Estos sólidos sedimentables, son una medida aproximada de la cantidad de fango que se eliminara mediante sedimentación.

Sólidos filtrables: esta fracción se compone de sólidos coloidales y disueltos, la fracción coloidal consiste en partículas con un diámetro aproximado que oscila entre 10^{-3} y 1 micra (véase la gráfica No. 3). Esta fracción no puede eliminarse por sedimentación, los sólidos disueltos se componen de moléculas orgánicas, moléculas inorgánicas e iones que se encuentran disueltos en el agua. Por lo general, se requiere una coagulación seguida de sedimentación para eliminar estas partículas en suspensión.

Grafico No. 6: Clasificación de las partículas sólidas contenidas en un agua residual según su diámetro



Fuente: Investigación directa

Características Químicas

Las características químicas estarán dadas, principalmente en función de los desechos que ingresan al agua servida.

Materia Orgánica

La materia orgánica está compuesta en un 90% por carbohidratos, proteínas, grasas y aceites provenientes de excrementos y orina de seres humanos, restos de alimentos y detergentes. Estos contaminantes son biodegradables, es decir, pueden ser transformados en compuestos más simples por la acción de microorganismos naturales presentes en el agua, cuyo desarrollo se ve favorecido por las condiciones de temperatura y nutrientes de las aguas residuales domésticas.

El agua residual contiene también pequeñas cantidades de moléculas orgánicas sintéticas como agentes tensoactivos, fenoles y pesticidas usados en algunos casos en la limpieza.

Materia Inorgánica

Se incluyen en este grupo todos los sólidos de origen generalmente mineral, como son sales minerales, arcillas, lodos, arenas y gravas no biodegradables. En la Tabla 1 se presenta la relación entre algunos constituyentes inorgánicos y el agua residual.

Tabla No. 3: Relación entre algunos constituyentes inorgánicos y el agua residual

Elemento	Relación con el agua residual
Hidrogeno (pH)	El intervalo de concentración idóneo para la existencia de la mayoría de vida biológica es muy estrecho y crítico. El agua residual con una concentración adversa de ion hidrogeno es difícil de tratar por medios biológicos. Por lo general, el pH

	óptimo para el crecimiento de los organismos se encuentra entre 6.5 y 7.5
Cloruros	Proceden de la disolución de suelos y rocas que los contienen y que están en contacto con el agua, intrusión del agua salada (zonas costeras), agua residual doméstica, agrícola e industrial. Suministra información sobre el grado de concentración de agua residual.
Nitrógeno	Nutriente esencial para el crecimiento de protistas y plantas. Básico para la síntesis de proteínas.
Fosforo	Incrementa la tendencia de proliferación de algas en el receptor. Íntimamente ligado, igual que el nitrógeno al problema de la eutrofización.
Azufre	Requerido en la síntesis de las proteínas y liberado en su degradación.

Fuente: Investigación directa

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

Gases

Las aguas residuales contienen diversos gases adversos gases con diferente concentración:

Oxígeno disuelto: Es el más importante, y en un gas que va siendo consumido por la actividad química y biológica. La presencia de oxígeno disuelto en el agua residual evita la formación de olores desagradables. La cantidad de oxígeno disuelto depende de muchos factores, como temperatura, altitud, movimientos del curso receptor, actividad biológica, actividad química.

Ácido sulfhídrico: Se forma por la descomposición de la materia orgánica que contiene azufre y por la reducción de sulfitos y sulfatos minerales. Su presencia, que se manifiesta fundamentalmente por los olores que produce, es un indicativo de la evolución y estado de un agua residual.

Anhídrido carbónico: Se produce en la fermentación de los compuestos orgánicos de las aguas residuales negras.

Metano: Se forma de la descomposición anaerobia de la materia orgánica por la reducción bacteriana del CO₂.

Otros gases: Se producen además gases malolientes, como ácidos grasos volátiles y otros derivados del nitrógeno.

Características biológicas

Estas características están definidas por la clase de microorganismos presentes en el agua entre los cuales tenemos:

Bacterias

Es un papel importante en la descomposición y estabilización de la materia orgánica. Las bacterias pueden dividirse su vez, en anaerobias, aerobias o facultativas, según la necesidad de oxígeno.

Bacterias anaerobias: Son las que consumen oxígeno procedentes de los sólidos orgánicos e inorgánicos y la presencia de oxígeno disuelto no les permite subsistir. Los procesos que provocan son anaerobios, caracterizados por la ausencia de malos olores.

Bacterias aerobias: Son aquellas que necesitan oxígeno procedente del agua para su alimento y respiración, el oxígeno disuelto que le sirve de sustento es el oxígeno libre (molecular) del agua y las descomposiciones y degradaciones que provocan sobre la materia orgánica son procesos aerobias, caracterizados por la ausencia de malos olores.

Bacterias facultativas: Algunas bacterias aerobias y anaerobias que pueden llegar a adaptarse al medio opuesto, es decir las aerobias a medio oxígeno disuelto y las anaerobias a aguas con oxígeno disuelto.

Bacterias Coliformes: Bacterias que sirven como indicadores de contaminantes y patógenos, son usualmente encontradas en el tracto intestinal de los seres humanos y animales de sangre caliente.

2.5 Problema de aguas residuales en la zona

Como hemos mencionado cada una de las características que tienen las aguas residuales dentro de su composición física, química y biológica, debemos comprender que ha provocado este problema actualmente en la población, uno de los mayores impactos que ha ocurrido en Santa Rosa es la baja recolección de peces por el motivo de las aguas residuales u otros desechos ajenos que se arrojan al mar, por la mala costumbre de las personas y habitantes de la parroquia.

Imagen No. 4: Arribo de especies marinas muertas en las playas de Santa Rosa



Fuente: Investigación directa
Elaborado por: Bélgica Baquerizo

Este problema ya lleva años que se ha presentado la problemática de descargas de aguas residuales domesticas en la parroquia en mención, pero lamentablemente las autoridades encargadas no han realizado absolutamente nada al respecto sobre la descargas de efluentes al mar, dado que se ha realizado planes de manejo

ambiental sobre la implementación del malecón y del puerto pesquero artesanal de Santa Rosa, pero solo son estudios geográficos, topográficos y dimensionamiento de las obras civiles que podrían entrar en construcción, pero han quedado en documentación que reposa en la Municipalidad de Salinas y la Junta Cívica de la parroquia.

La parroquia de Santa Rosa no cuenta con el servicio de alcantarillado dentro de las viviendas considerado como domiciliario como el general o pluvial para la recolección de las aguas lluvias, este un servicio que aún no cubren en toda su totalidad del casco urbano de la parroquia, dado que también se encuentran industrias pesqueras que se asientan en la zona, y estas generan aguas residuales industriales provenientes de residuos tanto líquidos como sólidos, originarios de la producción de la pesca, pero no solamente la tarea es cambiar el método de descarga sin previo tratamiento a los efluentes producidos en Santa Rosa, pero nos regiremos a la población que genere estas aguas, por lo que las plantas son obligaciones de crear tratamiento de aguas residuales dentro de sus instalaciones.

Las aguas servidas o aguas residuales domesticas en el cantón Salinas, vienen desde Febrero del 2003 (Fuente El Universo), dado que el sistema de tratamiento de aguas servidas se habilito desde los años 2002, pero el 90% de las edificaciones o las viviendas tenían problemas de conectarse a la red de alcantarillado, o por problemas de construcción de su colector individual, dado que Santa Rosa también forma parte de este problema.

Un problema que surgió como antecedente fue que para unirse al sistema de canalización se tiene que cambiar de pendiente de las tuberías de los pozos sépticos y eso significaría destrozar el pavimento, la baldosa o lo que haya puesto en cada una de las localizaciones que se encuentre los habitantes de la parroquia de Santa Rosa, pero justamente para las personas que viven en la orilla tienen su conexión pequeñas distancias del mar., que hasta el día de hoy no se ha hecho nada o mucho al respecto.

2.6 Medición de caudales.

La medición de caudal es importante para conocer el flujo de descarga de los efluentes que desembocan a diario al mar de Santa Rosa, por lo tanto es un valor fundamental que se utilizara en el tratamiento que se plantea como propuesta para evitar ese impacto ambiental ocasionado.

El caudal es la cantidad de un líquido que fluye de modo natural o no natural en un determinado lugar y por una unidad de tiempo. Generalmente se utiliza la siguiente ecuación para el cálculo del caudal:

$$Q = \frac{V}{T}$$

Donde:

V = Volumen del líquido o gas (m³)

T = Tiempo de flujo (s)

La medición de caudal es una técnica con el fin de facilitar el muestreo, ya que a través del mismo se puede obtener una concentración promedio de los contaminantes presentes en el agua residual a lo largo de una jornada, turno o ciclo de producción de agua residual por día.

Para poder medir el caudal de una descarga, se debe realizar por lo menos 3 jornadas de medición permiten calcular los caudales medio y máximo horario representativos de la descarga, y el factor de mayorización correspondiente.

El aforo de caudal es un conjunto de operaciones que permiten determinar el caudal de un curso de agua que fluye por una determinada sección de un cauce natural. Se realiza para un nivel de agua observado (tirante) y para un cierto nivel o porcentaje de exactitud. Para la realización del aforo de caudales existen varios métodos que registran mediciones de una manera continua o permanente o de una

manera puntual o instantánea. La mayoría de los métodos de aforo se basan en la ecuación de Continuidad:

$$Q = V * A$$

Donde:

A = Área (m²)

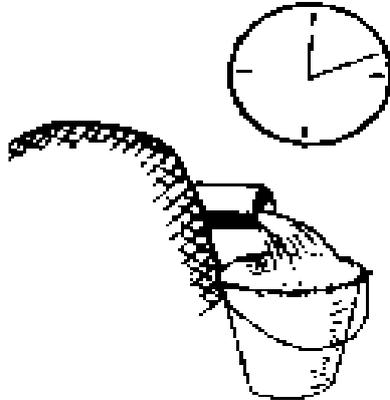
El método a escoger depende básicamente de la calidad y cantidad de los registros de caudales necesarios en un estudio hidrológico.

Método Volumétrico

La manera más sencilla de calcular caudales pequeños es por medio de la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido. Para ello, el fluido es desviado hacia un canal de descarga en un recipiente adecuado, y el tiempo que demora su llenado se mide por medio de un cronometro. Para caudales de más 4 l/s es adecuado un recipiente de 10litros de capacidad, el mismo que se llenara en un tiempo de 2 ½ segundos; y para caudales mayores es recomendable usar un recipiente de 200 litros.

La medición de caudal de las descargas domesticas de la Cabecera Parroquial de Santa Rosa se realizó mediante la aplicación del Método Volumétrico, este método se usa cuando la descarga presenta un caída de agua en la cual se puede interponer un recipiente de volumen conocido (10 a 20 L) y con graduaciones de 1L, tomándose el tiempo de llenado del recipiente y obteniéndose el caudal por medio de cálculos.

Grafico No. 7: Método Volumétrico



Fuente: Aforo Volumétrico

De acuerdo a las características de la caja revisión donde se reciben las aguas residuales del área de estudio se empleó el método volumétrico, el mismo que se realizó de forma manual y se requirió de un cronómetro y recipientes graduados. Dicho procedimiento consistió en recolectar un volumen de muestra (V) y medir el tiempo (t) entre el comienzo de la recolección y el retiro del recipiente desde el flujo.

El recipiente que se usó para determinar el caudal fue un balde de 10L, primero se procedió a purgar el balde con tres porciones de agua residual de aproximadamente un litro. Luego se colocó el balde debajo de la descarga de manera que recibiera todo el flujo y a través de un proceso simultáneo se obtuvo el llenado del balde con un cronómetro.

La cabecera parroquial de Santa Rosa cuenta con dos puntos de descarga para las aguas residuales generadas: dos de ellas pertenecen a las industrias dedicadas a la producción de sardinas, atuneras y harineras de pescado, por ejemplo Promarosa, es la más cercana a la problemática. La medición se realizó en 10 jornadas de medición horaria durante 12 horas del día (desde las 7:00 a 18:00) por días 6 días consecutivos.

2.7 Muestreo y análisis de las Aguas residuales domésticas.

La técnica de muestreo sirve específicamente para observar las condiciones que presentan las aguas residuales que hoy afectan a la parroquia de Santa Rosa y es motivo de un tratamiento adecuado para su depuración. Dado que el muestreo se realizara como se explicó anteriormente tomando muestras para conocer el caudal y el flujo que se genera a partir de periodos de tiempo durante el día, además el muestreo nos sirve para ver las características como: turbiedad, solidos suspendidos, solidos sedimentables, la cantidad de pH, su DBO y DQO, por lo consiguiente es un paso obligatorio realizar las respectivas muestras para cumplir con los análisis que la ley estipula actualmente.

Para recolectar las muestras de agua residual se escogió un muestreo del tipo compuesto en función del caudal. Se recolecto una muestra compuesta con un volumen final de 3 litros conformada por cinco muestras puntuales tomadas en un periodo de dos horas, cada media hora a partir de las 12:00 a 14:00 horas, por 3 días consecutivas. Para el cálculo del volumen de cada muestra puntual se utilizó la ecuación Ec. (3).

Las muestras se recolectaron en botellas plásticas limpias de 1L y en botellas de vidrio de 1L para los análisis físicos-químicos y en frascos estériles de 150 mL, para los análisis microbiológicos.

A continuación se describe cada una de las técnicas que se aplica para los análisis respectivos a las aguas residuales domesticas en la parroquia Santa Rosa. Sin embargo estos puntos de ensayos son realizados por los laboratorios encargados sobre los análisis de las condiciones o las propiedades de los efluentes:

Tabla No. 4: Técnicas para la Caracterización Físico, Química y Microbiológica del Agua Residual

Parámetro	Método/Norma	Resumen del Método
Aceites y Grasas	PEE/LAB-CESTTA/42APHA 5520C	Los aceites y grasas viscosas, así como los sólidos son separados por filtración de la muestra líquida acidificada, mientras los jabones metálicos, son hidrolizados por la acidificación. Una vez separados de la solución, en el material retenido en el filtro se realiza una extracción en un equipo SOXHLET, utilizando como solvente éter de petróleo.
Color real	PEE/LAB-CESTTA/61APHA 2120C	El color se determina mediante comparación visual de la muestra con concentraciones conocidas de soluciones coloreadas. La comparación también puede realizarse con disco especiales de cristal de color calibrado. El método patrón de medida de color es el cobalto-platino, siendo la unidad de color el producido por 1 mg de platino/l en forma de ion cloplatino. El índice cobalto-platino puede variarse para equipar tonalidades en casos especiales.
Coliformes fecales	PEE/LAB-CESTTA/48APHA9222D, 9221	El principio de esta técnica consiste de un volumen medio de muestra a través de una membrana de nitrato de celulosa y su incubación en un medio de cultivo selectivo a 44,5°C. Este medio selectivo y la temperatura de incubación disminuyen el desarrollo de bacterias no Coliformes que afectarían negativamente el crecimiento de los Coliformes fecales.
pH	PEE/LAB-CESTTA/05APHA 4500 H	El método consiste en la determinación de la actividad de los iones de Hidrogeno por medidas potenciométricas usando un electrodo

		combinado o un electrodo estándar de hidrogeno de vidrio con un electrodo de referencia.
DBO (5) (mg/l)	PEE/LAB-CESTTA/09APHA 5210 D	La muestra o una disolución de la misma, es incubada por 5 días a 20°C en la obscuridad. Se mide la concentración de oxígeno disuelto antes y después de la incubación, el consumo de oxígeno corresponde a la Demanda Bioquímica de Oxígeno.
DQO (mg/l)	PEE/LAB-CESTTA/46APHA 5220 D	La muestra se oxida con una cantidad conocida de dicromato de potasio en exceso, en medio ácido y con catalizadores. El dicromato de potasio remanente es determinado espectrofotométricamente a 600mm.
Sólidos Sedimentables (mg/l)	PEE/LAB-CESTTA/09APHA 2540 D	Verter en el canal imhoff 1000 ml. De muestra perfectamente mezclada y leer el volumen de sedimento a los 10 minutos en la escala.
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	PEE/LAB-CESTTA/13APHA 2540 D	Son los materiales retenidos por un filtro estándar de fibra de vidrio y secados 103-105°C
Sólidos Totales (mg/l)	PEE/LAB-CESTTA/10APHA 2540B	Son los residuos resultantes luego de la evaporación y secado de la muestra en una estufa a 103-105°C.
Fosforo (mg/l)	PEE/LAB-CESTTA/81N 4500-P	El análisis de fosforo incluye dos pasos generales en los métodos: a) conversión de la forma fosforada en ortofotato disuelto, b) determinación colorimétrica del ortofosfato disuelto. La filtración a través de un filtro de membrana de 0,45 un de diámetro del poro separado de las formas disueltas del fosforo de las suspendidas, es una técnica analítica cómoda y repetible destinada a conseguir una

		separación grosso modo, al cual después de una serie de procedimientos permite leer la muestra en el espectrofotométrico.
Nitritos (mg/l)	PEE/LAB-CESTTA/17APHA 4500-NO2-B	El nitrito se determina por la formación de un colorante azo purpura rojizo, produciendo a un pH 2.0 a 2.5 por acoplamiento de sulfanilamida diazotizada con diclorohidrato de N-(1-naftil)-etilendiamina (diclorohidrato de NED).
Nitratos (mg/l)	PEE/LAB-CESTTA/16APHA 4500-NO2-E	Preparar soluciones estándares de nitrato entre un rango de 0 y 7 mg/l por disolución de la solución intermedia de nitrato, medir la absorbancia de los estándares a 220 y 275 mm contra un blanco de agua. La muestra debe ser clara, si es necesario filtrada.

Fuente: AMERICAN PUBLIC HELTH ASSOCIATION. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

2.8 Normativa Ambiental

El agua de suministro una vez utilizado se convierte en un acarreador de desechos que lleva consigo sustancias disueltas, suspendidas o emulsionadas y que limitan o impiden su aplicación en el uso que les dio origen, a menos que reciba un tratamiento. Generalmente el agua residual contiene varias sustancias en exceso que deben ser reguladas por alguna normativa ambiental antes de ser descargadas al recurso agua. El contenido de estas sustancias no debe exceder los límites permisibles de la norma.

El Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013 en su Objetivo 4, establece lo siguiente:

Garantizar los derechos de la naturaleza y promover un ambiente sano y sustentable, Política 4.4, hace referencia en prevenir, mitigar y controlar la contaminación ambiental como aporte para el mejoramiento de la calidad de vida, regulando criterios de preservación, conservación, ahorro y usos sustentables del agua e implementando normas para controlar y enfrentar la contaminación de los cuerpos de agua mediante la aplicación de condiciones explícitas para el otorgamiento de las autorizaciones de uso y aprovechamiento.

Basándose en este concepto se nombran a continuación las normas ambientales aplicadas durante el desarrollo de este trabajo.

2.8.1 Normas para Alcantarillado de Aguas Residuales.

Para el diseño y dimensionamiento de la red de alcantarillado combinado y unidades de planta de tratamiento para las aguas residuales para el sector en mención, se debe aplicar las siguientes normativas:

Normativa Ecuatoriana emitido por el Código Ecuatoriano de la Construcción C.EC:

- Normas para estudio y diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes:
 - Octava Parte: Sistemas de Alcantarillado.
 - Décima Parte: Sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Normativa colombiana emitida por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000:

- Sección II – Título E: Tratamiento de Aguas Residuales, Republica de Colombia, Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico.

Normativa peruana emitida por la Organización Panamericana de la Salud y el Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental:

- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – CEPIS / OPS. Guías para el Diseño de Plantas de tratamiento para Aguas Residuales.

También se consideró los parámetros de diseños para Sistemas de Agua Potable para Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Guayaquil, emitidos por la Dirección de Ingeniería: Jefatura de Estudios y Diseño de la Empresa Pública Interagua.

2.8.2 Normas para la caracterización de las aguas residuales domésticas.

Para la caracterización de las aguas residuales provenientes de la Cabecera Parroquial de Santa Rosa y determinación de la calidad del efluente que se

descarga en el mar del sector en mención, se aplicó la normativa emitida por el Texto unificado de Legislación Ambiental, Libro VI – Anexo #1:

- Norma de Calidad Ambiental y descarga de efluentes: Recurso Agua:
 - Normas de descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor: agua dulce y marina. En el literal 4.2.3.7 se establece que:

Toda la descarga a un cuerpo de agua dulce, deberá cumplir con los valores establecidos en la Tabla #12 del documento (véase tabla No. 2):

Tabla No. 5: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce/mar

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/L	30
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml	mg/L	Remoción >al 99.9%
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O	mg/L	250
Fosforo Total	P	mg/L	10
Hierro Total	Fe	mg/L	10,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/L	10,0
Potencial d Hidrogeno	pH		5-9
Solidos Sedimentables		ml/l	1,0
Solidos Suspendidos Totales		mg/L	100
Solidos Totales		mg/L	1.600
Sulfatos	SO ₄	mg/L	1.000
Temperatura	°C		< 35

Fuente: TULAS

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

CAPÍTULO III

APLICACIÓN DE FUNDAMENTOS E INSTRUMENTOS PARA EL DISEÑO DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

3.1 Fundamentos e Instrumentos

Para realizar este trabajo de investigación, se utilizaron las Especificaciones Generales de Construcción, estipuladas por la Cámara de Construcción de Guayaquil, de acuerdo a estas especificaciones se encuentran todos los parámetros de diseño que se necesitan como parte metodológica de la investigación a la problemática de las aguas residuales, se utilizaron opiniones sobre el tipo de parámetro para el diseño del tratamiento propuesto. (Fuente: <http://www.cconstruccion.net/inicio.html>)

3.2 Procedimiento

Para realizar la presente investigación y cumplir con los objetivos de la propuesta, es necesario llevar a cabo los siguientes pasos:

1. Investigar todo lo concerniente sobre tratamiento de aguas residuales.
2. Recopilación de información, formulas y especificaciones escrita por las siguientes instituciones:
 - a. Cámara de la Construcción de Guayaquil
 - b. Sistemas Convencionales y Depuración de Aguas Negras en Quito.
 - c. Manual de tratamiento Aguas residuales domésticas.
 - d. Sistemas de Recepción, Recolección y Depuración de aguas negras.
 - e. Normativas sobre aplicación de procesos unitarios para el tratamiento de aguas residuales.

3.3 Formulas a Utilizar

3.3.1 Caudal de diseño: Volumen de Agua Residual Máximo a soportar el tratamiento propuesto.

Una vez realizado el muestreo de aguas que se explica anteriormente en el segundo capítulo, obtenemos el caudal real por día de elaboración. Una vez obtenido este valor lo relacionamos con los litros de cada día que se ha mantenido el monitoreo, para así sacar la relación de agua residual por litro receptada.

De esta forma se calculó el promedio de aguas residuales domésticas, con la finalidad de obtener este volumen a futuro de efluentes descargados a diarios, durante 5 días de monitoreo obteniendo:

Tabla No. 6: Caudal promedio de efluentes

Día Normal		
Volumen	Tiempo	Caudal promedio
3.75 litros	1 minuto	3.75 l/min
Días de Temporada Alta o Feriado		
Volumen	Tiempo	Caudal promedio
7.2 litros	1 minuto	7.2 l/min

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

Por lo tanto haciendo una media de aquello, de los promedios de caudales tanto en los días normales como en los feriados tenemos lo siguiente:

$$\text{Caudal Promedio} = (7.2 \text{ l/min} + 3.75 \text{ l/min})/2$$

$$\text{Caudal Promedio} = 5.45 \text{ l/min}$$

Población (Hab)

Es el número de habitantes que ocupa un área de aporte en el sistema de tratamiento de aguas residuales.

Población Propia (Pp)

Es el número de habitantes para la red o el sistema de tratamiento de aguas residuales y se obtiene multiplicando la densidad poblacional por el área propia del sector.

$$Pp = Ap * \rho p$$

Población Total Actual (P)

Según el Censo de Población y Vivienda realizado por el INEC en el año 2010, la Cabecera Parroquial de Santa Rosa cuenta con una población de 4.000 habitantes, comprendida dentro del 85% de su área total.

Según el INEC, la tasa de crecimiento demográfico para el Cantón Salinas en el periodo intercensal 1990 – 200 fue de 1.5% y la tasa de crecimiento demográfico para la parroquia de Santa Rosa en el periodo intercensal 2001 – 2011 es de 10,65% (INEC 2011).

Basándonos en este dato se puede determinar que la población actual correspondiente al área de estudio es de 6000 habitantes.

Población Total Futura (Pf)

La población futura o de diseño se determina a través de una proyección demográfica utilizando métodos de proyección aritmética, geométrica, logarítmica, entre otras. Para esta investigación se aplicó el método geométrico cuya ecuación es la siguiente:

$$Pf = Pa * \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n$$

Donde:

Pa = Población actual (Hab)

R = Tasa de crecimiento anual en forma decimal (%)

N = Periodo de diseño

Calculo de la población futura:

Población actual: 6000 Hab

Tasa de crecimiento anual: 1.5%

Periodo de diseño: 25 años

$$P_f = 6000 * \left(1 + \frac{1.5\%}{100}\right)^{25}$$

$$P_f = 6229,09$$

$$P_f = \mathbf{6229 Hab}$$

Área Total (A_T)

La cabecera parroquial de Santa Rosa cuenta con un área total de 8.8 Km² (equivale 880 hectáreas), sin embargo su población está distribuida por todo el 85% de su territorio; es decir que el 15% restante actualmente son terrenos baldíos y áreas utilizadas por las industrias, ya que la propuesta no cubre ese porcentaje.

Densidad Poblacional (ρ_p)

Es el número de habitantes que viven en un área determinada. La densidad poblacional debe reflejar la distribución de manera zonificada, la densidad actual y la densidad máxima esperada. Se determina por medio de la siguiente ecuación:

$$\rho_p = \frac{P}{A_T}$$

Donde:

P = Poblacion (Hab)

A_T = Area Total (Ha)

Calculo de la Densidad Poblacional:

Población: 6229 Hab

Área total: 880 Hectáreas

$$\rho_p = \frac{6229 \text{ Hab}}{880 \text{ Ha}}$$
$$\rho_p = 7.078 \frac{\text{Hab}}{\text{Ha}}$$

Dotación Actual (Da)

Es el valor del consumo diario de agua potable de una población. Está en función del número de habitantes y del lugar en donde habitan. Se mide en litros por habitante-día (L/hab-día), y se establece de manera que sea suficiente para abastecer los usos para los cuales fue contemplado.

Según los datos establecidos por la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado AGUAPEN EP – Dirección de Ingeniería – de la Provincia de Santa Elena cuenta una dotación de 208L/hab-día, con un porcentaje de pérdidas de aproximadamente del 20%. Estos valores son permitidos desde el año 2013 hasta el 2040.

Datos para Dimensionamiento del Tratamiento de Aguas Residuales

La red de alcantarillado comprende de 95 tramos compuestos por los siguientes pozos:

Tabla No. 7: Tramos de la red de alcantarillado actual

TRAMOS DE LA RED DE ALCANTARILLADO								
POZO SUPERIOR	POZO INFERIOR	POZO SUPERIOR	POZO INFERIOR	POZO SUPERIOR	POZO INFERIOR	POZO SUPERIOR	POZO INFERIOR	POZO SUPERIOR
1	2	57	56	41	32	15	26	67
2	3	56	54	41	40	26	27	66
3	4	9	55	40	39	27	28	65
4	5	55	54	39	35	27	31	64
5	6	54	53	35	24	31	32	68
6	7	53	52	24	23	32	33	77
57	7	52	51	23	2	33	34	78
7	8	51	50	22	21	28	29	79
8	9	50	49	21	20	29	30	80
11	10	49	13	20	19	30	34	81
10	9	49	48	19	18	76	75	82
5	59	48	46	18	16	75	74	81
60	59	47	46	17	16	74	73	84
60	61	46	45	10	12	73	72	85
61	62	45	44	12	13	72	71	63

Fuente: AGUAPEN EP

Caudales (L/s)

Caudal medio diario Q_{md}

Es el caudal de aporte de las aguas residuales domésticas. Ocurre en un periodo de 24h y representa el consumo medio anual diario. Este parámetro permite evaluar la capacidad de las plantas de tratamiento para poder desarrollar los caudales que serán usados en su diseño. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q_{md} = C_r * P * D$$

Donde:

Cr = Coeficiente de retorno

P = Población futura (Hab)

D = Dotación

Coefficiente de retorno (Cr)

Conocido como aporte, es un parámetro que establece que solo un porcentaje de total del agua consumida por la población es devuelto al alcantarillado. Este valor varía entre el 60% y 80% dependiendo del área en estudio.

Tabla No. 8: Coeficiente de Retorno

Nivel de complejidad del sistema	Coefficiente de retorno
Bajo y medio	0.7 – 0.8
Medio alto y alto	0.8 – 0.85

Fuente: AGUAPEN EP

Caudal Máximo Diario (Q_{MD})

Es el caudal máximo que ocurre durante un proceso durante un periodo de 24 horas y representa el consumo máximo de un día presentado durante un año. Este parámetro se utiliza para diseñar las unidades de tratamiento que involucran al tiempo de retención. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q_{MD} = M * Q_{md}$$

Donde:

M = Coeficiente de mayorización

Coefficiente de Mayorización (M)

Conocido como coeficiente de punta, es la relación entre el gasto máximo diario y el gasto medio diario. Es un factor pico o de simultaneidad que se selecciona de acuerdo con las características propias de la población ya que depende principalmente del número de habitantes servidos.

Para determinar el coeficiente de mayorización es necesaria la utilización de fórmulas que relacionen el coeficiente con la magnitud de la población. En este caso, se tomara en cuenta el Coeficiente de Harmon, el mismo que es recomendado para poblaciones de 1000 a 100000 habitantes. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}}$$

$$P = \frac{x}{1000}$$

Caudal de infiltración(Q_I)

En toda instalación de tuberías independientes de su material no se puede evitar por completo la infiltración, es por ello que dependiendo del material y el nivel freático en donde las tuberías han sido instaladas se debe obtener el factor f de infiltración por medio de tablas. El caudal de infiltración se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q_I = f * \frac{L}{1000}$$

Donde:

L = Longitud de la tubería (m)

Tabla No. 9: Datos para el cálculo del caudal de infiltración

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Factor de infiltración	f	0.35	L/s-Km

Fuente: AGUAPEN EP

Caudal Conexiones para erradas Q_e

Se determina este caudal cuando existe una mala instalación de tuberías, para ello se debe considerar un caudal máximo del 5% al 10%. Se obtiene multiplicando este dato por el valor del caudal máximo de cada tramo de la red de alcantarillado.

$$Q_e = Q_{MD} * \% \text{Perdidas}$$

Tabla No. 10: Datos para el cálculo del caudal para conexiones erradas

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Porcentaje de perdidas	-	20	%

Fuente: AGUAPEN EP

Caudal pluvial:

Se aplicó este método racional, dado con la información de las curvas IDF y de la duración de las lluvias fue facilitada por la Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado – Dirección de Ingeniería, de la Provincia de Santa Elena. Basándose en esta información se realizó una ecuación de la curva IDF para un periodo de retorno de 3 años (Redes pluviales y combinada):

$$I_m = \frac{581,803}{(t + 4,1)^{-0,826013}}$$

Para el tiempo de concentración inicial se asumió un valor de 15 min para los tramos iniciales y para los demás tramos secundarios se calculó utilizando la longitud propia, las alturas y coeficiente de escurrimiento de cada tramo.

Para el tiempo de recorrido se utilizó una longitud de cada tramo y se asumió una velocidad máxima y mínima de tubería.

Caudal de diseño (Q_D)

Para el cálculo del caudal de diseño es necesario valorar la cantidad de aguas residuales domésticas y pluviales evacuadas por el sistema de alcantarillado. Para la red de alcantarillado combinado el caudal de diseño se obtiene a través de la sumatoria de los caudales máximo diario, caudal pluvial, caudal de infiltración y caudal por conexiones erradas:

$$Q_D = Q_{MD} + Q_P + Q_i + Q_e$$

Caudal mínimo de diseño (Q_d)

Es el valor que se acepta como límite inferior del menor gasto probable para cualquier tramo de la red de alcantarillado, el mismo que tiene un valor de 2.2 L/s y que corresponde a la descarga de un inodoro.

Caudal Medio:

Tabla No. 11: Datos para el cálculo del caudal medio

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Coefficiente de retorno	Cr	0.80	-
Dotación	D	208	L/hab-día

Fuente: AGUAPEN EP

Pendiente (%)

Es la diferencia de alturas que existe por longitud de cada tramo de la red de alcantarillado. Se determina de obtener volúmenes menores de excavación, para ello las tuberías deben seguir la pendiente natural del terreno considerando una pendiente mínima permisible. En caso de que la pendiente sea muy pronunciada o muy débil y no permita cumplir con la velocidad mínima y/o máxima, se procederá a variar el valor de la pendiente hasta que cumpla con las consideraciones de auto limpieza o esté dentro del rango de velocidades permitidos.

La pendiente se calcula con la siguiente ecuación:

$$S = \frac{\Delta H}{L} * 100\%$$

Donde:

$\Delta H =$ Diferencia de alturas (m)

$L =$ Longitud (m)

Auto limpieza

Se conoce como Auto limpieza al proceso a través del cual la velocidad de flujo en un conducto impide la sedimentación de partículas sólidas. La capacidad hidráulica del sistema debe ser suficiente para el caudal diseño, con una velocidad de flujo que produzca auto limpieza.

Tabla No. 12: Datos para el cálculo de pendiente

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Pendiente Mínima	S	0.2	%
Velocidad mínima	V	1.16	m/s
Tirante	H	0.45	m

Fuente: AGUAPEN EP

Diámetro de Tubería

Tabla No. 13: Datos para el cálculo del diámetro de la tubería

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Diámetro nominal	\varnothing_n	475	mm
Diámetro externo	\varnothing_e	475	mm
Diámetro interno	\varnothing_i	450	mm
Espesor de la tubería	e	5	mm

Fuente: AGUAPEN EP

Régimen hidráulico

Los cálculos hidráulicos permiten tener una visión de la superficie del líquido al momento en que se producen fenómenos hidráulicos como posibles saltos, curvas de remanso, entre otros.

La tubería nunca debe funcionar llena, por lo que siempre debe estar debajo de la corona del tubo esto con el fin de que exista un espacio de ventilación del líquido y así poder evitar la acumulación de gases tóxicos dentro de la misma.

Radio Hidráulico (R_H)

Es el cociente entre el área de la sección mojada y el perímetro mojado de un canal el mismo que puede ser de forma rectangular, triangular, trapezoidal, circular, irregular, o de secciones especiales. Se emplea en el cálculo de pérdidas de carga según la fórmula de Manning.

Para el caso de una sección circular completamente llena el radio hidráulico estará en función del diámetro y se expresara de la siguiente manera:

$$R_h = \frac{\emptyset}{4}$$

Donde:

\emptyset = Diámetro (mm)

Velocidad (V)

Es una magnitud física que expresa la variación por unidad de tiempo de alguna de las características de un fenómeno. Para el cálculo de la velocidad en las tuberías del sistema alcantarillado se utiliza la Formula de Manning descrita a continuación:

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

N = Coeficiente de rugosidad (adimensional)

R = radio hidráulico (m)

S = pendiente de tubería (m/m)

Velocidad mínima (v): Es la mínima velocidad permitida en la red de alcantarillado para prevenir la sedimentación de sólidos. Para el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales domesticas la velocidad mínima a utilizarse debe ser de 0.9 m/s a tubo lleno.

Velocidad Máxima (V): Es la máxima velocidad permitida en la red de alcantarillado para evitar la erosión. Depende del material utilizado en las tuberías.

La velocidad máxima, en cualquier ano del periodo de diseño no debe contar de ser menor a 0.45 m/s, de preferencia debe ser mayor a 0.6 m/s, con el fin de impedir la acumulación de gas sulfhídrico en el líquido.

Velocidad Crítica (Vc): Es la velocidad máxima permisible para cada tramo de la red de alcantarillado. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$V = 6\sqrt{g * rh}$$

Donde:

V_c = Velocidad crítica

g = Aceleración de la gravedad (9.8 m/s²)

rh = radio hidráulico para caudal final (m)

Material de la tubería

El material con que se instalara la tubería debe cumplir con los estándares de calidad establecidos y además debe ser resistente a las infiltraciones generadas, esto con el fin de garantizar seguridad en el sistema de tratamiento propuesto. Para poder elegir el material de la tubería se debe considerar las características

físico-químicas del agua que se debe transportar, así como las características del terreno y otros factores que puedan alterar la integridad de la tubería.

Coefficiente de rugosidad (n):

Proveniente de la Formula de Velocidad de Manning, es un valor que está determinado por el tipo de material de la tubería. Este coeficiente según el tipo de textura del material, además influye el número de conexiones domiciliarias, cámaras de inspección y otras instalaciones que pueden provocar rugosidad debido al grado de incertidumbre por lo que es recomendable no utilizar menor a 0.013 para este coeficiente.

Tabla No. 14: Velocidad Máxima y Coeficiente de Rugosidad

Material	Velocidad máxima (m/s)	Coeficiente de Rugosidad (n)
Tubería de hormigón armado	3.5 – 4	0.013 – 0.015
Tubería plástica	4.5	7.5
Tubería de asbesto y cemento	4.5 – 5	0.011 – 0.015

Fuente: AGUAPEN EP

Caudal máximo que soporta la tubería a tubo lleno (P_e)

El caudal se calcula por medio de la ecuación de la continuidad:

$$Q = V * A$$

Donde:

A = Área de la sección circular (m²)

$$A = \frac{\pi * \varnothing^2}{4}$$

Donde:

\varnothing = Diámetro de la tubería (m)

Profundidad de excavación

Para la profundidad de excavación de las tuberías se ha tomado en cuenta los numerales 5.2.1.3, 5.2.1.4 y 5.2.1.5 de la Norma para estudio y diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. Se consideró un relleno mínimo de 1.20 m como seguridad para que la tubería soporte el tránsito vehicular.

Velocidad en la tubería a tubo lleno

Tabla No. 15: Datos para el cálculo de la velocidad de la tubería

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Velocidad mínima	V	1.00	m/s
Velocidad máxima	V	7.5	m/s
Coefficiente de rugosidad	n	0.013	-

Fuente: AGUAPEN EP

Relación de caudal diseño/Caudal máximo en la tubería:

Se procedió a realizar una relación entre caudal de diseño y caudal máximo que soporta la tubería dividiendo los valores de caudal mínimo diseño por los valores del caudal máximo presente en la tubería en cada tramo de la red de alcantarillado.

$$\frac{Q_d}{Q_A}$$

Con estos datos y basándose en un diagrama de elementos hidráulicos para una sección circular, se realizó una interpolación, con la cual se pudo obtener valores teóricos para determinar las relaciones de velocidad (v/V), diámetro (d/D) y radio hidráulico (rh/RH), en cada tramo de la red de alcantarillado. Luego de obtener los valores teóricos, se pudo determinar el valor real de la velocidad, el diámetro y el radio hidráulico, despejando cada relación de la siguiente manera:

$$v = 0,62 * V$$

$$d = 0,20 * D$$

$$rh = 0,49 * RH$$

Tensión Tractiva (r)

Es la resistencia que presenta el fluido al moverse con respecto a la pared de la tubería. Para poder asegurar la pendiente de auto limpieza se recomienda un valor mínimo de fuerza tractiva de 1 Pascal (Pa). Se obtiene a través de la siguiente ecuación:

$$r = \rho * g * rh * S$$

Donde:

g = Gravedad (m/s)

rh = radio hidráulico para caudal final (m)

S = Gradiente hidráulica (adimensional)

ρ = Densidad del fluido (kg/m^3)

Tabla No. 16: Datos para el cálculo de la tensión tractiva

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Peso específico del agua	ρ	1000	Kg/m^3

Fuente: AGUAPEN EP

La densidad del fluido es igual a la densidad del agua la misma y que tiene un valor de $\rho = 1000(kg/m^3)$

Profundidad de Excavación

Tabla No. 17: Datos para el cálculo profundidad excavación

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Profundidad de excavación	Pe	1.90	m

Fuente: AGUAPEN EP

3.4 Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales se diseñan con la finalidad de remover sólidos suspendidos, DBO, microorganismos patógenos, nitrógeno, fosforo, sustancias orgánicas (detergentes, fenoles y pesticidas), trazas de metales pesados y sustancias inorgánicas disueltas.

La capacidad y la eficiencia del sistema de tratamiento de aplicar esta función de su diseño. La selección de un proceso de tratamiento está en base a un estudio individual del proyecto propuesto, de acuerdo a las eficiencias de remoción requeridas y el presupuesto destinado para las posibles soluciones técnicas.

En base a su ubicación en el proceso de limpieza los tratamientos para aguas residuales se clasifican en cuatro grupos: pre tratamientos, tratamientos primarios, tratamientos secundarios y tratamiento terciarios o avanzados siendo estos últimos utilizados para fines más específicos.

3.4.1 Datos para dimensionamiento de las Unidades Físicas del Tratamiento de Aguas residuales

3.4.1.1 Canal de Llegada

Tabla No. 18: Datos para el cálculo del canal de llegada

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Caudal de diseño	Q_D	33.91	l/s
Caudal promedio	Q_{md}	17.071	l/s
Base	B	0.8	m
Coefficiente de rugosidad	n	0.016	-
Pendiente	S	3	%

Fuente: AGUAPEN EP

Velocidad: La velocidad máxima que puede soportar un canal de hormigón es de 10 m/s, sin embargo esta velocidad no debe de sobre pasar los 2.5 m/s, y de igual

forma la velocidad mínima no debe ser menor de 0.6 m/s, esto con el fin de evitar la sedimentación de materiales pétreos retenidos en el mismo.

3.4.1.2 Cribado

La operación del cribado se utiliza para separar materiales gruesos presentes en el agua mediante el paso de la misma a través de una criba o rejilla. Sus objetivos principales son dos:

- a) Reducir los sólidos en suspensión, de distintos tamaños, que trae consigo el influente de agua cruda.
- b) Evitar la obstrucción de los conductos, bombas, válvulas, entre otros para proteger los equipos.

Por tal razón, el cribado es la primera operación que se lleva a cabo en el efluente de agua.

Tabla No. 19: Datos para el cálculo de las rejillas

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Caudal de diseño	Q_D	0.03391	m ³ /s
Velocidad mínima a través de las barras	V_b	0.6	m/s
Ancho del canal	b	0.80	m
Altura de seguridad	H_S	0.90	m
Angulo de inclinación de las barras	a	50 ⁰	-
Separación entre barras	e	0.025	m
Espesor de las barras	S	10	mm
Coefficiente de la pérdida	β	2.42	-

Fuente: AGUAPEN EP

3.4.1.2.1 Clasificación de las Rejillas

La distancia entre las barras de las rejillas depende del tamaño de partículas que se desea retener. El canal en donde se encuentran las rejillas debe diseñarse de tal

manera que la velocidad del agua no se reduzca a menos de 0.60 m/s, esto con el fin de evitar la sedimentación de materiales pétreos retenidos en el mismo. En base a este dato se puede encontrar la siguiente clasificación:

Tabla No. 20: Clasificación de las rejillas

De acuerdo al método de limpieza	Limpieza Manual
	Limpieza Mecánica (Automática)
Según el tamaño de las aberturas	Rejillas gruesas: Aberturas iguales o mayores de 0.64 cm (1/4 pulgadas)
	Rejilla Finas: Abertura menores de 0.64 cm
De acuerdo a su colocación	Rejilla Fijas
	Rejillas Móviles
Según la sección transversal de sus barras	Cuadradas, rectangulares, circulares o aerodinámicas
Dependiendo del tamaño de materia que se desea remover	Finas (0.1 – 1.5 cm)
	Medianas (1.5 – 2.5 cm)
	Gruesas (2.5- 5.0 cm)

Fuente: Jairo Romero Rojas – Tratamiento de Aguas Residuales

3.4.1.2.2 Diseño de las rejillas

En la mayoría de países en vías de desarrollo las rejillas más utilizadas son las de limpieza manual. A continuación se detalla el dimensionamiento de rejillas de limpieza manual.

Ubicación de las rejillas. El emparrillado de las rejillas debe estar inclinado con respecto al piso del canal donde se instalan. El canal debe preferiblemente ser horizontal, recto y perpendicular a la rejilla, para promover una distribución uniforme de los sólidos retenidos por ella.

Aire libre al paso del agua (al). Indica el flujo presente en el canal. Se recomienda que este flujo tenga una velocidad no menor a 0.5 m/s ya que así0 se

procura de tener los materiales bastos permitiendo el paso de las partículas pequeñas a través de las barras. El aire libre al paso del agua se calcula con la siguiente ecuación:

$$Al = \frac{Q}{V_b}$$

Donde:

Q = Caudal de diseño m^3/s

V_b = velocidad mínima a través de las barras (m/s)

Tirante de agua en el canal (h). Indica la altura del agua dentro del canal. Se calcula con la fórmula del área despejando la altura como se a continuación:

$$h = \frac{Al}{b}$$

Donde:

b = Ancho del canal de llegada (m)

Altura total del canal (H). Es la sumatoria de la altura de agua en el canal y una altura de seguridad que generalmente es un valor propuesto. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$H = h + H_s$$

Donde:

H_s = Altura de Seguridad (m)

Longitud de las barras (L_b). La longitud de las barras no debe exceder de la que permita su limpieza conveniente por diseñador. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$L_b = \frac{H_s}{\text{Sin}\alpha}$$

Donde:

α = Angulo de inclinación de las rejillas con respecto a la horizontal del canal (m)

Se recomienda un ángulo de inclinación de las barras entre 44° y 60° con respecto a la horizontal.

Numero de barras (n). El número de barras está a consideración del ingeniero que las diseña, sin embargo por cuestiones de mantenimiento es recomendable instalar de 2 a más barras. El número de barras se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$n = \left(\frac{b}{e + S} \right) - 1$$

Donde:

e = Separación entre barras (m)

S = Espesor máximo de las barras (m)

Se recomienda valores entre 25 mm y 50 mm para el esparcimiento entre barras.

Perdida de carga en las rejillas (hf). Conocida también como perdida de energía, es la diferencia de alturas antes y después de las rejillas, dada en metros. La pérdida de carga de una rejilla depende principalmente de la frecuencia, con la que se limpia y la cantidad de material de desecho que lleva el agua a tratar, es por ello que este parámetro está en función de la forma de las barras y de altura o energía de velocidad del flujo entre las mismas.

El cálculo de la perdida de carga para una rejilla limpia se calcula con la siguiente ecuación propuesta por Kirschmer en 1926:

$$hf = \beta \left(\frac{S}{e} \right)^{4/3} * \left(\frac{V^2}{2g} \right) \text{Sen}\alpha$$

Donde:

β = Factor dependiente de la forma de las barras

$\frac{v^2}{2g}$ = Carga de Velocidad antes de la reja (m)

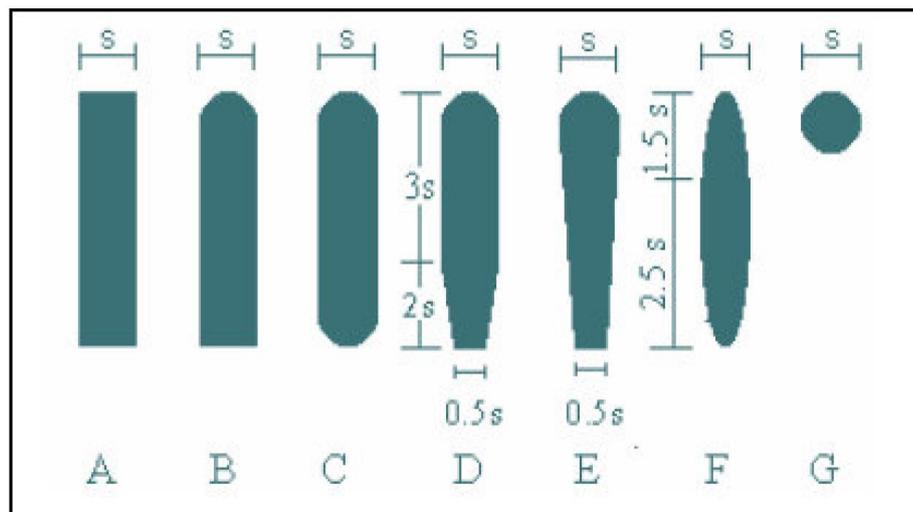
Para el valor del factor dependiente de la forma de las barras se puede basar en la siguiente tabla que se presenta a continuación:

Tabla No. 21: Coeficiente de Perdida para Rejillas

Forma	A	B	C	D	E	F	G
β	2.42	1.83	1.67	1.035	0.92	0.76	1.79

Fuente: Norma Colombiana – RAS 2000

Grafico No. 8: Diferentes formas de rejillas



Fuente: Norma Colombiana – RAS 2000

3.4.1.3 Tratamiento Primario

El tratamiento primario es el sistema más sencillo en el tratamiento de aguas. Tiene la función de preparar el agua limpiándola de todas aquellas partículas que por sus dimensiones pueden llegar a alterar los demás procesos consecuentes. El tratamiento primario remueve alrededor del 60% de los sólidos suspendidos y entre el 30 a 40% de DBO.

3.4.1.4 Sedimentación

La sedimentación, conocida también como decantación, es el proceso mediante el cual los sólidos suspendidos de un fluido se separan del mismo por acción de la gravedad. Generalmente el agua en movimiento arrastra partículas granulares y material floculante de carácter liviano, manteniéndose en suspensión. La remoción de estos materiales se logra reduciendo la velocidad del agua para que de esta manera las partículas en suspensión se depositen en un determinado tiempo de retención. Este fenómeno se produce en los decantadores.

El decantador es un tanque de sección rectangular o circular, cuyo fondo muchas veces está inclinado hacia uno o más puntos de descarga. Este tanque posee dispositivos de entrada y salida del agua, previstos para evitar zonas muertas y obtener una mejor distribución del líquido en el interior de la unidad.

3.4.1.4.1 Tipos de Clarificación del Agua por Sedimentación

La sedimentación comprende un grupo de acciones diferentes según el tipo y concentración de sólidos en suspensión que posee el agua a tratar, es por ello que el proceso de sedimentación se usa para diferentes propósitos.

Tabla No. 22: Tipos de Sedimentadores

TIPO	FUNDAMENTO
Sedimentación primaria o Tipo I	Remueve sólidos sedimentables y material flotante reduciendo el contenido de sólidos suspendidos. Las partículas en suspensión son idealizadas como partículas discretas es decir, no cambian de densidad, tamaño o forma al descender en el líquido.
Sedimentación intermedia o Tipo II	Remueve sólidos y crecimiento biológicos preformados en reactores biológicos intermedios. En este caso las partículas de mayor tamaño, se adhieren entre si cambiando de tamaño, forma y peso específico durante la caída.
Sedimentación secundaria o Tipo III	Remueve la biomasa y sólidos en suspensión de reactores biológicos secundario. Las partículas interfieren entre sí en su descenso manteniendo posiciones estables y formando un

	manto de lodos que flota en el líquido.
Sedimentación terciaria o Tipo IV	Remueve sólidos suspendidos y floculados, o precipitaciones químicas. Se forma una estructura entre las partículas que va modificándose lentamente con el tiempo. Se dan en soluciones de alta concentración y forma un manto de lodos igual que en el proceso anterior.

Fuente: Teoría y Práctica de la purificación del Agua – Jorge Arboleda Valencia

3.4.1.4.2 Clasificación de los Tanques de Sedimentación

Básicamente, existen tres tipos de tanques de sedimentación clasificados según el sentido de flujo, el tipo de clarificación que se genera y el uso al que son destinados en las unidades de decantación:

Tabla No. 23: Clasificación de los Tanques de Sedimentación

Sentido del flujo	Tipo de sedimentación	Carga superficial (m³/ m²/d)	Ejemplo
Flujo horizontal	1 y 2	200 – 420	Desarenadores
Flujo vertical	2 y 3	15 – 30	Manto de lodos
Flujo ascensional	1 y 2	120 – 180	Decantadores con módulos o placas

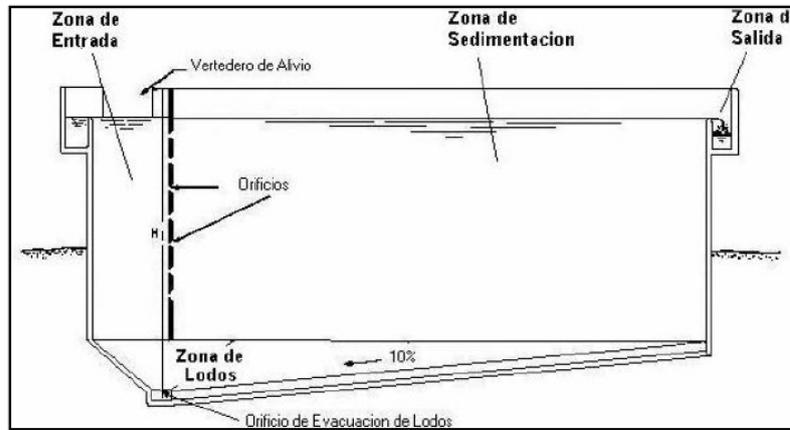
Fuente: Teoría y Práctica de la purificación del Agua – Jorge Arboleda Valencia

3.4.1.4.3 Diseño del Tanque de Sedimentación

Para el diseño del Sedimentador se tomara en cuenta el modelo teórico de Hazen y Camp conocido como Sedimentación Convencional, el cual consiste en la descripción del funcionamiento de un Sedimentador con clarificación tipo 1 y de flujo horizontal. Este modelo se basa en la concepción de un tanque ideal en donde la sedimentación se realiza exactamente en la misma manera que en un recipiente de igual profundidad que contiene un líquido que está en reposo.

Para este modelo de sedimentación se determinan cuatro zonas independientes: Entrada, Salida, Sedimentación y Retención de Partículas sedimentadas.

Grafico No. 9: Sedimentación Convencional

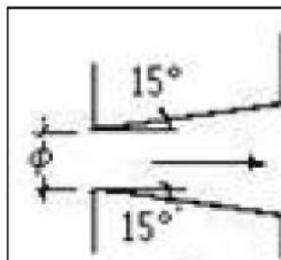


Fuente: CEPIS

Zona de Entrada

Permite una distribución uniforme de partículas a lo largo de toda la altura del Sedimentador. Para la zona de entrada se diseñara una pantalla difusora la misma que se ubicara entre 0.7 y 1.00 m de distancia de la pared de entrada, y mínimo 0.80 de distancia de la pared inferior del Sedimentador para poder realizar la limpieza. La pantalla difusora está formada por orificios: Los orificios más altos de la pared difusora deben estar a $1/5$ o $1/6$ de altura a partir de la superficie del agua y los más bajos entre $1/4$ o $1/5$ de altura a partir de la superficie del fondo. La velocidad en los orificios no debe sobrepasar los 0.15 m/s de velocidad para provocar turbulencias dentro de la zona de sedimentación, y se debe aboquillar los orificios en un ángulo de 15° en el sentido del flujo como se muestra en la figura:

Grafico No. 10: Detalle de los orificios aboquillados



Fuente: CEPIS

El área total de los orificios se calcula con la siguiente ecuación:

$$A_o = \frac{Q}{V_o}$$

Donde:

Q = Caudal diseño (m³/s)

V_o = Velocidad de paso entre orificios (m/s)

Se asume un valor para el diámetro del orificio y se calcula su área con la ecuación para una sección circular:

$$\alpha_o = \frac{\pi * \phi^2}{4}$$

A continuación se determina el número de orificios dividiendo los valores de las áreas obtenidas con la siguiente ecuación:

$$n_o = \frac{A_o}{\alpha_o}$$

Tabla No. 24: Datos para el cálculo de la zona de entrada

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Velocidad a través de los orificios	V _o	0.10	m/s
Diámetro del orificio	ϕ	7.5	cm

Fuente: AGUAPEN EP

Zona de Sedimentación

Se da dentro de un canal rectangular con volumen, longitud y condiciones de flujo adecuados para la sedimentación de partículas. En la zona de sedimentación la dirección de flujo es horizontal, y su velocidad es la misma en todos los puntos de la zona. Generalmente los sedimentadores deben diseñarse para una mínima

temperatura esperada del agua y para un tamaño mínimo de partículas, ya que con esto se garantiza que se removerán por completo las demás partículas de gran tamaño.

Tabla No. 25: Datos para el cálculo de la zona de sedimentación

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Caudal de diseño	Q_D	0.016955	m ³ /s
Gravedad	g	981	cm/s ²
Densidad de la partícula	ρ_p	2.65	g/cm ³
Densidad del agua	H_S	0.998599	g/cm ³
Viscosidad dinámica del agua	μ	0.01053	g/cm-s
Viscosidad cinemática del agua Temperatura	ν	0.01054	cm ² /s
Temperatura	T	18	°C
Diámetro de la partícula discreta	d_{pd}	0.003	cm
Diámetro de la partícula crítica	d_{pc}	0.020	cm
Ancho del sedimentador	b	2.7	m
Periodo de retención hidráulico	P_{RH}	1	min

Fuente: AGUAPEN EP

La velocidad crítica de sedimentación es la velocidad mínima a la cual las partículas empiezan a asentarse del flujo en el que se encuentran presentes hacia un depósito estacionario a lo largo de la pendiente del conducto. El cálculo de la velocidad de sedimentación se determina de acuerdo a los diámetros que presentan las partículas del agua a tratar, y esta función del número de Reynolds de las mismas. En base a esto tenemos:

Partículas discretas (Vsi): Son todas aquellas partículas que no cambian de características: forma, tamaño y densidad, durante el proceso de tratamiento de aguas residuales. La velocidad de sedimentación para las partículas discretas se calcula con la ecuación de la Ley de Stokes:

$$V_{Si} = 0.22 * \left(\frac{\rho_p - \rho}{\rho} * g \right)^{\frac{2}{3}} * \left[\frac{d_{pc}}{(\nu)^{1/3}} \right]$$

Donde:

ν = Viscosidad Cinemática del Agua (g/cm.s)

d_{pc} = Diámetro de la partícula crítica

Área superficial en la zona de sedimentación (As). Se calcula tomando en cuenta el valor de la velocidad de sedimentación para partículas discretas:

$$A_s = \frac{Q}{V_{Si}}$$

Longitud de la zona de sedimentación. Se recomienda mantener la relación entre largo, ancho y profundidad de la zona de sedimentación, para ello:

La relación entre las dimensiones de largo y ancho (L/w) debe estar entre 3 a 6. La relación entre las dimensiones de largo y profundidad (L/w) será entre 5 a 20. Y se debe guardar relación entre las velocidades de flujo y las dimensiones de largo y profundidad. La longitud de la zona de sedimentación se calculara a partir de la siguiente ecuación:

Para poder comprobar la relación entre el largo y el ancho de la unidad primero se obtuvo el valor de la longitud total del sedimentador realizando una suma del valor de la longitud obtenida anteriormente con el valor de la longitud de la distancia entre la pantalla difusora y la pared de entrada:

$$L_T = L + L_{pd}$$

Periodo de retención hidráulico: Se calculó el valor del volumen del sedimentador multiplicando los valores de ancho, longitud y altura obtenidos anteriormente:

$$Vol = w * L * H$$

Zona de retención de Partículas Sedimentadas

Los lodos sedimentados son recolectados dentro de una tolva que posee una tubería y una válvula para la evacuación periódica de los mismos. Todas las partículas que entran en la zona de lodos quedan atrapados considerándose como removidas, y sin importar su tamaño todas las partículas en esta zona como partículas discretas y aisladas produciéndose así una clarificación del tipo I.

Las partículas presentes en el agua a tratar se sedimentan en el primer tercio de la longitud del sedimentador entre el 60 y 90%, aproximadamente, según este dato la longitud de la tolva de lodos debe tener la siguiente forma:

- En la zona de entrada del sedimentador la pendiente de la tolva debe estar entre el 5 y 10%, y en la zona de salida del sedimentador la pendiente de la tolva debe estar entre el 2.5 y 5%.
- El drenaje de los lodos obtenidos en la tolva se efectuara por medio de una tubería de diámetro >12”.

Zona de salida

Se da por medio de canaletas, vertederos o tubos perforados que recolectan el agua tratada sin perturbar la sedimentación de las partículas depositadas en la tolva. Para el diseño de un vertedero de salida la longitud de la cresta del vertedero será igual al ancho del sedimentador, y el valor de la altura de agua sobre la cresta del vertedero se obtendrá por medio de la siguiente ecuación:

$$ha = \left(\frac{Q}{1.84 + b} \right)^{2/3}$$

Donde:

B = Ancho del sedimentador (m)

Tabla No. 26: Datos para el cálculo de la zona de salida

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Longitud de la cresta del vertedero	b	2.7	m

Fuente: AGUAPEN EP

3.4.1.5 Tratamiento Secundario

El tratamiento secundario pretende la reducción de la contaminación orgánica, la coagulación y la eliminación de sólidos coloidales que no son decantables. Varios de estos tratamientos son procesos biológicos que se realizan con la ayuda de microorganismos, especialmente bacterias, y que en condiciones aerobias actúan sobre la materia orgánica presente en el agua a tratar. En este proceso también se emplea la combinación de procesos físicos y químicos.

3.4.1.5.1 La Filtración del Agua

La filtración se define como la velocidad de pasaje del agua a través de un medio filtrante o manto poroso, que se mide como la carga superficial en $m^3/m^2/h$. Se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$Vf = \frac{Q}{As}$$

Donde:

As = Área superficial del filtro (m^2)

Q = Caudal del agua que entra al filtro (m^3/h)

El objetivo de la filtración es el de separar del agua que está siendo tratada las partículas y microorganismos objetables que no han sido retenidos en los procesos de tratamiento anteriores, por lo que los filtros dependen en su mayoría de dichos procesos. Básicamente los fenómenos que se producen durante la filtración son:

- La acción mecánica de filtrar.
- La sedimentación de partículas sobre el medio filtrante.
- La floculación de partículas que estaban en formación debido al aumento de la posibilidad de contacto entre ellas.
- La formación de una película gelatinosa en el medio filtrante y que es producida por los microorganismos que se reproducen allí, (generalmente se produce en los filtros lentos).

3.4.1.5.2 Clasificación de los Filtros

La filtración puede efectuarse de varias maneras: con baja o alta carga superficial, y en medios porosos o granulares; además, los filtros pueden trabajar a presión o por gravedad según la magnitud de carga hidráulica presente sobre el lecho filtrante.

Tabla No. 27: Clasificación de los Filtros

Según la Velocidad de Filtración	Según el medio filtrante usado	Según el sentido de flujo	Según la carga hidráulica sobre el lecho
Filtros Rápidos: Cargas superficial de 120 a 360 m ³ /m ² /d	Arena: Altura de 60 a 75 cm Antrancita: Altura de 60 a 75 cm Mixtos: Antrancita (h=35 a 50) Arena (h= 20 a 35 cm) Mixtos: Arena, antrancita, granate	1. Ascendente: flujo de abajo hacia arriba 2. Descendente: flujo de arriba hacia abajo. 3. Mixto: flujo con parte ascendente y parte descendente.	1. Por Gravedad 2. Por Presión Cerrados, metálicos
Filtros Lentos: Carga Superficial de 7 a 14 m ³ /m ² /d	Arena: Altura de 60 a 100 cm	1. Ascendente 2. Descendente 3. Horizontal	Por Gravedad

Fuente: Teoría y Práctica de la purificación del Agua – Jorge Arboleda Valencia

Filtros Biológicos

Permiten la remoción de materia orgánica a través de un medio poroso granular. Este al recibir agua con suficiente carga orgánica disuelta, tiende a formar una película biológica alrededor de los granos del medio poroso. La biopelícula formada está compuesta por un grupo variado de moléculas y/o compuestos asimilables por las bacterias por lo que es capaz de alimentar varios microorganismos consumidores de la materia orgánica biodegradable de diferente tipo.

La filtración biológica puede realizarse de dos maneras distintas: con filtración rápida o filtración lenta. Además los lechos de los filtros biológicos pueden ser de cuatro tipos: lechos de arena, lechos mixtos de arena y antracita, lechos de antracita sola y lechos de carbón activado granular.

Filtro Biológico de Arena

Son una de las tecnologías más antiguas de depuración de aguas residuales que se conoce, siendo muy eficaces cuando se los emplea de una manera adecuada. Consisten de un lecho formado por material granular con granos de tamaño relativamente uniforme drenados adecuadamente en el fondo del filtro. Es un tanque que contiene una capa sobrenadante de agua residual, una capa filtrada de arena, drenajes y un juego de dispositivos de regulación y control. Se recomienda el uso de este tipo de filtros para aguas residuales con una carga superficial menor a $12 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$.

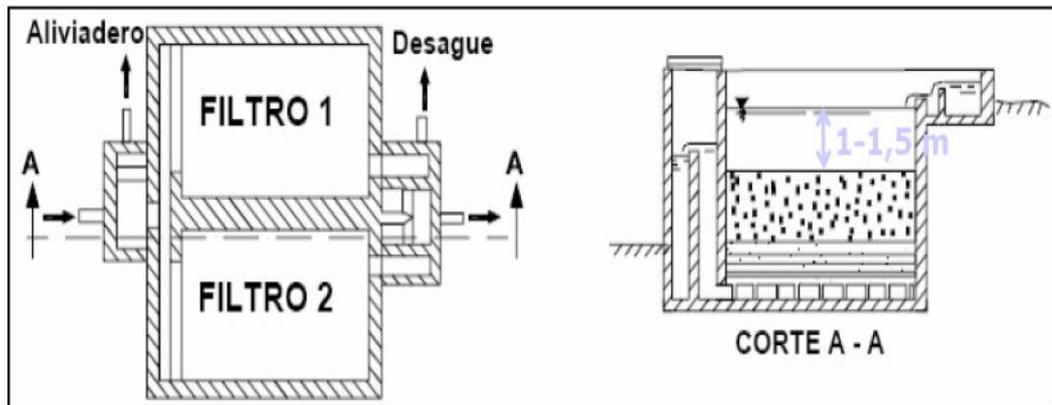
Tabla No. 28: Ventajas y Desventajas de los Filtros Lentos de Arena

Ventajas	Desventajas
- Es muy sencillo y confiable de operar con los recursos disponibles del medio rural ya que no necesita control de	- Necesita de un pretratamiento ya que no debe de operar con aguas con turbiedades que sobre pasen los 10UNT. Se puede aceptar una turbiedad máxima de 50UNT.

<p>velocidad: el control de flujo se lo realiza mediante vertederos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - El agua tratada no presenta cambios organolépticos. - El precio de la arena es bajo 	<ul style="list-style-type: none"> - La eficiencia de esta unidad se reduce con la temperatura baja. - La presencia de plaguicidas en el afluente puede llegar a alterar o destruir el proceso microbiológico del lecho.
---	--

Fuente: Método Naturales de Depuración

Grafico No. 11: Filtro Lento de Arena



Fuente: Método Naturales de Depuración

3.4.1.5.3 Diseño de un Filtro Lento Biológico de Arena

Geometría del lecho filtrante: Consiste en un filtro biológico de flujo descendente con forma rectangular a manera de caja, que contiene 0.40 a 0.45 m de espesor de grava gruesa en el fondo con un sistema de drenes apropiados para el lecho y sobre ella 0.90 a 1.20 m de espesor de arena fina.

La capa de grava sirve como soporte a la capa de arena durante la operación de filtración evitando que esta escape por el sistema de drenaje, y permita una distribución uniforme del agua a tratar.

La capa de arena está constituida por un lecho de 0.90 a 1.20 m de granos finos de 0.15 a 0.30 mm de tamaño efectivo, y de 1.5 a 2.5 de coeficiente de uniformidad.

El lecho de arena más fino preferiblemente debe ser de 1.59 a 2.12 mm siendo colocada sobre la grava mediante capas.

Área superficial (as): El área superficial está condicionada por el caudal del agua a tratar, la velocidad de filtración y el número de filtros. Se deben de diseñar por lo menos dos unidades en paralelo con un área máxima de 100 m² para facilitar su limpieza. Cada una debe retener la capacidad total del flujo sin sobrecarga. El área superficial del filtro se calcula con la siguiente ecuación:

$$As = \frac{Q}{N * Vf}$$

Donde:

Q = Caudal del agua que entra al filtro (m³/h)

N = Número de unidades (adimensional)

Vf = velocidad de filtración (m/h)

Tabla No. 29: Datos para el cálculo del filtro biológico de arena

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Caudal de diseño	Q_D	0.01130333	m ³ /s
Área superficial máxima	As	100	m ²
Número de unidades	N	3	-

Fuente: AGUAPEN EP

Coefficiente mínimo costo (k): la relación de mínimo costo es un parámetro que depende del número de unidades de filtración. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$k = \frac{2 * N}{N + 1}$$

Ancho (b) y Longitud del filtro (L): Las dimensiones del filtro, ancho (b) y longitud (L), se determinan de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$L = (As * k)^{\frac{1}{2}}$$

$$b = \left(\frac{As}{k}\right)^{1/2}$$

Velocidad de filtración real (Vf_R): La velocidad de filtración real para filtros lentos debe variar entre los 0.10 y 0.12 m/h, dependiendo de la calidad del agua residual a tratar. Si el agua residual posee mayor contaminación menor será la velocidad de filtración. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$Vf_R = \frac{Q}{(2 * As * b)}$$

Sistema de entrada y llenado del filtro: El afluente debe entrar al filtro con una velocidad baja: 0.3 m/a aproximadamente para no escarificar el lecho. Además se debe de llenar mediante un sistema de drenaje apto que evite que el aire presente en el lecho filtrante quede atrapado entre los granos de arena y obstruya el paso del agua del proceso de filtración.

Sistemas de drenaje y salida del agua filtrada: Pueden ser de tres tipos:

- a) Ladrillos tendidos, dejando un espacio de 1 cm entre ladrillos. El flujo del filtro drena hacia un colector central.
- b) Bloques de concreto poroso en forma de puente. El flujo también drena hacia un colector central.
- c) Tuberías de drenaje perforadas. El flujo desemboca en forma de espina de pescado hacia un colector central.

La tubería debe tener un sistema de ventilación para evitar bolsas de aire en el codo de la misma y en los drenes.

Control de la Carga Superficial: La velocidad de flujo del agua presente en el filtro suele ser constante por lo que es regulada mediante orificios, vertederos, u otros, ya sea la entrada o salida del lecho filtrante. La carga superficial del filtro debe variar entre 2 y 14 m³/ m²/d.

Vaciado y limpieza del filtro: Para vaciar el filtro se debe cerrar el ingreso del agua residual dejando que el agua presente en el mismo se filtre por completo hasta que el nivel del agua está al ras con la superficie del lecho. Para ello se diseña una tubería de drenaje sobre la superficie del mismo, esta permite que cuando el filtro se encuentre demasiado colmatado y el descenso del agua sea muy lento en especial en la última parte, se pueda abrir la tubería para extraer el volumen final que no puede filtrarse, y para ayudar a secar el medio filtrante antes del raspado. Se debe diseñar una tubería de excesos para evitar que el agua presente en el lecho llegue a rebosar.

La limpieza se realiza raspando de 1 a 2 cm de la superficie del lecho, se extrae y se almacena en un lugar cubierto hasta alcanzar un volumen mayor: la arena extraída se la puede lavar y volver a poner en el filtro.

3.4.1.5.4 Lecho de secado

Los lechos de secado son sistemas sencillos y de bajo costo que permiten la deshidratación de los lodos digeridos. Estos dispositivos eliminan el agua presente en los lodos a manera de evaporación, quedando como residuo un material sólido con un contenido de humedad inferior al 70%. El lodo seco se retira del lecho y se utiliza como acondicionador de suelos o a su vez se evacua a un vertedero controlado. Gracias a su diseño económico su uso como tratamiento resulta ideal en pequeñas comunidades.

Diseño del Lecho de Secado

Geometría del lecho de secado. El diseño del lecho secado es una caja en forma rectangular poco profunda que puede tener o no un sistema de drenaje. El lodo se aplica sobre el lecho en forma de capas de 20 a 40 cm de espesor y se deja secar el ambiente.

Carga de Sólidos que ingresa al Sedimentador (C):

$$C = Q * SS$$

Donde:

Q = Caudal diseño (l/s)

SS = Sólidos Suspendidos (mg/l)

Masa de Sólidos que conforman los lodos (Msd):

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C)$$

Volumen diario de lodos digeridos (Vld):

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{lodo} * \left(\frac{\%Sólidos}{100\%}\right)}$$

Donde:

ρ_{lodo} = Densidad del lodo (kg/L)

$\%_{sólidos}$ = Porcentaje de sólidos (%)

El porcentaje de sólidos se refiere a los sólidos que están presentes en el lodo, y que varían entre el 8 y 12%.

Volumen de lodo a extraerse (Vel):

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000}$$

Donde:

Td = Tiempo requerido para la digestión de lodos (d)

El tiempo de digestión varía según la temperatura, es por ello que los valores para el mismo se asumirán en base a la siguiente tabla:

Tabla No. 30: Datos para el cálculo del lecho de secado

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Caudal de diseño	Q_D	0.01130333	m ³ /s
Solidos suspendidos	Ss	76	mg/l
Porcentaje de solidos	% _{solidos}	12	%
Densidad del lodo	ρ_{lodo}	1.04	Kg/l
Tiempo de digestión de lodos	Td	40	m
Profundidad de aplicación	Ha	0.40	m
Numero de Lechos	# Lechos	3	-
Ancho de lecho	b	3	m

Fuente: AGUAPEN EP

3.5 Análisis de las Aguas Residuales

Los análisis de las aguas residuales fueron realizados con la finalidad de demostrar las condiciones actuales de las mismas, es por eso que se llega a la conclusión que este tipo de aguas servidas o negras en el lugar donde se están descargando actualmente está afectando el entorno y al medio ambiente.

Tabla No. 31: Análisis de las aguas residuales

Parámetro	Unidades	Media	Desviación Estándar	Error estándar	Coefficiente de Variación	Limites
Aceite y Grasas	mg/l	195.03	42.91	21.46	22	0.3
Color real	-	1013.75	524.33	262.17	51.17	Inapreciable en dilución 1/20
Coliformes fecales	UFC/ml	249575	434249.22	217124.61	174	-
pH	-	4.07	0.4	0.2	9.74	5 a 9
DBO(5)	mg/l	2179	418.05	209.02	19.19	100
DQO	mg/l	3962.5	886.12	443.06	22.36	250
Solidos Sedimentables	mg/l	4.9	4.12	2.06	84.16	1.0
Solidos suspendidos totales	mg/l	182.5	135.98	67.99	74.51	100
Fosforo	mg/l	23.85	9.79	4.89	41.04	10
Nitritos	mg/l	0.17	0.15	0.07	86.19	-
Nitratos	mg/l	16.88	8.34	4.17	49.41	-

Fuente: LAB-CESTA

Límites permisibles establecidos en el TULAS para las descargas en cuerpos de agua marina en la tabla 12, libro VI, anexo 1.

La caracterización de las aguas residuales esta fundamentaba en los análisis de las aguas residuales que fueron realizados por el Laboratorio de Análisis Ambiental e Inspección LAB – CESTA, el laboratorio utiliza los métodos descritos en las normas: APHA/AWWA/Estándar Methods (No 5540C); APHA (5520C, 5210B, 5220D, 45000P, 4500 H+, 2540D, 2540B, 4500 S, 9222, 9221).

3.6 Identificación y Evaluación de Impacto Ambiental

Con el fin de conocer los diferentes impactos ambientales generados por las aguas residuales que se producen por la población de la parroquia Santa Rosa, por lo que

se realizó la identificación y evaluación ambiental a través de la aplicación de la Matriz Modificada de Leopold, donde se identifica el grado de impacto.

3.6.1 Calificación de la matriz

Para identificar cada uno de los diferentes impactos que la zona de afectación presenta, se utilizó la matriz de Leopold, siendo una herramienta muy eficaz, en cuanto a identificar las acciones más relevantes. Por supuesto se evaluó la magnitud del efecto sobre las características y condiciones ambientales. Una vez evaluadas se considera las casillas más significativas que han sido marcadas, y se coloca un número entre 1 y 10 en la columna de valoración, de cada casilla la misma que indica la magnitud relativa de los efectos (1 representa la menor magnitud y 10 la mayor). De igual manera se ubica un número entre 1 y 10 en la esquina inferior derecha la cual permite identificar la importancia relativa de los efectos. Los diferentes valores establecidos por Leopold; estos se indican en la tabla de a continuación:

Tabla No. 32: Valoración de la magnitud para la matriz de Leopold

Calificación	Intensidad	Afectación
1	Baja	Baja
2	Baja	Media
3	Baja	Alta
4	Media	Baja
5	Media	Media
6	Media	Alta
7	Alta	Baja
8	Alta	Media
9	Alta	Alta
10	Muy alta	Alta

Fuente: CONESA DEZ VITORIA, V 1995. Guía metodológica para la Evaluación del impacto Ambiental

3.6.2 Interpretación de la Matriz de Leopold

De la matriz se deduce la necesidad de diseñar y planificar un tratamiento de aguas residuales o planta de depuración de efluentes en la parroquia de Santa Rosa, con el fin de eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos que hagan parte del proceso de remoción de los contaminantes y dejar la naturaleza lo complete con el cuerpo receptor. Esta necesidad nace de la puntuación total que arroja la evaluación de la Matriz de Leopold con un resultado de 6 puntos, es decir, una contaminación de intensidad media alta y con una afectación alta, la cual se describe a continuación.

Al realizar la evaluación de los diferentes impactos generados por la población, se puede observar que antes del Diseño y la Planificación de una Planta de tratamiento de Aguas Residuales, los reportes identifican los siguientes efectos con sus debidas calificaciones:

Para el caso de las aguas negras o servidas se puede observar una calificación de 10 puntos que corresponde a una intensidad muy alta del impacto, así como también una gran afectación para el caso de la ubicación de la planta de tratamiento ya que en la parroquia no cuenta con lotes de terreno vacíos, y que estos cumplan con el espacio requerido y desemboquen a un cuerpo receptor fuera de las costas de Santa Rosa.

El aspecto de la separación de redes registra una calificación de 10 puntos en la Matriz de Leopold, y que se considera un impacto de intensidad y afectación alta, puesto que las especies marinas que se localizan en el mar están siendo afectadas, produciendo una contaminación severa para el medio ambiente.

Tabla No. 33: Matriz de Evaluación de Leopold

EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES															
VALORACION CUALITATIVA DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES	CARACTERIZACION DE LOS IMPACTOS										RECURSOS PROTEGIDOS		MEDIDAS CORRECTORAS		PROBA. OCURRIR
	+	-	TEMP.	PERM.	LOC.	EXT.	REC.	IRREC.	REV.	IRREV.					
											SI	NO	SI	NO	
AIRE															
CONTAMINACION			X		X	X	X							X	
RUIDO														X	
HIDROLOGIA														X	
RED DRENAJE		X			X	X	X		X					X	X
AGUAS SUPERFICIALES (MAR)		X	X		X	X	X		X					X	X
CALIDAD		X		X				X			X			X	X
SUELO														X	
GEOLOGIA		X		X	X	X					X		X	X	
GEOMORFOLOGIA						X		X						X	X
EROSION		X	X			X	X		X					X	X
BIOTICO														X	
CULTIVOS					X		X							X	X
VEGETACION TERRESTRE					X	X	X							X	X
VEGETACION ACUATICA		X		X	X	X		X			X			X	X
FAUNA		X		X	X	X		X	X					X	X
PAISAJE														X	
PAISAJE		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	
MEDIO SOCIOECONOMICOS														X	
PERDIDA DE SUELO		X		X	X	X		X			X			X	X
EMPLEO		X	X			X	X							X	X
MEDIO SOLCULTURAL														X	
AFECCION DE ESPACIOS		X	X		X	X			X					X	X
NIVEL DE ACEPTACION		X			X	X	X							X	X

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

CAPÍTULO IV

DISEÑO DE UN TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS ALTERNATIVO.

4.1 Diseño para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

El diseño que se tomó como referencia para el tratamiento de aguas residuales domesticas fue principalmente plantas de tratamientos de efluentes de otras ciudades con un margen de población similar a la parroquia de Santa Rosa, casi de las condiciones de los efluentes, sin embargo las características de las aguas servidas producidas en la parroquia como cualquier población son desechos contaminantes sea donde sea que descargue y son motivo de análisis, depuración, reutilización o en tal caso la descarga a un cuerpo receptor idóneo para que cause futuros impactos ambientales a la población y al medio ambiente.

Por eso se elaborara un esquema del dimensionamiento del tratamiento de aguas residuales que tendrá la población de Santa Rosa para su pronta instalación o implementación, por lo que se constituirá todos los cálculos necesarios para conocer las condiciones de operación, los equipos a utilizarse y los resultados que obtendremos al depurar todos los efluentes, y así poder reutilizarlos de alguna manera para riego o en tal caso se descarga en una zona apropiada. Principalmente la propuesta cumplirá con los siguientes lineamientos:

- Caudales de diseño
- Características del agua residual
- Dimensionamiento estructural de los procesos de tratamiento de aguas residuales domesticas

4.2 Resultados de la Medición de Caudales

Una vez realizado los muestreos correspondientes a las aguas residuales domésticas, a continuación se muestra una tabla con los valores obtenidos en la medición de caudales para la descarga de efluentes en la cabecera parroquial de Santa Rosa.

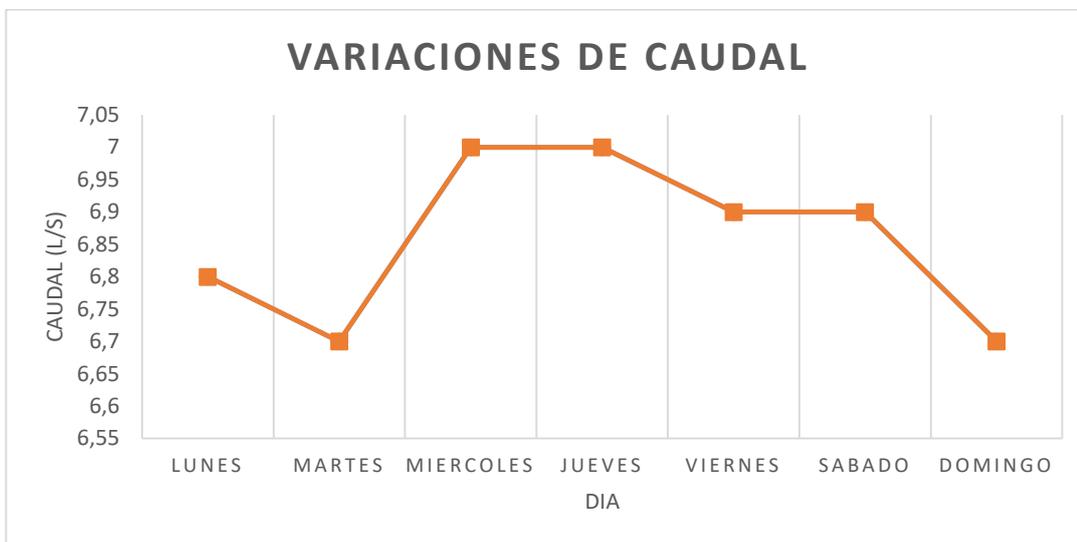
Tabla No. 34: Resultados de la medición de Caudales

HORA	DESCARGA #1						
	LUNES CAUDAL (L/s)	MARTES CAUDAL (L/s)	MIERCOLES CAUDAL (L/s)	JUEVES CAUDAL (L/s)	VIERNES CAUDAL (L/s)	SABADO CAUDAL (L/s)	DOMINGO CAUDAL (L/s)
6:30	7,9	7,8	8,2	8,2	8,1	8,5	7,7
7:00	7,7	7,5	8,1	7,9	7,5	8,1	7,4
7:30	7,6	7,2	7,8	7,6	6,8	7,3	6,9
8:00	7,4	7,1	7,5	7,2	6,46,1	6,7	6,8
8:30	7,4	7,1	7,2	6,8	5,6	6	6,9
9:00	6,5	6,4	7,1	6,5	5,5	5,8	5,8
9:30	6	6,1	6,4	6,1	5,4	5,3	5,5
10:00	5,6	5,4	5,8	5,5	5,3	5,2	5
10:30	5,3	5,2	5,4	5,2	5,6	5,3	5,1
11:00	5,5	5,3	5,9	5,5	5,9	5,6	5,6
11:30	5,8	5,7	6	5,8	6,1	6	6,2
12:00	6	5,8	6,1	6	6,3	6,2	6,1
12:30	6,1	5,9	6,2	6,5	7,2	7,8	7,2
13:00	7,5	7,2	7,4	7,9	8,3	8,5	7,6
13:30	8	7,9	8,1	8,4	7,9	8,1	7,9
14:00	7,9	7,8	7,9	8	7,7	7,9	6,8
14:30	7,6	7,5	7,8	7,4	7,5	7,4	7,1
15:00	6,6	6,7	7,3	7,2	7,2	7,3	7,2
15:30	6	6,4	6,9	7,1	7	7	6,8
16:00	6	6,3	6,4	7	6,8	6,9	6,8
16:30	5,7	6,2	6,1	6,8	7,6	7,4	7,1
17:00	6,6	6,6	6,9	7,5	8,3	7,8	7,4
17:30	8,1	7,4	7,8	8,2	8,5	8,5	8,1
18:00	8,8	8,2	8,5	8,3	8,6	8,2	8,1
18:30	8,6	8,5	8,1	8,5	8,1	8,4	8
19:00	8,9	8,7	8,3	8,4	8,6	8,3	8,1
CAUDAL PROMEDIO	6,8	6,7	7	7	6,9	6,9	6,7
CAUDAL MINIMO	5,3	5,2	5,4	5,2	5,3	5,2	5,1
CAUDAL MAXIMO	8,8	8,2	8,5	8,4	8,5	8,5	8,2

Fuente: Bélgica Baquerizo

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

Grafico No. 12: Variación Diaria de Caudal



Fuente: Investigación Propia
Elaborado por: Bélgica Baquerizo

Análisis:

La medición del caudal se realizó en la Descarga No.1 desde las 6:30 hasta 9:00 por 6 días consecutivos: lunes, martes, miércoles, jueves, viernes y sábado. Según los datos en la medición se puede observar que la variación del caudal a lo largo del día es mínima dando como resultado un caudal promedio de 6.9 L/s para los 6 días monitoreados. Dado a que el caudal varía solo con 1 a 2 litros de diferencia a lo largo del día y no fue necesario realizar más mediciones.

Como podemos observar en la gráfica, los flujos de caudales son variados de acuerdo a los días de la semana, hay niveles altos desde los martes hasta viernes, se mantiene un caudal de promedio de 7 l/s, un caudal mínimo de 5.3 l/s y con un caudal máximo en las horas pico tanto en las mañanas y en las tardes se consiguió un valor de 8.3 l/s, por lo tanto estos datos nos servirá con el agua que será provista desde el inicio del tratamiento, y con este flujo se trabajara en cada una de las operaciones unitarias que se aplicara en la propuesta.

4.3 Resultados de la Caracterización de las Aguas Residuales

A continuación se detallan los resultados de los análisis de laboratorio para cada muestra obtenida:

Tabla No. 35: Resultados de los Ensayos de Laboratorio

Día de Muestreo							
Parámetro	Unidad	Martes	Miércoles	Jueves	Promedio	Límite permisible	Cumplimiento
Potencial de Hidrogeno (pH)	-	7,21	7,5	7,9	7,36	5-sep	Cumple
Turbiedad	UNT	18,9	16,8	17,0 ₁	17,8	<10 ⁷	No Cumple
Sólidos Totales	mg/L	980	980	745	901,66	1600	Cumple
Sólidos Sedimentables	ml/L	1,5	1,3	1,7	1,4	1	No Cumple
Sólidos Suspendidos	mg/L	125	132	140	128	100	No Cumple
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	8X10 ⁷	8X10 ⁷	8X10 ⁷	8X10 ⁷	Remoción >99.9%	No Cumple
Hierro (Fe)	mg/L	<0,1	0,5	<0,1	0,17	10	Cumple
Fosfatos (PO ₄)	mg/L	2,6	1,04	1,15	-	-	-
Fosforo (P)	mg/L	0,84	0,34	0,38	0,52	10	Cumple
Nitritos (NO ₂)	mg/L	0,63	0,61	0,68	-	-	-
Nitratos (NO ₃)	mg/L	3,4	6	8,2	-	-	-
Nitrógeno (N)	mg/L	4,03	6,61	8,88	6,5	10	Cumple
Sulfatos (SO ₄)	mg/L	72,92	106	112	96,67	1000	Cumple
Aceites y Grasas	mg/L	10,8	48	97	51,93	30	No Cumple
DBO ₅	mg/L	116	112	280	169,33	100	No Cumple
DQO	mg/L	284	178	362	322,88	250	No Cumple

Fuente: Laboratorio de Análisis

Diagnostico General:

De acuerdo con los valores obtenidos del ensayo aplicado a las aguas residuales de Santa Rosa, se obtuvo resultados acorde a las condiciones físicas, químicas y biológicas, se determina que el agua a ser tratada presenta un alto nivel de contaminación, y es así que se debe tener en cuenta los criterios de diseño para cumplir con las expectativas de la investigación y de igual manera con la exigencia de la normativa de construcción y ambiente vigente para este tipo de tratamiento convencional o casero que es necesario adoptar en la población.

4.4 Dimensionamiento del Tratamiento de Aguas Residuales

4.4.1 Cálculos del Volumen Individual de las Muestras Puntuales

El volumen individual es el que se consiguió mediante se realizó la muestras respectivas en el sitio de descarga de las aguas residuales, para ello se calculó el volumen durante las horas pico, para tener como referencia este dato y multiplicarlo para cada uno de los habitantes de la población de Santa Rosa. A continuación se dedujo el volumen con la siguiente fórmula:

Ejemplo: Volumen de Muestra No.1

$$V_i = \frac{Q_i * V}{Q_p * N_o}$$
$$V_i = \frac{1.71 \frac{L}{s} * 3l}{1.504 \frac{L}{s} * 5} * \frac{1000 ml}{1L}$$
$$V_i = 682.18 mL$$

Tabla No. 36: Caudal del Volumen Individual

# Muestra Puntual	Hora	Caudal Individual (L/s)	Caudal Promedio (L/s)	Volumen Individual (ml)
1	12:00	1.71	1.504	682.18
2	12:30	1.63	1.504	660.26
3	13:00	1.39	1.504	554.52
4	13:30	1.25	1.504	498.67
5	14:00	1.54	1.504	614.36
Volumen Final de la Muestra Compuesta				3000 mL

Fuente: Bélgica Baquerizo

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

La muestra compuesta o combinada está formada por varias muestras recogidas en un lapso de tiempo, en este caso se realizó durante una semana, pero con la particularidad que fueron proporciones idénticas en cada muestra. Este tipo de muestreo nos da las condiciones medias de flujo del efluente en un tiempo determinado.

4.4.2 Cálculos del Sistema de Colector de Aguas Domiciliario

A continuación se detalla los cálculos hidráulicos del tramo comprendido entre los pozos domiciliarios al sistema colector de efluentes de la vivienda:

Longitud.

Longitud Acumulada

$$La = Lp + Lt$$

$$La = 44.8881 \text{ m} + 2302.7947 \text{ m}$$

$$La = 2347.6828 \text{ m}$$

Área

Área Acumulada

$$Aa = Ap + At$$

$$Aa = 0.1978 \text{ ha} + 6.5184 \text{ ha}$$

$$Aa = 6.7162 \text{ ha}$$

4.4.3 Calculo de la Población para el Diseño

Población propia

$$Pp = Aa + pp$$

$$Pp = 0.1978 \text{ ha} * \frac{145 \text{ hab}}{\text{ha}}$$

$$Pp = 29 \text{ hab}$$

Población Acumulada:

$$Pa = Aa + pp$$

$$Pp = 6.7162 \text{ ha} * \frac{145 \text{ hab}}{\text{ha}}$$

$$Pp = 975 \text{ hab}$$

Análisis:

Se aplicó el método geométrico para la proyección demográfica del área en estudio. Para un diseño de 25 años y una tasa de crecimiento anual igual a 1.5% la población futura de la Cabecera Parroquial de Santa Rosa es igual a 6000 habitantes promedio y para un área de 7.2 hectáreas la densidad poblacional es igual a 145.1669 hab/ha.

4.4.4 Calculo del Caudal Pluvial

Coefficiente de Escurrimiento:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i * A_i}{A}$$

$$C = \frac{0.5 * 6.7162 \text{ ha}}{18.7095 \text{ ha}}$$

$$C = 0.17499$$

Tiempo de concentración inicial:

$$t_e = \frac{0.275(L^{1.155}) * (e^{-1.7802C})}{H^{0.385}}$$

$$t_e = \frac{0.275(48.8881m^{1.155}) * (e^{-1.7802*0.17949})}{(2656 - 2655)m^{0.385}}$$

$$t_e = 16 \text{ min}$$

Tiempo de Recorrido:

$$t_r = \frac{L}{60 * V}$$

$$t_r = \frac{44.8881 \text{ m}}{60 * 2.25 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$t_r = 0.33250 \text{ min}$$

Duración:

$$t = t_e + t_r$$

$$t = (16 \text{ min} + 0.33250 \text{ min}) * \frac{1h}{60 \text{ min}}$$

$$t = 0.28 \text{ h}$$

Intensidad Máxima de Precipitación:

$$I_m = \frac{581.803}{(t + 4.1)^{-0.826013}}$$

$$I_m = \frac{581.803mm}{(0.28 \text{ h} + 4.1)^{-0.826013}} * \frac{1m}{1000 \text{ mm}}$$

$$I_m = 1.97 \frac{\text{m}}{\text{h}}$$

Caudal Pluvial:

$$Q_p = 2.78 * C * I * A$$

$$Q_p = 2.78 * 0.17499 * 1.97 * 6.7162 * \frac{1000}{3600}$$

$$Q_p = 1.82329 \frac{L}{s}$$

Caudal Medio Diario:

$$Q_{md} = C_r * P * D$$

$$Q_{md} = 0.8 * 975 \text{ hab} * 208 \frac{L}{\text{hab.dia}} \cdot \frac{1 \text{ dia}}{86400 \text{ s}}$$

$$Q_{md} = 1.878 \frac{L}{s}$$

Coefficiente de Punta:

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{x}{1000}}}$$

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{975}{1000}}}$$

$$M = 3.807$$

Caudal Máximo Diario:

$$Q_{MD} = M * Q_m$$

$$Q_{MD} = 3.807 * 1.878 \frac{L}{s}$$

$$Q_{MD} = 7.149 \frac{L}{s}$$

Caudal de Infiltración

$$Q_i = f * \frac{L}{1000}$$

$$Q_i = 0.35 \frac{L}{s.m} * \frac{2347.6828 m}{1000}$$

$$Q_i = 0.822 \frac{L}{s}$$

Caudal por Condiciones Erradas

$$Q_e = Q_{md} * \% \text{ Perdidas}$$

$$Q_e = 7.149 \frac{L}{s} * 0.2$$

$$Q_e = 1.430 \frac{L}{s}$$

Caudal de Diseño

$$Q_D = Q_{MD} + Q_p + Q_i + Q_e$$

$$Q_D = 7.149 \frac{L}{s} + 1.8329 \frac{L}{s} + 0.822 \frac{L}{s} + 1.430 \frac{L}{s}$$

$$Q_D = 13.84 \frac{L}{s}$$

Pendiente:

$$S = \frac{\Delta H}{L} * 100\%$$

$$S = \frac{(2656 - 2655)m}{2347.6828} * 100\%$$

$$S = 0.314\%$$

4.4.5 Régimen Hidráulico

Radio Hidráulico

$$R_H = \frac{\varnothing}{4}$$
$$R_H = \frac{450 \text{ mm}}{4} * \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}}$$
$$R_H = 0.113 \text{ m}$$

Velocidad en la tubería a tubo lleno:

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$
$$V = \frac{1}{0.013} * 0.113^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{0.314 \%}{100 \%}\right)^{\frac{1}{2}}$$
$$V = 1.005 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Caudal máximo que soporta la tubería a tubo lleno:

$$Q_A = V * \left(\frac{\pi * \varnothing^2}{4}\right)$$
$$Q_A = 1.005 \frac{\text{m}}{\text{s}} * \left(\frac{\pi * \left(450 \text{ mm} * \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}}\right)^2}{4}\right) * \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3}$$
$$Q_A = 159.762 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

Relación Caudal diseño/Caudal máximo en la tubería:

$$\frac{Q_d}{Q_A}$$
$$\frac{Q_d}{Q_A} = \frac{13.84 \frac{\text{L}}{\text{s}}}{159.762 \frac{\text{L}}{\text{s}}}$$

$$\frac{Q_d}{Q_A} = 0.09$$

Relación Velocidad teórica/ Velocidad en la tubería:

$$\frac{v}{V} = 0.62$$

Velocidad Real

$$v = 0.62 * V$$

$$v = 0.62 * 1.005 \frac{m}{s}$$

$$v = 0.6228 \frac{m}{s}$$

Análisis:

El diagnóstico breve que se realizó en el alcantarillado en la Cabecera Parroquial de Santa Rosa, demostró que existe una red alcantarillado sanitario de 10 años de uso pero esta cubre un 20% de su población, alcantarillado pluvial solo cuenta con las principales calles del sector con 10 años de uso, con una tubería asbesto de diámetro externo de 350 mm y diámetro interno de 200 mm. Ambas redes no han sido renovadas hasta la actualidad por lo que se puede asumir que son sistemas caducos, además el incremento de la población desde 1990, las nuevas infraestructuras y la presencia de varias inundaciones en las calles de la zona en estudio cuando llueve y la acumulación de agua provocan colapsos temporales en la redes por lo que se ve en la necesidad de proponer el cambio de tuberías.

Se escogió un sistema de colector de aguas servidas referente a un sistema alcantarillado combinado debido a que los volúmenes anuales drenados de aguas residuales son mayores que los volúmenes de aguas pluviales y la combinación de estos tipos de agua no produce problemas en el momento de su tratamiento, además resulta ser una mejor alternativa económica ya que se reduce costos al

momento de su implementación y genera menos impactos ambientales en la zona de estudio.

4.4.6 Relación diámetro teórico/ Diámetro de la tubería:

$$\frac{d}{D} = 0.20$$

Diámetro Real:

$$\begin{aligned}d &= 0.20 * D \\d &= 0.20 * 450 \text{ mm} \\d &= 91 \text{ mm}\end{aligned}$$

4.4.7 Relación Radio Hidráulico teoría/ Radio Hidráulico en la tubería:

$$\frac{rh}{RH} = 0.49$$

Radio Hidráulico real:

$$\begin{aligned}rh &= 0.49 * RH \\rh &= 0.49 * 0.113 \text{ m} \\rh &= 0.055 \text{ m}\end{aligned}$$

Velocidad critica:

$$\begin{aligned}V_c &= 6\sqrt{g * r_h} \\V_c &= 6\sqrt{9.8 \frac{m}{s^2} * 0.055} \\V_c &= 4.401 \text{ m}\end{aligned}$$

Tensión tractiva

$$t = \rho * g * rh * S$$

$$t = \frac{\left(1000 \frac{kg}{m^3} * 9.8 \frac{m}{s^2} * 0.055 m * \frac{0.314 \%}{100 \%}\right)}{9.8 \frac{m}{s^2}}$$

$$t = 0.17 \frac{kg}{m^2}$$

$$t = 0.17 \text{ Pascales}$$

4.4.8 Pre Tratamiento

El pre-tratamiento consta de los procesos físicos y procesos físicos/biológicos que actuaran en la propuesta, de este modo se calculara dos aspectos importantes en esta etapa:

- Canal de Llegada
- Cribado (Rejillas).

Canal de Llegada

Coefficiente de Manning:

$$k = \frac{Q * n}{b^{\frac{8}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}$$

$$k = \frac{0.03391 \frac{m^3}{s} * 0.016}{(0.8m)^{\frac{8}{3}} * (0.03)^{\frac{1}{2}}}$$

$$k = 0.0056795$$

Altura de agua en el canal:

$$h = 1.6224 * k^{0.74232} * b$$

$$h = 1.6224 * (0.0056795)^{0.74232} * 0.8$$

$$h = 0.0286291 m$$

Radio Hidráulico:

$$Rh = \frac{b * h}{b + 2h}$$
$$Rh = \frac{0.8 \text{ m} * 0.0286291 \text{ m}}{0.8 \text{ m} + 2(0.028291 \text{ m})}$$
$$Rh = 0.0267169 \text{ m}$$

Velocidad:

$$V = \frac{1}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$
$$V = \frac{1}{0.016} * (0.0267169 \text{ m})^{\frac{2}{3}} * (0.03)^{\frac{1}{2}}$$
$$V = 0.967 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Análisis:

Se diseñó un canal de llegada artificial de hormigón con coeficiente de rugosidad $n = 0.016$, de sección rectangular. El canal de llegada tiene como función recibir el agua que llega directamente de los colectores de la red aguas servidas propuesta. Con la finalidad de que el flujo del agua sea constante dentro del canal se ha propuesto una pendiente del 3% para que la velocidad del caudal máximo sea 0.967 m/s y la de caudal promedio de 0.701 m/s; estos valores se encuentran dentro del rango de 0.6 m/s a 2.5 m/s tal y como se indica en los criterios de diseño del canal de llegada.

4.4.9 Cribado (Rejillas)

Área libre al paso del agua:

$$Al = \frac{Q}{V_b}$$

$$Al = \frac{0.03391 \frac{m^3}{s}}{0.6 \frac{m}{s}}$$

$$Al = 0.0565 m^2$$

Tirante de agua en el canal:

$$h = \frac{Al}{b}$$

$$h = \frac{0.0565 m^2}{0.8 m}$$

$$h = 0.070625 m$$

Altura total del canal:

$$H = h + Hs$$

$$H = 0.070625 m + 0.9 m$$

$$H = 1 m$$

Longitud de las Barras:

$$L_b = \frac{Hs}{\sin \alpha}$$

$$L_b = \frac{0.9 m}{\sin 50^\circ}$$

$$L_b = 1.18 m$$

Numero de Barras:

$$n = \left(\frac{b}{e + S} \right) - 1$$

$$n = \left(\frac{0.8 m}{0.025 m + 0.01 m} \right) - 1$$

$$n = 22$$

Perdida de carga en las rejillas (Hf):

$$hf = \beta \left(\frac{S}{e} \right)^{\frac{4}{3}} * \frac{V^2}{2g} \sin \alpha$$
$$hf = 2.42 * \left(\frac{0.01 \text{ m}}{0.025 \text{ m}} \right)^{\frac{4}{3}} * \frac{(0.967 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} 50^\circ$$
$$hf = 0.0260 \text{ m}$$

Análisis:

Se diseñó una rejilla con 22 barras finas de sección rectangular y de limpieza manual. La rejilla tiene el mismo ancho del canal (80 cm), pero con un ángulo de inclinación igual a 50° con respecto a la horizontal del canal. Está ubicada dentro del canal de llegada con el fin de que el agua residual proveniente de la red de alcantarillado se libere de los sólidos, residuos y material flotante presentes en ella antes de que antes al tratamiento de aguas residuales propuesto.

4.4.10 Tratamiento Primario (Sedimentador Convencional)

Se diseñó tres Sedimentadores convencionales de sección rectangular con clarificación estándar y flujo horizontal basándose en el caudal de diseño para cada unidad $Q_D = 0.016955 \text{ m}^3/\text{s}$. cada uno está compuesto por cuatro zonas independientes.

Velocidad Crítica de Sedimentación

Partículas Discretas

$$V_{si} = \frac{g}{18} * \left(\frac{\rho_p - \rho}{\mu} \right) * d_{pd}^2$$
$$V_{si} = \frac{981 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}}{18} * \left(\frac{2.65 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} - 0.998599 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}{0.01053 \frac{\text{g}}{\text{cm} \cdot \text{s}}} \right) * (0.003 \text{ cm})^2$$

$$V_{si} = 0.076924234 \frac{cm}{s}$$

$$V_{si} = 7.66924 \times 10^{-4} \frac{m}{s}$$

$$V_{si} = 66.46 \frac{m}{d}$$

Partículas Críticas

$$V_{sc} = 0.22 * \left(\frac{\rho_p - \rho}{\rho} * g \right) * \left[\frac{d_{pc}}{(v)^{1/3}} \right]$$

$$V_{sc} = 0.22 * \left(\frac{2.65 \frac{g}{cm^3} - 0.998599 \frac{g}{cm^3}}{0.998599 \frac{g}{cm^3}} * 981 \frac{cm}{s^2} \right) * \left[\frac{0.020 cm}{(0.01054 \frac{cm^2}{s})^{1/3}} \right]$$

$$V_{sc} = 2.770720739 \frac{cm}{s}$$

$$V_{sc} = 0.0277 \frac{m}{s}$$

Área Superficial en la zona de Sedimentación:

$$A_s = \frac{Q}{V_{si}}$$

$$A_s = \frac{0.016955 \frac{m^3}{s}}{7.66924 \times 10^{-4} \frac{m}{s}}$$

$$A_s = 22 m^2$$

Longitud del tanque Sedimentador:

$$L = \frac{Q}{V_{si} * w}$$

$$L = \frac{0.016955 \frac{m^3}{s}}{7.66924 \times 10^{-4} \frac{m}{s} * 2.7 m}$$

$$L = 8 \text{ m}$$

Longitud total del Sedimentador:

$$L_p = L + L_{pd}$$

$$L_p = 8 \text{ m} + 1 \text{ m}$$

$$L_p = 9 \text{ m}$$

Relación Largo / Ancho:

$$\frac{L}{w} = 3 - 6$$

$$\frac{9 \text{ m}}{2.7 \text{ m}} = 3.33$$

Altura máxima del Sedimentador (Partículas discretas):

$$h = V_{si} * P_{RH}$$

$$h = 7.66924 \times 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}} * 60 \text{ s}$$

$$h = 0.046 \text{ m}$$

Altura máxima para partículas críticas:

$$H = V_{sc} * P_{RH}$$

$$H = 0.0277 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 60 \text{ s}$$

$$H = 1.7 \text{ m}$$

Relación Largo / Profundidad:

$$\frac{L}{H} = 5 - 20$$

$$\frac{9 \text{ m}}{1.7 \text{ m}} = 5.29$$

Volumen del Tanque Sedimentador:

$$\begin{aligned} Vol &= w * L * H \\ Vol &= 2.7 \text{ m} * 9 \text{ m} * 1.7 \text{ m} \\ Vol &= 41.31 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Periodo de retención Hidráulico real:

$$\begin{aligned} P_{RH} &= \frac{Vol}{Q} \\ P_{RH} &= \frac{41.31 \text{ m}^3}{0.016955 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} \\ P_{RH} &= 2436.45 \text{ s} \\ P_{RH} &= 41 \text{ min} \end{aligned}$$

Velocidad Horizontal:

$$\begin{aligned} V_h &= \frac{Q}{A_s} \\ V_h &= \frac{0.016955 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{22 \text{ m}^2} \\ V_h &= 7.7068 \times 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}} \end{aligned}$$

Velocidad de Arrastre:

$$\begin{aligned} V_a &= 125 * [(\rho_p - \rho) * d_p]^{1/2} \\ V_a &= 125 * \left[\left(2.65 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} - 0.998599 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) * 0.003 \text{ cm} \right]^{1/2} \end{aligned}$$

$$Va = 8.798262435 \frac{cm}{s}$$

$$Va = 0.0879 \frac{m}{s}$$

$$Va > Vh$$

$$0.0879 \frac{m}{s} > 0.00077068 \frac{m}{s}$$

Zona de Entrada:

Área total de Orificios:

$$A_o = \frac{Q}{V_o}$$

$$A_o = \frac{0.016955 \frac{m^3}{s}}{0.10 \frac{m}{s}}$$

$$A_o = 0.16955 m^2$$

Área del Orificio:

$$a_o = \frac{\pi * \phi^2}{4}$$

$$a_o = \frac{\pi * (0.075m)^2}{4}$$

$$a_o = 0.004418 m^2$$

Numero de orificios:

$$n_o = \frac{A_o}{a_o}$$

$$n_o = \frac{0.16955 m^2}{0.004418 m^2}$$

$$n_o = 38$$

Zona de Salida

Vertedero de Salida:

$$ha = \left(\frac{Q}{1.84 * b} \right)^{2/3}$$
$$ha = \left(\frac{0.016955 \frac{m^3}{s}}{1.84 * 2.7 m} \right)^{2/3}$$
$$ha = 0.023 m$$

Análisis:

De las tres unidades diseñadas, un Sedimentador convencional será destinado como reserva para cuando se tenga que dar mantenimiento a cualquiera de las dos unidades anteriores. En la zona de entrada los orificios están distribuidos de forma uniforme en toda el área de la pantalla. Lo más altos se ubicaron a 1/5 de altura a partir de la superficie del agua y los más bajos a 1/5 de altura de la superficie del fondo. Además, se propuso el diseño de un vertedero de entrada similar al diseño del vertedero de salida, esto con el fin de poder regular la velocidad del afluente que ingresa al Sedimentador convencional. Para el drenaje de los lodos se escogió tubería de PVC corrugado de doble pared de 400 mm de diámetro externo y 361. Mm de diámetro interno.

4.4.11 Tratamiento Secundario

Para el tratamiento secundario un Método natural de Depuración se escogió el filtro lento biológico de arena el cual permite depurara las aguas residuales por medio de una filtración biológica que se da a través de una biopelícula formada por los mismos microorganismos presentes en el agua residual. La filtración biológica se da en condiciones anaerobias y degrada materia orgánica, nutrientes,

microorganismos y otros componentes del agua residual de una manera efectiva permitiendo así reutilizar el agua tratada como agua para riego si así lo requieran.

Filtro Lento Biológico de Arena

Se diseñaron cuatro filtros lentos biológicos de arena de flujo descendente y de sección rectangular basándose en el caudal de diseño para cada unidad $Q_D = 0.016955 \frac{m^3}{s}$.

Velocidad de filtración:

$$Vf = \frac{Q}{As}$$
$$Vf = \frac{0.016955 \frac{m^3}{s} * 3600 \frac{s}{h}}{100 m^2}$$
$$Vf = 0.40692 \frac{m}{h}$$

Área Superficial:

$$As = \frac{Q}{N * Vf}$$
$$As = \frac{0.016955 \frac{m^3}{s} * 3600 \frac{s}{h}}{3 * 0.40692 \frac{m}{h}}$$
$$As = 33.33 m^2$$

Coefficiente de mínimo costo:

$$k = \frac{2 * N}{N + 1}$$

$$k = \frac{2 * 3}{3 + 1}$$

$$k = 1.5$$

Longitud del Filtro:

$$L = (As * k)^{1/2}$$

$$L = (33.33 \text{ m}^2 * 1.5)^{1/2}$$

$$L = 7 \text{ m}$$

Ancho del Filtro:

$$b = \left(\frac{As}{k}\right)^{1/2}$$

$$b = \left(\frac{33.33 \text{ m}^2}{1.5}\right)^{1/2}$$

$$b = 5 \text{ m}$$

Velocidad de filtración real:

$$Vf_R = \frac{Q}{(2 * As * b)}$$

$$Vf_R = \frac{0.016955 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}}{(2 * 33.33 \text{ m}^2 * 5 \text{ m})}$$

$$Vf_R = 0.12 \frac{\text{m}}{\text{h}}$$

Vertedero de entrada:

$$ha = \left(\frac{Q}{1.84 * b}\right)^{2/3}$$

$$ha = \left(\frac{0.016955 \frac{m^3}{s}}{1.84 * 5 m} \right)^{2/3}$$

$$ha = 0.020 m$$

Análisis:

De las cuatro unidades diseñadas, un filtro lento biológico de arena será destinado como reserva para cuando se tenga que dar mantenimiento a cualquiera de las tres unidades anteriores.

Para el sistema de entrada y llenado del filtro se diseñó un vertedero de entrada con la finalidad de que limpie turbulencias del flujo al momento que ingresa al filtro y así evitar perturbar la capa de arena que se encuentre dentro. El agua que ingresa al filtro se transportara en una tubería de PVC corrugado de doble pared de 160 mm de diámetro externo y 145.8 mm diámetro interno. También se diseñó un vertedero de salida para el exceso de agua presente en el filtro con las mismas características.

El sistema de drenaje se debe realizar con ladrillos superiores de alta calidad. Los ladrillos del fondo (inferiores) formaran flas pequeñas a manera de canales con el fin de realizar un soporte para los ladrillos que se encuentren encima (superiores). Los ladrillos superiores se encuentran tendidos de plano y están separados de cada ladrillo por 1 cm de distancia a cada lado.

En el fondo se diseñó un canal colector central cuya función es la de recolectar el agua filtrada llevándola hacia una tubería de salida. Se escogió una tubería de PVC corrugado de doble pared con las mismas características de la tubería entrada. También se añadió al sistema de salida una tubería extra de PVC corrugado de doble pared para la ventilación de los drenes y el agua filtrada de 110 mm de diámetro externo y 99.2 mm de diámetro interno. Para el vaciado del

filtro se diseñó un vertedero interno ubicado a una altura similar a la capa de arena no se levante y se mezcle en su totalidad con el agua que se drene. El vertedero dirige el agua hacia una tubería de salida, la misma que es regulada por una válvula. Se escogió una tubería de PVC corrugado de doble pared de 160 mm de diámetro externo y 145.8 mm diámetro interno.

4.4.12 Lecho de Secado:

Se diseñó 4 lechos de secado de sección rectangular y sin sistema de drenaje. Los lodos se aplicaran en los lechos en capas de 40 cm y sobre una capa de grava de 10 cm de espesor.

Carga de Solidos que ingresa al Sedimentador:

$$C = Q * SS$$

$$C = 33.9 \frac{L}{s} * 76 \frac{mg}{L} * \frac{1g}{1000mg} * \frac{1kg}{1000g} * \frac{86400s}{1dia}$$

$$C = 222.6666 \frac{kg}{d}$$

Masa de Solidos que conforman los lodos:

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C)$$

$$Msd = \left(0.5 * 0.7 * 0.5 * 222.6666 \frac{kg}{d} \right) + \left(0.5 * 0.3 * 222.6666 \frac{kg}{d} \right)$$

$$Msd = 72.3666 \frac{Kg}{d}$$

Volumen diario de lodos digeridos:

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{lodo} * \left(\frac{\% Solidos}{100\%} \right)}$$

$$Vld = \frac{72.3666 \frac{Kg}{d}}{1.04 \frac{Kg}{L} * \left(\frac{12\%}{100\%}\right)}$$

$$Vld = 579.8606 \frac{L}{d}$$

Volumen de lodos a extraerse:

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000}$$

$$Vel = 579.8606 \frac{L}{d} * 40 d * \frac{1m^3}{1000 L}$$

$$Vel = 23.1944 m^3$$

Área del Lecho de Secado:

$$Als_i = \frac{Als}{\# Lechos}$$

$$Als_i = \frac{58 m^2}{4}$$

$$Als_i = 15m^2$$

Longitud del lecho de Secado:

$$L = \frac{Als_i}{b}$$

$$L = \frac{15m^2}{3 m}$$

$$L = 5 m$$

Análisis

Como no tiene sistema de drenaje de secado y el secado de los lodos se lo realizara por medio de la evaporación y tendrá aberturas pequeñas de 5 cm x 10

cm ubicadas uniformemente en el fondo de la parte superior de cada lecho, con el fin de que pueda evacuar algún residuo de agua presente en el lodo.

4.5 Parámetros de Construcción

Se diseñó una red de alcantarillado con un sistema de recolección de aguas servidas que transportará en conjunto las aguas pluviales y las residuales domésticas hacia el sitio de tratamiento de efluentes, en donde estará la planta depuradora. En algunas áreas se seguirá usando el sistema alcantarillado actual aprovechando la pendiente natural del terreno y funcionando por gravedad.

Se escogió una tubería PVC de doble pared con coeficiente de rugosidad $n = 0.03$ y con las siguientes características:

- Diámetro nominal 475 mm
- Diámetro externo 475 mm
- Diámetro interno 450 mm
- Espesor de la tubería 25 mm

Se propuso que la profundidad de excavación para la instalación de la tubería sea igual a 1.90 m incluido el valor de 1.20 m que se da de relleno de seguridad para que la tubería soporte el tránsito vehicular, con una pendiente mínima de 0.2% y una máxima de 10.3%.

En la siguiente tabla se demuestra los valores de los resultados obtenidos del caudal de diseño del sistema de recolección de aguas servidas:

Tabla No. 37: Resultados de los Diferentes Caudales

Parámetro	Símbolo	Unidad	Dato
Caudal Pluvial	Q_p	L/s	7.1370
Caudal Medio Diario	Q_{md}	L/s	
Coefficiente de Mayorización	M	-	3.504
Caudal Máximo Diario	Q_{MD}	L/s	17.071
Caudal de Infiltración	Q_i	L/s	2.278
Caudal de conexiones erradas	Q_e	L/s	3.414
Caudal de Diseño	Q_D	L/s	33.91
Caudal Mínimo	Q_d	L/s	28.06
Caudal de Emergencia	Q_{EMG}	L/s	40.00

Fuente: Bélgica Baquerizo

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

4.6 Dimensionamiento de las Unidades Físicas del Tratamiento propuesto para las Aguas Residuales

A continuación se detalla los resultados obtenidos para cada unidad de tratamiento a partir de los cálculos de diseño realizados:

4.6.1 Pre-Tratamiento Canal de Llegada

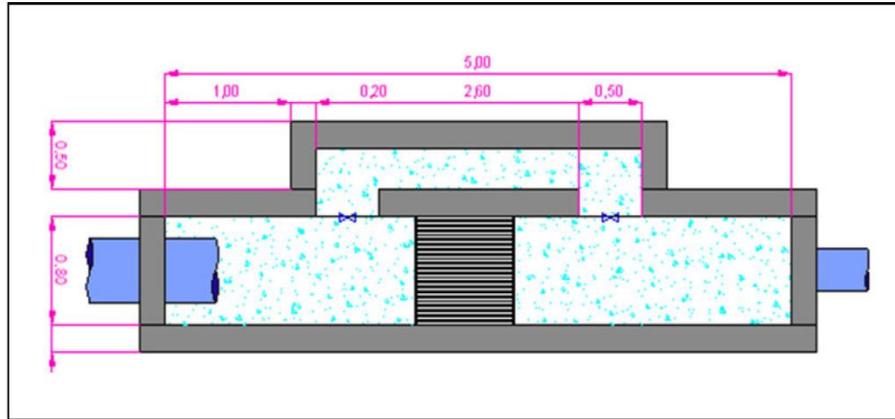
Tabla No. 38: Dimensiones del canal de Llegada

Parámetro de Diseño	Abreviatura	Valor	Unidad
Base	b	80	cm
Espesor	E	20	cm
Largo	L	5	m
Altura Total	H	1	m
Altura de Seguridad	Hs	90	cm
Pendiente (Propuesto)	S	3	%

Fuente: Bélgica Baquerizo

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

Grafico No. 13: Canal de Llegada



Fuente: Bélgica Baquerizo

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

Rejillas

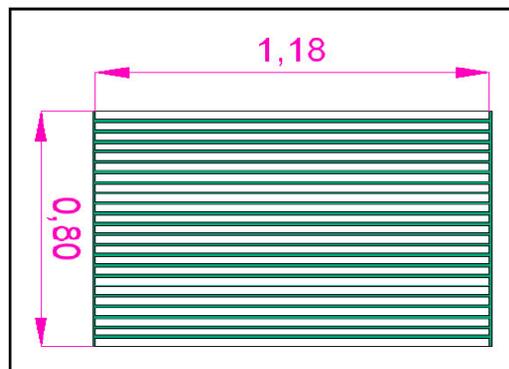
Tabla No. 39: Dimensiones de las Rejillas

Parámetro de Diseño	Abreviatura	Unidad	Valor
Área libre al paso del agua	A_l	m^2	0.0565
Longitud de las barras	Lb	m	1.18
Numero de barras	n	-	22
Perdida de energía	hf	m	0.0260
Ancho	b	cm	80
Área total de las rejillas	A	m^2	0.944

Fuente: Bélgica Baquerizo

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

Grafico No. 14: Rejillas



Fuente: Bélgica Baquerizo

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

4.6.2 Tratamiento Primario Sedimentador Convencional

Zona Entrada:

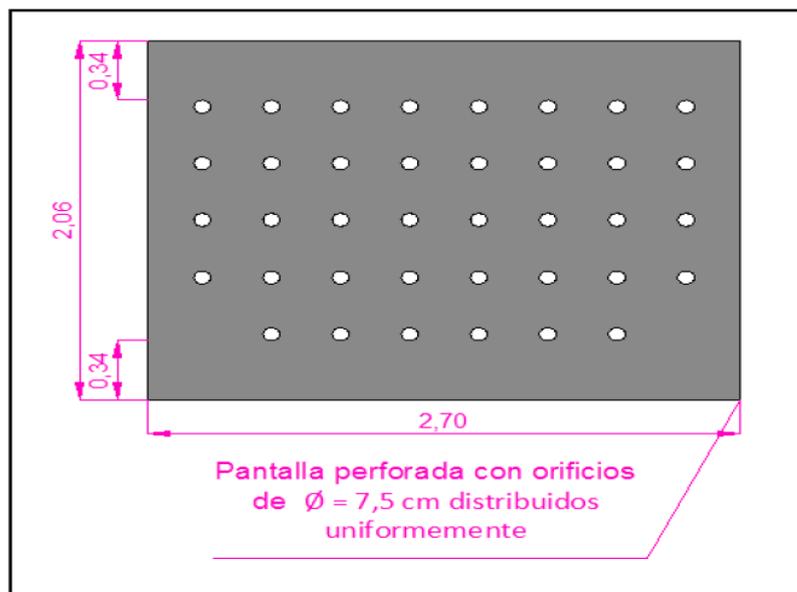
Tabla No. 40: Dimensiones de la Pantalla Difusora

Parámetro de Diseño	Abreviatura	Unidad	Valor
Área total de los orificios	A_o	m^2	0.17
Área del orificio	a_o	m^2	0.005
Numero de orificios	n_o	-	38
Angulo de ensanchado de cada orificio	α	-	15°
Ancho de la pantalla difusora	b	-	2.7
Distancia de la pantalla de la pared de la entrada	-	m	1
Distancia de la pantalla difusora de la pared interior del Sedimentador	-	cm	90

Fuente: Bélgica Baquerizo

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

Grafico No. 15: Pantalla Perforada



Fuente: Bélgica Baquerizo

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

Zona de Sedimentación

Tabla No. 41: Dimensiones del Tanque Sedimentador

Parámetro de Diseño	Abreviatura	Unidad	Valor
Ancho	b	m	2.7
Espesor	E	m^2	20
Largo del Tanque	n_o	m	8
Largo total del Sedimentador	L_T	m	9
Profundidad	H	m	1.7
Velocidad crítica de sedimentación para partículas discretas	V_{si}	m/s	7.6924×10^{-4}
Velocidad crítica de sedimentación para partículas críticas	V_{sc}	m/s	0.0277
Velocidad de sedimentación del tanque	V_s	m/d	66.46
Área superficial	A_s	m^2	22
Tiempo de retención hidráulico	P_{RH}	min	41
Volumen del tanque	Vol	m^3	41.31
Velocidad horizontal	V_h	m/s	0.00077068
Velocidad de arrastre	V_a	m/s	0.0879

Fuente: Bélgica Baquerizo

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

Zona de Salida:

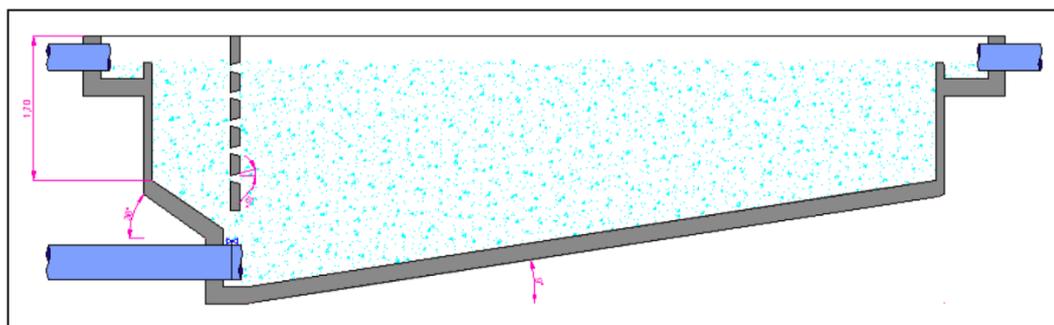
Tabla No. 42: Dimensiones del vertedero de salida del Sedimentador

Parámetro de Diseño	Abreviatura	Unidad	Valor
Altura de agua sobre la cresta del vertedero	ha	m	0.023

Fuente: Bélgica Baquerizo

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

Grafico No. 16: Sedimentador Convencional



Fuente: Bélgica Baquerizo

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

4.6.3 Tratamiento Secundario

Filtro de Lecho Biológico de Arena

Tabla No. 43: Dimensiones del Filtro Lento Biológico de Arena

Parámetro de Diseño	Abreviatura	Unidad	Valor
Área Superficial	A_s	m^2	33.33
Longitud	L	m	7
Ancho	b	m	5
Espesor	E	cm	20
Profundidad	H	m	3
Capa de grava	-	cm	40
Capa de arena fina	-	cm	90
Capa de agua residual	-	m	1.50
Altura de seguridad	H_s	cm	20
Velocidad de filtración real		m/h	0.12

Fuente: Bélgica Baquerizo

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

Sistema de entrada y llenado del filtro:

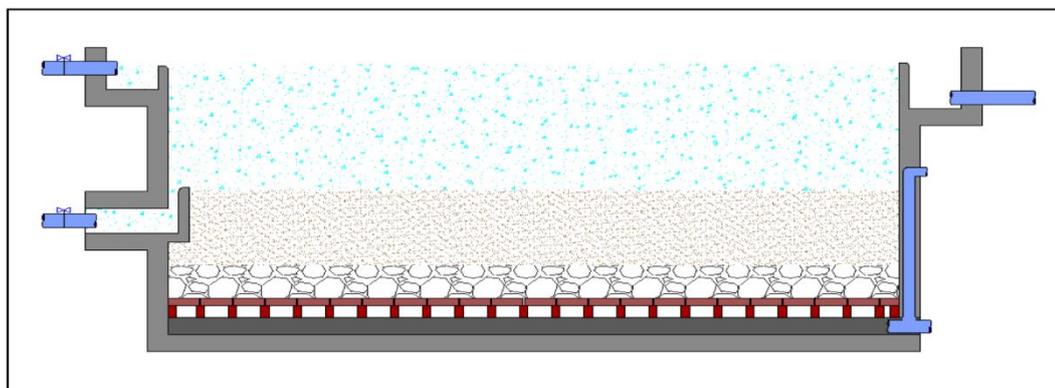
Tabla No. 44: Dimensiones del vertedero de entrada del filtro

Parámetro de Diseño	Abreviatura	Unidad	Valor
Longitud para la cresta del vertedero	b	m	5
Altura de agua sobre la cresta del vertedero	ha	m	0.020

Fuente: Bélgica Baquerizo

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

Grafico No. 17: Filtro Biológico de Arena



Fuente: Investigación Propia

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

Lecho de Secado

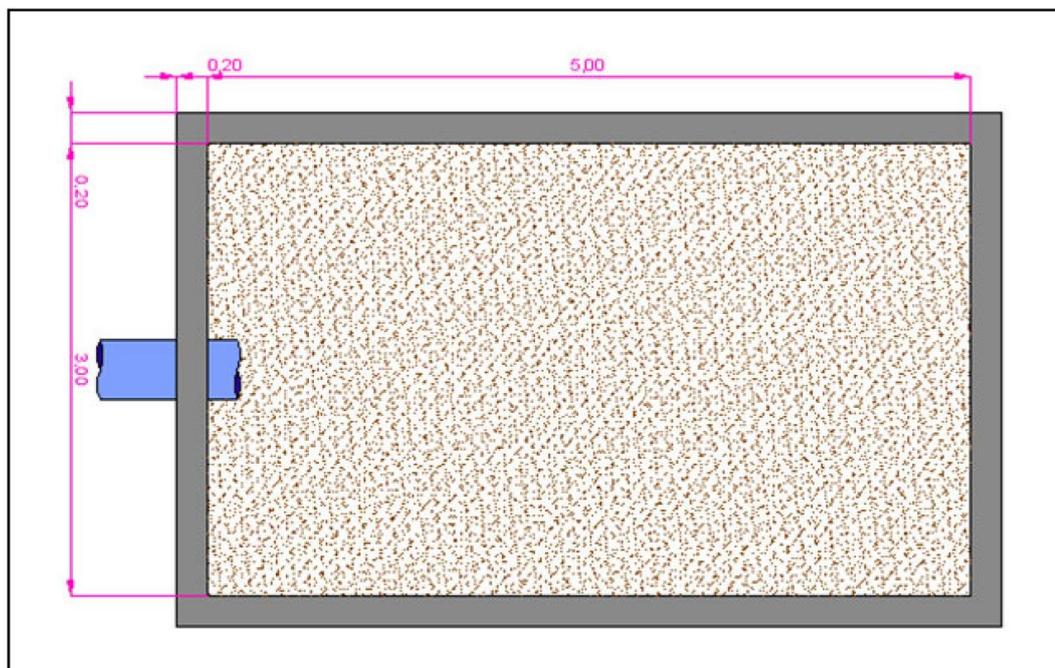
Tabla No. 45: Dimensiones del Lecho de secado

Parámetro de Diseño	Abreviatura	Unidad	Valor
Carga de solidos que ingresa al Sedimentador	C	Kg/d	222.67
Masa de solidos que conforman los lodos	Msd	kg/d	72.4
Volumen diario de lodos digeridos	Vld	L/d	580
Volumen de lodos a extraerse	Vel	m^3	23.2
Área individual del lecho	Als	m^2	15
Ancho	b	m	3
Espesor	E	cm	20
Largo	L	m	5
Profundidad	H	cm	60
Profundidad de la Capa de lodo	Ha	cm	40
Capa de grava	-	cm	10

Fuente: Bélgica Baquerizo

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

Grafico No. 18: Lecho de Secado



Fuente: Bélgica Baquerizo

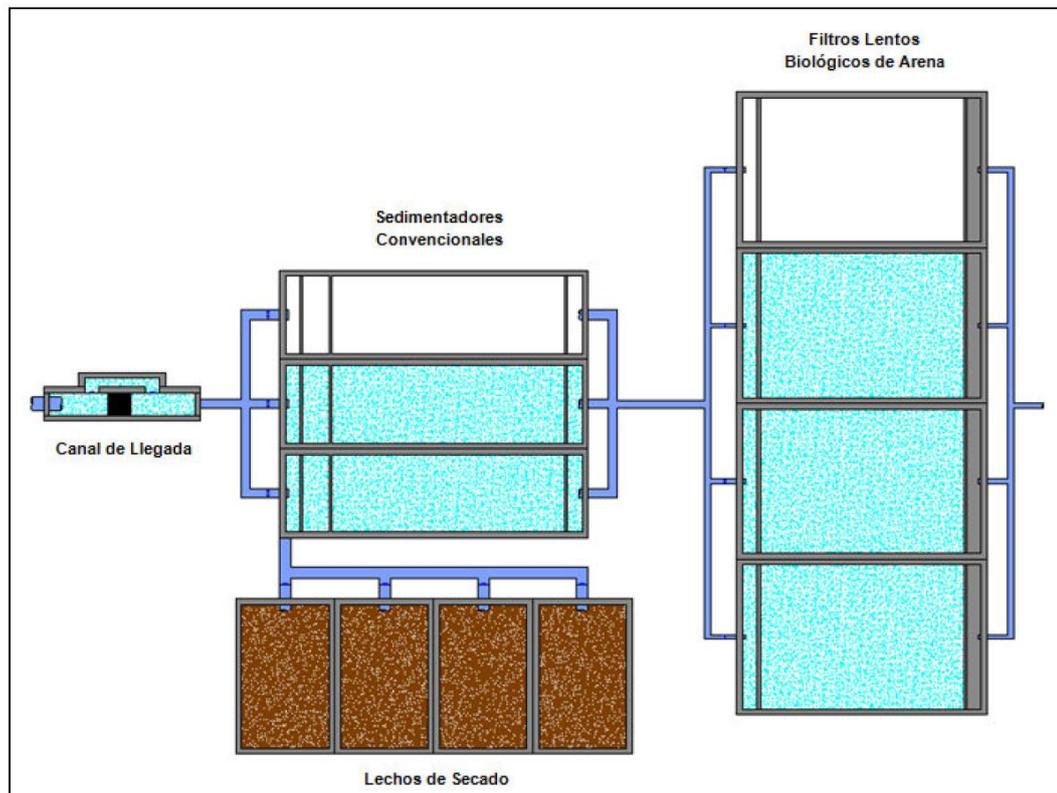
Elaborado por: Bélgica Baquerizo

4.7 Tratamiento de aguas residuales domésticas Propuesto

Los resultados de la caracterización del agua residual de la cabecera parroquial de Santa Rosa demuestran el incumplimiento de la Normativa Ambiental en los siguientes parámetros: Coliformes Fecales, Aceites & Grasas y DBO₅.

El propósito de la propuesta es un estudio técnico basado en el dimensionamiento de construcción del tratamiento de aguas residuales domésticas, con el fin de reducir o eliminar la carga contaminante del efluente, y una vez conseguidos darle una descarga segura al mar o una reutilización adecuada en la población. Es así que en base a lo escrito se propone el siguiente tratamiento para las aguas residuales domésticas conformada por las siguientes unidades:

Grafico No. 19: Unidades de tratamiento de Aguas Residuales

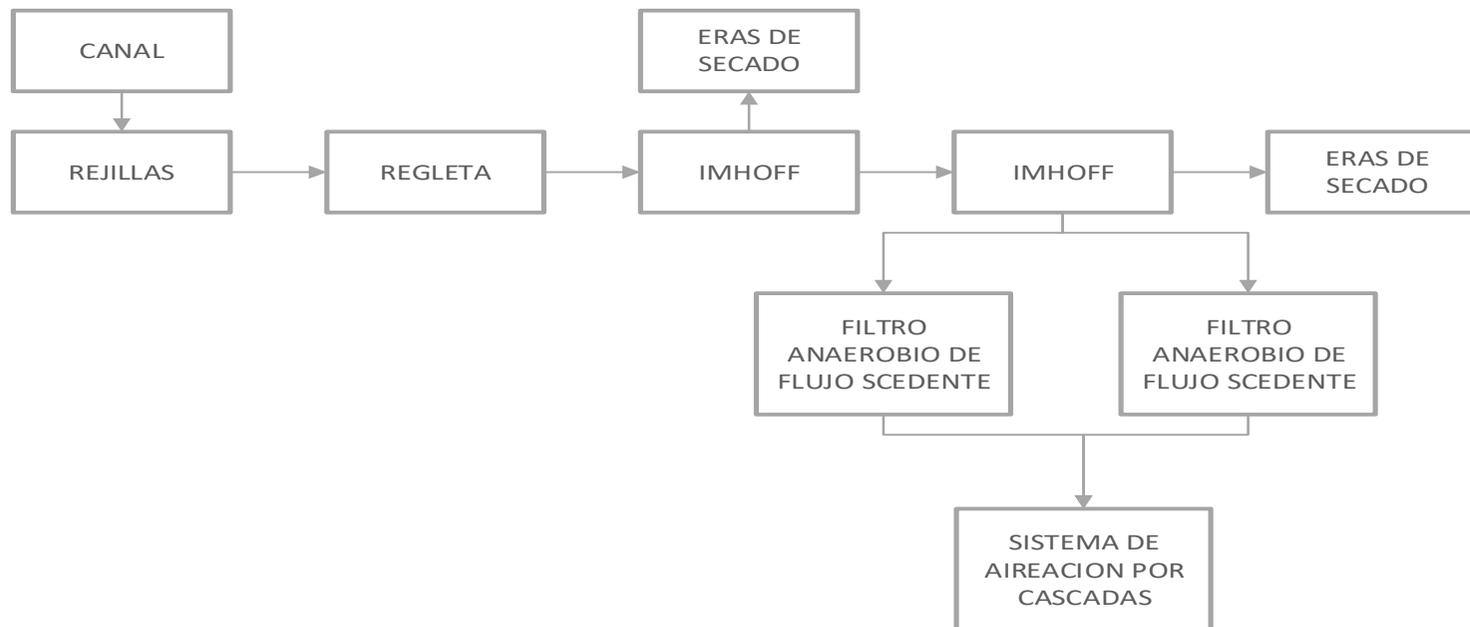


Fuente: Bélgica Baquerizo
Elaborado por: Bélgica Baquerizo

4.7.1 Esquema de Procesos del Tratamiento Propuesto

De acuerdo al diseño del tratamiento de aguas residuales propuesto se elaboró un esquema de procesos, de cada una de las unidades de tratamiento que intervendrán en el proyecto mencionado:

Grafico No. 20: Esquema de Procesos



Fuente: Bélgica Baquerizo
Elaborado por: Bélgica Baquerizo

4.8 Rendimiento del Proceso de Depuración

Para el rendimiento de depuración del tratamiento de aguas residuales propuesto se debe tomar en cuenta con mayor importancia los parámetros que están fuera del límite de la normativa ambiental, en este caso son: coliformes fecales, aceites y grasas, DBO y turbiedad. Sin embargo, como son solo tres parámetros, para el cálculo del rendimiento se tomara en cuenta los parámetros que más se destacan en la etapa de tratamiento primario y secundario aunque cumplan con la normativa ambiental, es decir; sólidos sedimentables, sólidos suspendidos y DQO.

En la siguiente tabla se mencionan los valores promedio de concentración de los parámetros indicados:

Tabla No. 46: Parámetros fuera de los límites de la Normativa Ambiental

Parámetro	Concentración
Turbiedad	17.8 UNT
Sólidos Sedimentables	0.9 mL/L
Sólidos Suspendidos	76
Coliformes fecales	8×10^7
Aceites y Grasas	51.93 mg/L
DBO	169.33 mg/L
DQO	240.66 mg/L

Fuente: CESP

A continuación se detalla el cálculo del rendimiento para un solo parámetro ya que para los demás parámetros el procedimiento es el mismo.

4.8.1 Cálculos del Rendimiento del Pre-tratamiento

El proceso del cribado remueve teóricamente alrededor del 3 al 5% de sólidos suspendidos, para los demás parámetros la remoción es despreciable.

$$S_e = \left(76 \frac{mg}{L} * \frac{3\%}{100\%}\right) - 76 \frac{mg}{L}$$

$$S_e = 73.72 \frac{mg}{L}$$

$$E = 0.955 * e^{\left(\frac{265}{76} \frac{mg}{L} + 0.0021 * \frac{0.03391 \frac{m^3}{s}}{0.944 \frac{m^2}{s}}\right)}$$

$$E = 3\%$$

Tabla No. 47: Rendimiento del Pre-tratamiento

Parámetro	Concentración del afluente	Remoción teórica asumida	Eficiencia de la remoción	Concentración que pasa a la siguiente etapa
Turbiedad	17.8 UNT	-	-	17.8 UNT
Solidos Sedimentables	0.9 mL/L	-	-	0.9 mL/L
Solidos Suspendidos	76 mg/L	3%	3%	73.72 mg/L
Aceites y Grasas	51.93 mg/L	-	-	51.93 mg/L
DBO	169.33 mg/l	-	-	169.33 mg/L
DQO	240.66 mg/L	-	-	240.66 mg/L

Fuente: Bélgica Baquerizo

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

4.8.2 Rendimiento del Tratamiento Primario

Generalmente el tratamiento primario remueve alrededor del 30 a 40% de DBO, 30 a 40% de DQO, 50 a 60% de solidos suspendidos y solidos sedimentables, 70% de aceites y grasas, y para los microorganismos patógenos la remoción es despreciable.

$$S_e = \left(73.72 \frac{mg}{L} * \frac{60\%}{100\%}\right) - 73.72 \frac{mg}{L}$$

$$S_e = 29.49 \frac{mg}{L}$$

$$E = 0.955 * e^{\left(\frac{265}{29.49} \frac{mg}{L} + 0.0021 * \frac{0.03391 \frac{m^3}{s}}{22 \text{ m}^2}\right)}$$

$$E = 3\%$$

Tabla No. 48: Rendimiento del Tratamiento Primario

Parámetro	Concentración del afluente	Remoción teórica asumida	Eficiencia de la remoción	Concentración que pasa a la siguiente etapa
Turbiedad	17.8 UNT	50%	0%	17.8 UNT
Solidos Sedimentables	0.9 mL/L	60%	0%	0.9 mL/L
Solidos Suspendedos	76 mg/L	60%	3%	73.72 mg/L
Aceites y Grasas	51.93 mg/L	70%	1%	51.93 mg/L
DBO	169.33 mg/l	35%	20%	169.33 mg/L
DQO	240.66 mg/L	35%	22%	240.66 mg/L

Fuente: Bélgica Baquerizo

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

4.8.3 Rendimiento del Tratamiento Secundario

El tratamiento secundario remueve alrededor del 65% a 80% de DBO, 60 a 80% de DQO, 60 a 70% de solidos suspendidos y solidos sedimentables, 70% de aceites y grasas, y para los microorganismos patógenos la remoción es despreciable.

$$S_e = \left(24.49 \frac{mg}{L} * \frac{70\%}{100\%}\right) - 24.49 \frac{mg}{L}$$

$$S_e = 8.85 \frac{mg}{L}$$

$$E = 0.955 * e^{\left(\frac{265}{29.49} \frac{mg}{L} + 0.0021 * \frac{0.03391 \frac{m^3}{s}}{22 \text{ m}^2}\right)}$$

$$E = 0\%$$

Tabla No. 49: Rendimiento del Tratamiento Secundario

Parámetro	Concentración del afluente	Remoción teórica asumida	Eficiencia de la remoción	Concentración que pasa a la siguiente etapa
Turbiedad	8.9 UNT	70%	0%	5.34 UNT
Solidos Sedimentables	0.36 mL/L	70%	0%	0.11 mL/L
Solidos Suspendidos	24.49 mg/L	70%	0%	8.85 mg/L
Aceites y Grasas	15.58 mg/L	70%	0%	4.67 mg/L
DBO	110.06 mg/l	70%	9%	33.02 mg/L
DQO	156.43 mg/L	70%	18%	46.93 mg/L

Fuente: Bélgica Baquerizo

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

4.8.4 Rendimiento Total del Tratamiento Propuesto

A continuación se presenta un ejemplo de la aplicación de la fórmula de Eficiencia Total, donde se utilizó los valores anteriores que se han calculado previamente, en donde se indica la eficiencia de remoción que tiene el tratamiento de aguas residuales propuesto, esto lo hace convencional o casero sin ninguna adopción de equipos especializados, con la finalidad de cada parámetro este fuera de los límites establecidos por la Norma Ambiental.

$$ET = \frac{76 \frac{mg}{L} - 8.85 \frac{mg}{L}}{76 \frac{mg}{L}} * 100$$

$$ET = 88.4\%$$

Tabla No. 50: Eficiencia Total del Tratamiento propuesto

Parámetro	Concentración del afluente	Concentración del efluente	Efluente Total del Tratamiento
Turbiedad	17.8 UNT	5.34 UNT	70%
Solidos Sedimentables	0.9 mL/L	0.11 mL/L	87.8%
Solidos Suspendidos	76 mg/L	8.85 mg/L	88.4%
Aceites y Grasas	51.93 mg/L	4.67 mg/L	91%
DBO	169.33 mg/l	33.06 mg/L	80.5%
DQO	240.66 mg/L	46.93 mg/L	80.5%

Fuente: Bélgica Baquerizo

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

4.9 Verificación del Cumplimiento con la Normativa Ambiental

A continuación se presenta la siguiente tabla con los valores actuales de la concentración inicial obtenidos a través de los análisis de laboratorio de los parámetros anteriores, la concentración final obtenida con el tratamiento propuesto, los límites establecidos por el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario (TULAS), Libro VI, Anexo 1: Tabla #12 y la verificación del cumplimiento de dicha norma:

Tabla No. 51: Verificación del Cumplimiento de la normativa ambiental

Parámetro	Unidad	Concentración inicial	Concentración final	Límite Permisible	Cumplimiento
Turbiedad	UNT	17.8	5.34	<10	Cumple
Sólidos Sedimentables	mL/L	0.9	0.11	1.0	Cumple
Sólidos Suspendidos	mg/L	76	8.85	100	Cumple
Aceites y Grasas	mg/L	51.93	4.67	30	Cumple
DBO	mg/L	169.33	33.06	100	Cumple
DQO	mg/L	240.66	46.93	250	Cumple

Fuente: Bélgica Baquerizo

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

4.10 Disposición de aguas tratadas

Una vez concluido el sistema de tratamiento de aguas residuales a los efluentes de la localidad de Santa Rosa, la disposición de estas aguas depuradas con un margen de calidad aceptable en base a las normas ambientales, las autoridades encargadas podrán hacer uso de ellas, o darle una utilidad en las propias viviendas de la parroquia en mención, uno de los usos de esta agua tratada sería limpieza de las viviendas, para el aseo de las mismas o tal vez para el riego de jardines internos de las casas.

Para ello el sistema de reutilización de las aguas tratadas será directamente consensuado por los habitantes de la parroquia si aceptan el envío de las aguas depuradas con el recepción de tanqueros para la dotación de las mismas, y de ahí utilizarlas como las persona lo amerite.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO

5.1 Costos e inversiones de la propuesta.

La propuesta se compone de construcción civil y varios elementos más, para la implementación del tratamiento de aguas residuales en la parroquia de Santa Rosa, pero es necesario recalcar que el presupuesto que se calculara comprenderá exclusivamente el tratamiento propuesto, la caja de recolección de aguas servidas es un elemento propio de cada vivienda, por lo tanto el habitante de la parroquia en mención está en plena obligación de construirla y adecuarla a nuestro proyecto, por lo que el Municipio se responsabiliza del servicio de alcantarillado domiciliario, pluvial así como su depuración respectiva. El presupuesto consta de varios aspectos importantes para su implementación:

- Presupuesto de Construcción
- Presupuesto de Mano de Obra
- Presupuesto de Equipos
- Presupuesto de Materiales

5.1.1 Presupuesto de Construcción

Los valores comprendidos dentro del Presupuesto del tratamiento de efluentes referentes a la construcción, montaje de elementos necesarios se consultó a ingenieros civiles, maestros constructores, albañiles y plomeros para conocer cada uno de los precios que están en la actualidad por los trabajos que se basan el proyecto. A continuación se presenta una tabla con los detalles del presupuesto para la construcción y montaje de la propuesta:

Tabla No. 52: Presupuesto de Construcción

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL
RADECUACION					
1	REPLANTEO Y NIVELACION	M2	754	2,03	1530,62
2	EXCAVACION A MANO	M3	33	4,06	133,98
3	EXCAVACION A MAQUINA MAYOR A 6 METROS	M3	607	6,57	3987,99
4	HORMIGON SIMPLE	M3	0,85	172,12	146,302
5	REJILLA (BANDEJA DE SOLIDOS)-REGLETA MEDIR CAUDAL	U	1	306,15	306,15
6	DESAOLOJO DE MATERIAL	M3	640	4,05	2592
TANQUE (2 UNIDADES)					
7	CONTRAPISO H.S 180 kg/cm2	M3	3,9	19,97	77,883
8	ACERO DE REFUERZO F=4200kg/cm2 TODOS LOS ELEMENTOS	KG	13284	2,06	27365,04
9	HORMIGON SIMPLE	M3	81,1	172,12	13958,932
10	DECANTADOR SIMPLE	M3	15	172,12	2581,8
11	VIGA HORMIGON SIMPLE, COMPUESTO DE ENCOFRADO +CAPA IMPERMEABLE	M2	0,9	172,12	154,908
12	ENLUCIDO INTERIOR	M2	59	12,68	748,12
13	ACCESORIOS TANQUE	GLB	2	178,13	356,26
14	ACCESORIOS SISTEMA	GLB	1	97,54	97,54
15	ENTIBAMIENTO DE EXCAVACION	ML	50	14,06	703
16	LOSETAS PREFABRICADAS DE F= 210kg/cm2 ANCLAJE DE ACERO	GLB	6	84,13	504,78
CAJAS DE VALVULAS (6 unidades)					
17	HORMIGON SIMPLE COMPUESTO +CAPA IMPERMEABLE	M3	2,88	167,62	482,7456
18	TAPAS DE CEMENTO	U	6	50,16	300,96
19	ACCESORIOS	U	6	400,99	2405,94
20	VALVULAS	U	6	101,66	609,96
LECHOS DE SECADO					
21	HORMIGON SIMPLE	M3	10,06	17,12	172,2272
22	MALLA ELECTROSOLDADA TIPO 3,10	M2	1	113,89	113,89
23	TUBERIA PERFORADA 4"	ML	10	18,34	183,4
24	LADRILLO	M2	22,5	3,54	79,65
25	ARENA	M3	4,5	37,89	170,505
26	GRAVA	M3	11,24	38,69	434,8756
27	ACCESORIOS	U	2	367,31	734,62
CAJAS DE REVISION (5 UNIDADES)					
28	HORMIGON SIMPLE + ENCOFRADO+CAPA IMPERMEABLE	M3	1,65	167,62	276,573
29	TAPAS DE TOOL ESPECIFICADA	U	5	50,16	250,8
CANALETA					
30	HORMIGON CICLOPEO 180 kg/cm2	M3	0,3	109,34	32,802
31	PAREDES DE HORMIGON SIMPLE 210 kg/cm2 +ENCOFRADO+CAPA IMPERMEABLE	U	0,45	167,62	75,429

Tabla No. 52: Continuación

FAFA (2 UNIDADES)					
32	HORMIGON SIMPLE	M3	27,5	167,62	4609,55
33	ENLUCIDO INTERIOR/EXTERIOR	M2	8,16	12,73	103,8768
34	GRAVA	M3	31,7	36,55	1158,635
35	TAPAS DE TOOL ESPECIFICADA	U	10	50,16	501,6
36	TAPAS FALSO FONDO INCLUYE DE ACERO REFORZADO	U	8	80,05	640,4
37	TUBERIA ENTRADA/SUMINISTRO-INSTALACION	ML	6	9,67	58,02
GRADAS					
38	HORMIGON SIMPLE 210 kg/cm2 INCLUYE ENCOFRADO+CAPA IMPERMEABLE	M3	0,34	172,12	58,5208
39	TUBERIA 4" DESAGUE	ML	60	9,67	580,2
40	PLANTAS NATIVAS	U	60	0,39	23,4
41	ESTUDIO DE SUELOS	U	1	1200,01	1200,01
42	PINTURA EPOXICA INTERIOR/EXTERIOR INCLUYE ANDAMIOS-CE	M2	30	6,77	203,1
SUBTOTAL					70706,995
IVA 12%					8484,8394
TOTAL					79.191,8344

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

Para mayor conocimiento sobre el tipo de construcción de los colectores de agua servidas que constara la propuesta se ha realizado un plano de los detalles para dicha construcción (véase en el Anexo N°6), sobre la cantidad de viviendas que necesitan el servicio de la red de alcantarillado se pronostica que son alrededor de 475 edificaciones en toda la parroquia de Santa Rosa.

5.1.2 Presupuesto de Mano de Obra

El presupuesto de mano de obra tanto los especialistas, obreros y técnicos su salario dependerá específicamente el número de horas que laboren en el sitio del proyecto, por lo que se elaboró una tabla con cada uno de los rubros dedicados a la mano de obra necesaria:

Tabla No. 53: Mano de Obra

LISTA DE MANO DE OBRA			
DESCRIPCION	SALARIO X HORA	HORA-HOMBRE	TOTAL
CHOFER	3,38	64	216,32
AYUDANTE DE MAQUINARIA	3,38	60,7	205,166
OPERADOR	3,38	129,7	438,386
TOPOGRAFO	3,38	52,78	178,3964
FIERRERO	3,38	0,06	0,2028
ALBANIL	3,38	684,47	2313,5086
MAESTRO DE OBRA	3,38	210,26	710,6788
PLOMERO	3,38	38	128,44
ALBANIL/FIERRERO/CADENERO/ETC	3,38	430,09	1453,7042
AYUDANTE DE MAQUINARIA	3,05	865,1	2638,555
PEON	3,05	867,91	2647,1255
TOTAL			10.930,48

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

5.1.3 Presupuesto de Equipos

En este presupuesto se detalla cada uno de los valores que comprende los equipos que serán utilizados para el tratamiento de efluentes propuesto:

Tabla No. 54: Equipos

LISTA DE EQUIPOS			
DESCRIPCION	COSTO X HORA	HORAS-EQUIPO	TOTAL
ANDAMIOS	1,5	29,5	44,25
CONCRETERA 1 SACO	6	71,11	426,66
EQUIPO DE TOPOGRAFIA	17	52,78	897,26
HERRAMIENRA MENOR	0,2	1036,86	207,372
RETROEXCAVADORA	5,65	619,95	3502,7175
VOLQUET 8M3	5,65	96	542,4
VIBRADOR O PLANADOR	4	70,36	281,44
TOTAL			5.902,0995

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

5.1.4 Presupuesto de Materiales

Los materiales comprende cada uno de los elementos que se utilizaron para el montaje y la puesta en marcha de la propuesta, comprende a los materiales

colocados una vez realizado las construcciones civiles respectivas acorde al tratamiento de aguas residuales domesticas:

Tabla No. 55: Lista de Materiales

LISTA DE MATERIALES				
DESCRIPCION	UNID.	PRECIO UNIT.	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
ACCESORIOS	GLB	200	2	400
ACERO DE REFUERZO fy=4200	KG	2,18	7970,4	17375,472
ADITIVO	GLN	7,5	33	247,5
ADITIVO	KG	7,5	54,12	405,9
AGUA	M3	0,4	33,45	13,38
ALAMBRE GALVANIZADO #18	KG	2,5	398	995
ARENA	M3	27,5	97,61	2684,275
CABOS	LB	2,5	7,5	18,75
CEMENTO	KG	0,15	53732,07	8059,8105
CLAVOS 2"	KG	1,9	0,04	0,076
CODO 4"	U	1,9	7	13,3
ESTUDIO DE SUELOS	GLB	1000	1	1000
ENCOFRADO Y TIRAS	GLB	7,5	140,73	1055,475
ESTACAS	U	0,2	52,78	10,556
GILBOL TH HG 4"	U	20	12	240
GRAVA	M3	28,75	11,24	323,15
GRAVA TAMIZ	M3	28,75	31,7	911,375
HIERRO LISO 12MM	U	5	4	20
LADRILLO	U	0,14	22,5	3,15
LOSETAS	U	70	6	420
MALLA ELECTROSOLDADA	KG	90	1,05	94,5
PIEDRA	M3	20	0,78	15,6
PINGOS	U	1,7	100	170
PINTURA DE CAUCHO	GLN	13	1,35	17,55
PLANTAS	U	0,25	60	15
PLETINA	U	13	2	26
POLIPEGA	GLN	12	0,25	3
POLIPEGA	LT	12	0,2	2,4
REDUCTOR D=250x200MM	U	4,7	4	18,8
REGLETA	U	100	1	100
REJILLA	U	155	1	155
RESINA PARA PINTURA	LT	8	1,2	9,6
RIPIO	M3	25	134,25	3356,25
SIKA 1	KG	7,5	13,43	100,725

Tabla No. 55: Continuación

TABLA DE ENCOFRADO	U	2,5	2,14	5,35
TABLONES L=3,00M	U	6,7	45	301,5
TAPAS TOLL	U	40	21	840
TAPAS HS fc=210 KG/CM2	U	70	8	560
TEE 200 MM	U	8,7	2	17,4
TEE 4"	U	5,7	2	11,4
TUBERIA DESAGUE 4"	ML	6,8	33	224,4
TUBERIA PERFORADA 4" PVC	ML	7	20	140
TUBO 200MM	ML	8,7	18	156,6
TUERCA	U	6	4	24
VALVULA HG 4"	U	280	6	1680
VARILLA D=12MM	U	50	1	50
VARIOS	GLB	50	1	50
YESO	KG	4,5	1,2	5,4
TOTAL				42.347,6445

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

5.1.4 Presupuesto General

El presupuesto general se promedió de cada uno de los rubros que se elaboraron de acuerdo a la propuesta:

Tabla No. 56: Presupuesto General

Resumen del Presupuesto General	
Descripción	Valor (USD \$)
Costo por Concepto de Construcción	79191,8344
Costo por Concepto de Mano de Obra	10930,48
Costos de Equipos	5902,0995
Costos de Materiales	42347,6445
Total	138.372,04

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

Mediante los cálculos realizados nuestro presupuesto general para la implementación de la propuesta es de \$ 138.372,04 USD, incluye desde la construcción y su montaje que formara parte del tratamiento de aguas residuales domesticas para la parroquia de Santa Rosa.

5.2 Financiamiento

En base a los cálculos realizados sobre cada uno de los montos que consta el presupuesto general del proyecto (inversión total) las autoridades encargadas deberá realizar los movimientos respectivos para concretar un préstamo financiero a la Corporación Financiera Nacional (CFN), del 100% del costo de la propuesta con una tasa de interés del 12% que se cancelara en un periodo de dos años. Para la inversión planteada se necesitara un préstamo del 100% solicitado a una entidad bancaria gubernamental, la cual tiene una tasa de interés del 3% interés trimestral, por lo que se cancelara el 12% de interés anual que se pagara en su totalidad en un tiempo de 3 años.

Tabla No. 57: Financiamiento

DETALLE	COSTO
Inversión Inicial	138.372,04
Crédito Financiado (C): 100%	140.000,00
Interés anual	12%
Interés trimestral	3%
Numero de pagos	12

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

Amortización del préstamo solicitado

Para que el crédito o préstamo bancario sea amortizado, se deberá realizar los cálculos respectivos para amortizar la deuda:

$$Pago = \frac{C * Tasa}{1 - (1 + Tasa)^{-n}}$$

$$Pago = \frac{140.000 * 3\%}{1 - (1 + 3\%)^{-12}}$$

$$Pago = 14.064,69 \text{ USD}$$

Los pagos a cancelarse trimestralmente del préstamo empleado para cubrir con los gastos de la inversión de la propuesta ascienden a \$ 14.064,69 dólares USD de acuerdo a la ecuación de interés compuesto que se ha utilizado previamente. A continuación se mostrara la tabla de amortización con cada uno de los valores a pagar en los tiempos acordados:

Tabla No. 58: Amortización

Trimestre	n	Crédito	Interés (I)	Pago	Deuda
Dic-2017	0	140.000,00	3%		C+i-Pago
Mar-2018	1	140.000,00	4.200,00	14.064,69	130.135,31
Jun-2018	2	130.135,31	3.904,05	14.064,69	119.974,67
Sep-2018	3	119.974,67	3.599,24	14.064,69	109.509,22
Dic-2018	4	105.509,22	3.285,27	14.064,69	94.729,58
Mar-2019	5	94.729,58	2.841,88	14.064,69	83.506,77
Jun-2019	6	83.506,77	2.505,20	14.064,69	71.947,28
Sep-2019	7	71.947,28	2.158,41	14.064,69	60.041,00
Dic2019	8	60.041,00	1.801,23	14.064,69	47.777,54
Mar-2020	9	47.777,54	1.433,32	14.064,69	35.146,17
Jun-2020	10	35.146,17	1.054,38	14.064,69	22.135,86
Sep-2020	11	22.135,86	664,07	14.064,69	8.735,24
Dic-2020	12	8.735,24	262,05	14.064,69	0,00
Total			27.709,00	168.776,28	

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

De esta forma se evaluó el costo de Interés que se pagara en los próximos 12 trimestres sobre el préstamo otorgado por la CFN u otra institución financiera:

Tabla No. 59: Intereses Anuales del Préstamo

Intereses Anuales del Crédito Financiado	
Periodo	Costos Financieros
2018	12.031,56
2019	9.306,72
2020	3.413,82
Total	\$ 27.709,00

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

Una vez otorgado el préstamo, este crea un interés de \$ 27.709,00 USD, que deberá ser cancelado hasta el tercer año del inicio de su implementación de la propuesta.

5.3 Evaluación Financiera (TIR, VAN, Coeficiente costo/beneficio, Recuperación del Capital).

La evaluación financiera deberá cumplir con los siguientes índices financieros que sustentaran la inversión o el costo de la propuesta:

- Valor Actual Neto (VAN).
- Tasa interna de retorno (TIR).
- Periodo de recuperación de la Propuesta.
- Coeficiente Costo/Beneficio

5.3.1 Valor Actual Neto (VAN)

El valor actual neto (VAN) se consigue mediante la fórmula matemática que se utiliza también en la comprobación del TIR. Se empleó los flujos de efectivos que tiene la empresa en este caso (AGUAPEN EP), con esto se obtuvo la diferencia de los ingresos menos los egresos en un periodo de 5 años fiscales, de esta forma se procede a obtener el VAN del proyecto:

$$P = \frac{F}{(1 + i)^n}$$

Donde:

P = Inversión inicial = \$ 138.372,04

F = Flujo de caja

n = Número de años

I = Tasa de interés 12%

Para la realización del VAN se utilizara las siguientes tablas de a continuación:

Tabla No. 60: Flujo de Ingresos

FLUJO DE INGRESOS	
AÑO	VALOR
2012	1125890
2013	1589652
2014	1895210
2015	1541986
2016	1115741
TOTAL	7268479

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

Tabla No. 61: Flujo de Egresos

FLUJO DE EGRESOS	
AÑO	VALOR
2012	997847
2013	1451210
2014	1798747
2015	1498777
2016	1009987
TOTAL	6756568

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

Con los valores de los flujos de efectivos tanto de ingresos y egresos que tiene la empresa, se procede a calcular el flujo de caja neto del periodo de los 5 años fiscales, este valor se obtiene de la siguiente ecuación matemática:

$$FN = F_i - F_e$$

Donde:

FN = Flujo de Efectivo Neto

F_i = Flujo de Ingresos

F_e = Flujo de Egresos

Tabla No. 62: Flujo de Efectivo Neto

FLUJO DE EFECTIVO NETO	
AÑO	VALOR
2012	128043
2013	138442
2014	96463
2015	43209
2016	105754

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

Con estos datos se obtendrá el valor del VAN, como se detalla en la tabla de a continuación:

Tabla No. 63: VAN

Nro.	FNE	(1+i)^	FNE/(1+i)^
0	-138.372,04		-138.372
1	128.043	1	114.324
2	138.442	1	110.365
3	96.463	1	68.660
4	43.209	2	27.460
5	105.754	2	60.008
VAN			380.817

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

5.3.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Para la elaboración del TIR, es necesario la aplicación de su ecuación matemática de la tasa interna de retorno, la cual es igual a:

$$P = \frac{F}{(1 + i)^n}$$

Donde:

P = Inversión inicial = \$ 138.372,04

F = Flujo de caja

n = Número de años

i = Tasa de interés 12%

Tabla No. 64: TIR

Tasa Interna de Retorno	
Tasa de Descuento	VAN
0%	\$373.538,96
10%	\$260.096,88
20%	\$183.632,07
30%	\$129.558,91
40%	\$89.786,04
50%	\$59.562,93
60%	\$35.962,94
70%	\$17.107,06
80%	\$1.745,08
90%	\$-10.981,12
TIR	81%

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

Una vez realizado los cálculos correspondientes, el valor del TIR para la implementación de la propuesta es de 81%.

5.3.3 Periodo de Recuperación de la Inversión

Para establecer el tiempo de recuperación de la inversión, se empleara la ecuación financiera con la cual se comprobó los índices financieros como el TIR y VAN, considerando como valor de *i*, tasa de interés del 12%.

Tabla No. 64: Recuperación de la Inversión

Año	n	Inv. Inicial	F	i	P	P
2017	0	\$ 138.372,04				Acumulado
2018	1		\$128.043	12%	\$143.408,16	\$143.408,16
2019	2		\$138.442	12%	\$155.055,04	\$298,463,20
			Total		\$298.463,20	

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

Tabla No. 65: Tiempo estimado para la recuperación de inversión

Periodos de recuperación del capital aproxi		2	Años
Periodo de recuperación del capital exacto		1.5	Años
Periodo de Recuperación del Capital Exacto		18	Meses
Periodo de Recuperación del Capital Exacto	1	6	Año/meses
Coficiente Costo/Beneficio		1,57	Año

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

La recuperación de la inversión se genera a mediados del segundo año fiscal luego de su implementación, esto se logra visualizar con el valor de P acumulado que es de \$ 298.463,20 que es superior al valor de la inversión inicial de \$ 138.372,04 USD.

5.3.4 Coeficiente Costo/Beneficio

Para hallar el coeficiente de costo/beneficio se debe emplear la siguiente formula:

$$\text{Coeficiente Beneficio/costo} = \frac{\text{beneficio}}{\text{costo}}$$

El beneficio de la propuesta se representa con el valor actual neto (VAN) que es igual a \$ 380.817, el costo de la propuesta es de \$ 138.372,04, este es el monto para la implementación del tratamiento de aguas residuales. Entonces con estos datos realizamos los cálculos correspondientes:

$$\text{Coeficiente Beneficio/costo} = \frac{380.817,00}{138.372,04}$$

$$\text{Coeficiente Beneficio/costo} = \$2.53$$

En base a los resultados obtenidos se indica que por cada dos dólares que se va invertir se recibirá \$2.53, es decir \$ 0.59 de beneficio adicional, por lo que muestra su rentabilidad, su conveniencia e importancia la inversión.

5.3.5 Punto de Equilibrio

El Punto de Equilibrio es aquel punto donde se asocia los ingresos totales con los costos de venta o producción de bien o servicio, estos valores tienden a llegar a ser iguales entre sí, es decir, que es un punto donde no existe utilidad ni pérdida.

Empleo del Punto de Equilibrio

Para la determinación del punto de equilibrio, es importante saber de algunos valores financieros, entre los más comunes son los costos fijos, costos variables total para conocer el ingreso total, para ello se elaboró una tabla con cada uno de los datos citados:

Formula:

$$Q = \frac{Cf}{(1 - \frac{CV}{V})}$$

Donde:

Q = Punto de Equilibrio

Cf = Costos Fijos

CV = Costos Variables

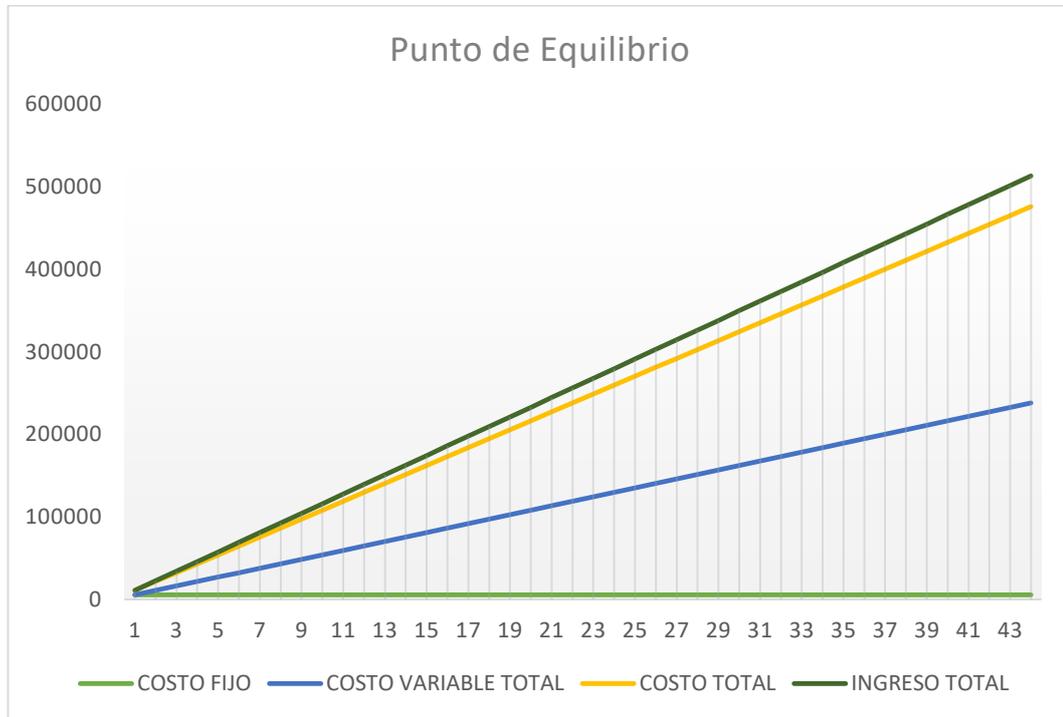
V = Ventas

Tabla No. 66: Valores estimado para el Punto de Equilibrio

UNIDADES	COSTO FIJO	COSTO VARIABLE TOTAL	COSTO TOTAL	INGRESO TOTAL
0	5410	0	5410	0
1	5410	5410	10820	870
2	5410	10820	16230	1740
3	5410	16230	21640	2610
4	5410	21640	27050	3480
5	5410	27050	32460	4350
6	5410	32460	37870	5220
7	5410	37870	43280	6090
8	5410	43280	48690	6960
9	5410	48690	54100	7830
10	5410	54100	59510	8700
11	5410	59510	64920	9570
12	5410	64920	70330	10440
13	5410	70330	75740	11310
14	5410	75740	81150	12180
15	5410	81150	86560	13050
16	5410	86560	91970	13920
17	5410	91970	97380	14790
18	5410	97380	102790	15660
19	5410	102790	108200	16530
20	5410	108200	113610	17400
21	5410	113610	119020	18270
22	5410	119020	124430	19140
23	5410	124430	129840	20010
24	5410	129840	135250	20880
25	5410	135250	140660	21750
26	5410	140660	146070	22620
27	5410	146070	151480	23490
28	5410	151480	156890	24360
29	5410	156890	162300	25230
30	5410	162300	167710	26100
31	5410	167710	173120	26970
32	5410	173120	178530	27840
33	5410	178530	183940	28710
34	5410	183940	189350	29580
35	5410	189350	194760	30450

Elaborado por: Bélgica Baquerizo

Grafico No. 21: Punto de Equilibrio



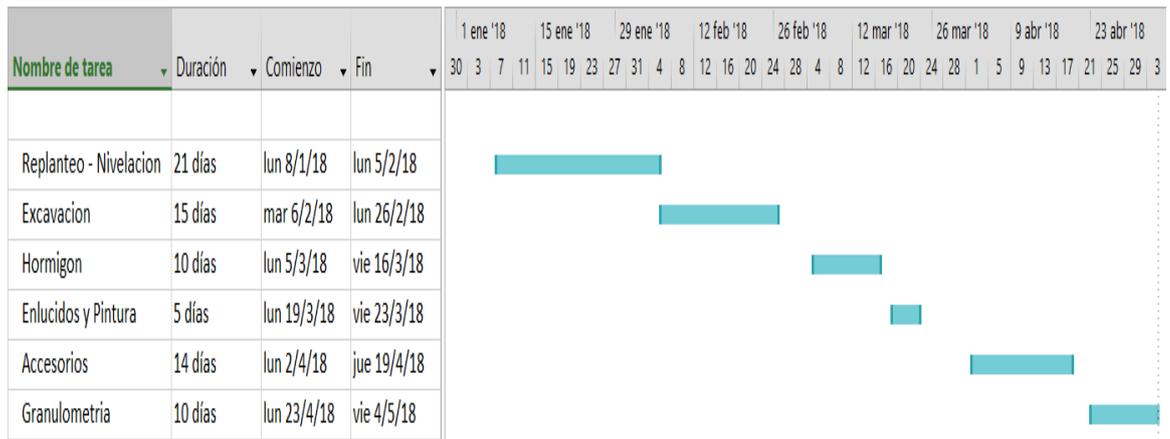
Elaborado por: Bélgica Baquerizo

De este modo se demuestra el punto de equilibrio que está ubicado entre los intervalos desde 0 hasta 12 unidades producidas son iguales, esto quiere decir que los ingresos totales con los costos fijos totales son iguales, a partir de este punto hacia adelante la empresa deberá cambiar su estrategia financiera.

5.4 Cronograma de Actividades para ejecución de la propuesta.

El Cronograma de Actividades de la propuesta comprenderá los periodos de tiempo que se demorara las acciones de construcción del tratamiento de efluentes en el sitio que las autoridades encargadas crean convenientes realizarlo. Para ello se elaboró un Diagrama de Gantt de la secuencia de actividades para dicha construcción:

Grafico No. 22: Cronograma de Actividades



Elaborado por: Bélgica Baquerizo

La propuesta se cumple en su totalidad en su etapa de construcción de todos los elementos que la compone, tiene una duración de 85 días laborales previamente distribuidos de acuerdo al cronograma, con cada una de las tareas que son necesarias en el sitio de implementación del tratamiento en mención.

CONCLUSIONES

- La Parroquia Santa Rosa ha mostrado problemas ambientales por la descarga de aguas residuales domesticas en las playas de la misma localidad, ya que esto ha provocado impactos ambientales negativos del área en cuestión.
- Parte de las costas de la parroquia en mención descargan sus aguas residuales en las playas, porque la población de este sector no cuenta con alcantarillado domiciliario ni pluvial y ni alcantarillado sanitario.

RECOMENDACIONES

- Desarrollar en la parroquia zona Costera la propuesta del trabajo de titulación, un tratamiento de aguas residuales domesticas para los hogares del Sector Santa Rosa, para la depuración de toda el agua servida producida por la población.
- Realizar actividades de monitoreo y seguimiento a las unidades de tratamiento para conservar su integridad como su rendimiento de depuración.
- La inversión calculada de este proyecto es de \$ 138.372,04 USD.
- La eficiencia de depuración del tratamiento de aguas residuales domesticas diseñado permite remover alrededor de: 70% de turbiedad, 87.8% de solidos sedimentables, 88.4% de solidos suspendidos, 91% de aceites y grasas, 80.5% de DBO y 80.5% de DQO, cumpliendo de esta manera con los límites establecidos por la normativa ambiental TULAS y preservando la calidad del agua del mar en las costas de la parroquia de Santa Rosa al reducir en gran medida la carga contaminante de los parámetros anteriores.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) **American Public Health Association.** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th ed. Washington – EEUU, APHA, AWWA, WWCF, 1992.
- (2) **Aznar, A.** tecnologías ecológicas y de bajo coste en depuración, Universidad Carlos III, Madrid – España, Departamento de Ciencias e Ingeniería de Materiales e Ingeniería Química, pp 60- 78.
- (3) **Colombia. Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico.** Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000. Tratamiento de Aguas Residuales, Bogotá – Colombia, 2000. Pp. 15-16-38-39-50-52-113.
- (4) **Crities, R & Techbanoglus, G.** Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Sonora – México, Mc.Graw-Hill. 2000, pp 25 – 29.
- (5) **Cubillos.** Parámetros y Características de las Aguas Residuales, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente: Proyecto de Desarrollo Tecnológico de las Instituciones de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado, Lima Perú, pp2.
- (6) **Ecuador, Ministerio de Ambiente,** Texto Unificado de Legislación Ambiental, 2da Ed, 1998. pp. 29 -30.
- (7) **Ecuador, Subsecretaria de Saneamiento Ambiental, Ecuatoriano de Obras Sanitarias,** Normas para Estudio y Diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. Décima Parte (X). Quito – Ecuador. 1992. pp 344-345-346.
- (8) **EPM,** Guía para el Diseño Hidráulico de Redes de Alcantarillado. Medellín – Colombia. 2029, pp 9-19-20-32.
- (9) **Filtros Lentos.** Calculo del Filtro Lento de Arena, s.I, 2012. pp 18-20-63-64.
- (10) **Métodos Naturales de Depuración de Aguas Residuales Urbanas.,** Depuración de Aguas Residuales urbanas de pequeñas

poblaciones mediante infiltración directa en el terreno., s.I.,sf. pp13-23-18-19.

- (11) **NOVAFORT PLASTIGAMA – Manual Técnico.**, Sistema de tuberías de PVC corrugadas doble pared y accesorios para alcantarillado, Quito Ecuador. 2004, Pp 4-7.

<http://www.plastigama.com.ec>

- (12) **NOVABLOC PLASTIGAMA – Manual Técnico.**, Sistema de tuberías de PVC doble pared y accesorios para alcantarillado y aplicaciones agrícolas. Quito – Ecuador. 2004. Pp 10-23-37.

<http://www.plastigama.com.ec>

ANEXOS

ANEXO N°1

CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

Tipo de Agua Residual	Definición	Composición
<p style="text-align: center;">Agua Residuales Domesticas</p>	<p>Proceden de las zonas de viviendas, edificios comerciales, instituciones, entre otros.</p> <p>Se generan por el metabolismo humano y varias actividades domésticas con fines higiénicos. Pueden ser tratadas y reutilizadas para el riego agrícola.</p> <p>Las aguas negras provienen de los inodoros. Transportan residuos humanos con una cantidad elevada de solidos suspendidos, nitrógeno y microorganismos (Coliformes fecales).</p> <p>Las aguas grises provienen de las tinas, lavamanos y otros. Aportan con cantidades grandes de DBO, solidos suspendidos, fosforo, grasas y microorganismos (coliformes fecales).</p>	<p>Solidos de origen orgánico: proteínas (65%), carbohidratos (25%) y lípidos (10%).</p> <p>Solidos de origen inorgánico, residuos de minerales pesados, sales y metales.</p> <p>Su peso en agua es cerca del 99.9% y apenas el 0.1% son sólidos suspendidos, coloidales y disueltos, siendo esta pequeña fracción la que presenta mayores problemas para el tratamiento y disposición final del agua residual.</p>
<p style="text-align: center;">Aguas Residuales Industriales</p>	<p>Se generan durante los procesos de producción, transformación o manipulación de productos o servicios que han sido desarrollados en las industrias o empresas.</p> <p>Incluyen los líquidos residuales, aguas de proceso y aguas de refrigeración.</p> <p>No se eliminan con un tratamiento convencional debido a su concentración elevada y su naturaleza química, por lo que deben ser reguladas con tratamiento especiales.</p>	<p>Componentes orgánicos e inorgánicos que contienen sustancias contaminantes: compuestos órgano-halogenados, hidrocarburos, cianuros, biácidas, productos fitosanitarios, metales pesados y otros.</p> <p>Son residuos orgánicos tóxicos persistentes y bioacumulables que pueden llegar a alterar el medio ambiente.</p>
<p style="text-align: center;">Aguas Residuales Municipales</p>	<p>Proviene de los centros urbanos, principalmente de la vivienda, y se mezclan con aguas residuales industriales y/o aguas de escorrentía pluvial.</p> <p>Se recogen en un sistema colector y son enviadas a una EDAR (Estación Depuradora de Agua Residual).</p> <p>Poseen una fracción insoluble líquida de aspecto lácteo, emulsificador y disuelta, que contiene partículas insolubles en el agua.</p>	<p>Su composición es heterogénea tanto química como físicamente:</p> <p>Compuestos orgánicos (carbohidratos, proteínas y lípidos).</p> <p>Compuestos inorgánicos (sales, residuos de materiales, tierra, papel).</p> <p>Microorganismos (virus, algas, protozoos, bacterias, hongos e insectos).</p>

Fuente: Borja M. Tesis: Diseño de PTAR para la ciudad de Guaranda; Informe de Vigilancia Tecnológica – Tratamientos Avanzados de Aguas Residuales Industriales

ANEXO N°2

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Parámetro	Definición	Impacto Ambiental
Temperatura	Es una magnitud física que expresa el nivel de calor de los cuerpos o del ambiente. Se la considera como el factor de medida para poder determinar la energía térmica como contaminante. Dentro del agua residual este parámetro suele ser más elevado debido a la incorporación de agua caliente procedente de las casas e industrias.	El exceso de temperatura reduce la concentración de saturación de oxígeno en el agua por lo que afecta y altera la vida acuática. Acelera la descomposición de la materia orgánica aumentando el consumo de oxígeno para los proceso de oxidación y disminuyendo la solubilidad del oxígeno y de otros gases.
Olor	El agua residual reciente posee un olor desagradable. Generalmente es producido por el ácido sulfúrico (H ₂ S), proveniente de la descomposición anaerobia de los sulfatos o sulfuros. Constituye uno de los principales impactos ambientales y su control en las plantas de tratamiento debe ser muy importante.	La presencia de olor ofensivo provoca dificultades respiratorias, nauseas, vomito, pérdida del apetito, menor consumo de agua, perturbaciones mentales, y otros, afectando en gran medida el nivel social de población.
Color	Es causado por la presencia de solidos suspendidos, material coloidal y sustancias en solución. Las aguas residuales frescas poseen un color grisáceo y a medida que el agua aumenta su tiempo de transporte en las redes de alcantarillado su color cambia de gris oscuro a negro debido a la formación de sulfuros metálicos.	La presencia de color en un agua residual puede indicar el origen de la población. En el caso de industrias, indica el buen estado o el deterioro de los procesos de tratamiento. La presencia de color en un cuerpo de agua que hace que sea estéticamente inaceptable para uso público.
Turbiedad	Constituye una medida de las propiedades de transmisión de la luz del agua. Permite determinar la calidad del agua vertida o del agua natural en relación con la materia coloidal y residual en suspensión.	Ya que las aguas residuales son generalmente turbias, en aguas residuales tratadas la turbiedad se considera un factor importante para el control de la calidad.
Solidos	Son todos aquellas partículas que se encuentran en suspensión, coloidales y disueltos.	Afecta directamente a la cantidad de lodo que se produce en un sistema de tratamiento o disposición. Los sólidos de las aguas residuales se oxidan consumiendo el oxígeno disuelto en el agua, estos a su vez se sedimentan al fondo de los cuerpos receptores en donde modifican el hábitat natural de la biota acuática.
Materia Flotante	Se refiere a la materia en suspensión presente en el agua residual, incluye compuestos orgánicos volátiles y materia orgánica.	Al ser vertido en un medio sin un tratamiento adecuado, puede dar lugar al desarrollo de depósitos de fangos y de condiciones anaerobias.

Fuente: Jairo Romero Rojas – Tratamiento de Aguas Residuales: Borja M. Tesis: Diseño de PTAR para la ciudad de Guaranda

ANEXO N°3

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Parámetro	Definición	Impacto Ambiental
Potencial de Hidrogeno (pH)	<p>Es el grado de acidez o alcalinidad de una disolución.</p> <p>Cuando el pH se encuentra entre 0 y 7 la disolución es acida, y cuando entre 7 y 14 la disolución es básica.</p> <p>Se o considera como el factor de medida para poder determinar los iones de hidrogeno como contaminantes.</p>	<p>El aumento de pH en un cuerpo de agua sugiere un riesgo potencial para los organismos acuáticos.</p>
Nitrógeno (N)	<p>Es un nutriente esencial para el crecimiento de microorganismos y plantas.</p> <p>Es un parámetro necesario para evaluar la tratabilidad de las aguas residuales por procesos biológicos.</p>	<p>Se lo puede encontrar en diferentes formas: nitrógeno amoniacal, nitrógeno de nitritos, nitrógeno de nitratos, o nitrógeno orgánico.</p> <p>La presencia de nitritos (NO₂) y nitratos (NO₃) indican la producción de procesos activos biológicos en el agua.</p>
Fosforo (P)	<p>Es un elemento esencial para el crecimiento de microorganismos y plantas.</p> <p>Está presente en diferentes formas: ortofosfatos, polifosfatos, y fosfatos orgánicos, siendo este último un nutriente indispensable de los microorganismos en el tratamiento biológico en el tratamiento biológico de las aguas residuales.</p>	<p>1g de fosforo presente en el agua superficial puede permitir la formación de más de 100g de biomasa o materia orgánica, lo cual necesita una DBO de 150 g de oxígeno para su oxidación aeróbica completa; si no existiera estas condiciones generaría problemas de eutrofización.</p>
Formas del Azufre (S)	<p>El ion de sulfato es una de las diferentes formas químicas del azufre y uno de los aniones más comunes en las aguas naturales.</p> <p>Se encuentran en concentraciones que varían desde unos pocos hasta varios miles de mg/L.</p> <p>Se requieren para la síntesis de proteínas y se liberan en su descomposición.</p>	<p>El alto contenido de sulfatos tiende a formar incrustaciones.</p> <p>En aguas residuales la cantidad de sulfatos es un factor importante para la determinación de problemas que generan olor y corrosión en las alcantarillas.</p>
Aceites y Grasas	<p>Son sustancias insolubles en el agua y solubles en solventes orgánicos como por ejemplo el hexano.</p>	<p>Recubren las superficies con las que entran en contacto causando problemas estéticos</p>

	<p>Están formados por carbono, hidrogeno y oxígeno. Pueden ser de origen vegetal, animal o mineral y flotan en el agua en forma de películas o natas.</p> <p>De origen vegetal o animal son biodegradables y pueden ser tratadas con facilidad con plantas de tratamiento biológico.</p> <p>De origen mineral pueden no ser biodegradables y requieren de un pre tratamiento para ser removidas antes de la aplicación de un tratamiento biológico.</p> <p>De origen mineral pueden ser biodegradables y requieren de un pre-tratamiento para ser removidos antes de la aplicación</p>	<p>indiscencia e interferencias con la actividad biológica.</p> <p>Su transporte a lo largo del alcantarillado es muy complicado generándose altas cargas de polución difíciles de atacar biológicamente.</p> <p>Su cuantificación permite determinar la necesidad y tipo de pre-tratamiento, la eficiencia y los procesos de remoción, y el grado de polución ocasionado por estos compuestos.</p>
Metales Pesados	<p>Son un grupo de elementos que poseen una densidad relativa dl metal mayor de 4 o 5.</p> <p>Incluyen plata, bario, cobre, zinc, cromo, cobalto, níquel, plomo, hierro, mercurio, titanio, vanadio, manganeso y otros.</p>	<p>Generalmente son tóxicos en altas concentraciones.</p>
Detergentes (Agentes Tensoactivos o Agentes Superficiales Activos)	<p>Son compuestos constituidos por moléculas orgánicas polares, grandes y solubles en agua y aceites.</p> <p>Tienen la propiedad de disminuir la tensión superficial de los líquidos en que se hallan disueltos.</p> <p>Se fabrican a partir de la mezcla del agente tensoactivo con sales sódicas como sulfatos, fosfatos, carbonatos, silicatos o boratos, llegando a ser de tres tipos de grupo polar hidrófilo: anionicos, catiónicos y no iónicos.</p>	<p>Altera la tensión superficial del agua disminuyéndola a tal punto en que se forman espumas.</p> <p>La espuma se vuelve estable gracias a la interface aire – agua y la presencia de proteínas, partículas sólidas finas y sales minerales disueltas en el agua.</p> <p>En aguas residuales, la producción de espuma produce una gran cantidad de fosforo llegando a causar problemas de eutrofización.</p>

Continúa

ANEXO N°3

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Parámetro	Definición	Impacto Ambiental
Materia Orgánica (DQO y DBO)	<p>Formada por sólidos provenientes de varios residuos de animales, plantas y de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos.</p> <p>Entre los principales grupos de sustancias orgánicas que se encuentren presentes en el agua residual están: Proteínas (40-60%), Hidratos de carbono (25 – 50%) y Aceites y Grasas (10%).</p> <p>Los sólidos suspendidos presentes en el agua residual pueden contener un 75% de materia orgánica, y los sólidos disueltos un 40%.</p>	<p>El agua residual con un alto contenido de materia orgánica, al ser descargada al ambiente sin un previo tratamiento, puede provocar una desestabilización biológica que disminuye las fuentes naturales de oxígeno y causa el desarrollo de condiciones sépticas.</p> <p>Grandes concentraciones de materia orgánica presentes en las aguas residuales, son medidas en términos de DQO y DBO.</p>
	<p>Demanda Química de Oxígeno (DQO):</p> <p>Es un parámetro de polución que mide el material orgánico contenido en una muestra líquida mediante la oxidación química.</p> <p>Se determina como la cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte. Representa el contenido orgánico total de la muestra oxidable por dicromato en solución ácida. Esta oxidación se efectúa mediante la ebullición de la muestra con una mezcla de ácido sulfúrico y un exceso de dicromato de potasio. Durante el periodo de ebullición el material orgánico oxidable reduce una cantidad equivalente de dicromato. El dicromato restante se determina mediante titulación con sulfato ferroso amoniacal. La cantidad de dicromato reducida es una medida de la materia orgánica oxidada.</p>	
	<p>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):</p> <p>Es la medida de cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la oxidación bioquímica de las sustancias biodegradables en un tiempo y temperatura específicos, generalmente en 5 días, a 20°C y en condiciones anaerobias.</p> <p>Depende de la disponibilidad de materia utilizada como alimento biológico y de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos durante la oxidación, las condiciones ambientales y los microorganismos.</p> <p>Se debe proporcionar los nutrientes necesarios para el desarrollo bacteriano como el nitrógeno y el fósforo, y eliminar cualquier tipo de sustancia tóxica en la muestra. En las aguas residuales domésticas el valor de la DBO₅ representa en promedio un 65 a 70% del total de la materia orgánica oxidable.</p>	

Fuente: Jairo Moreno Rojas – Tratamiento de Aguas Residuales: Acuaquímica

ANEXO N°4
SISTEMAS ACUÁTICOS

Parámetro	Definición	Impacto Ambiental
Lagunajes	Consiste en el almacenamiento del agua residual a tratar durante periodos de tiempo suficientemente largos y variables, de tal forma en que se produzca la oxidación de la materia orgánica del agua residual mediante la actividad microbiana presente en el medio acuático. Se aplican para poblaciones superiores a los 200 habitantes.	Lagunas anaerobias Lagunas facultativas. Lagunas aerobias o de maduración.
Humedales	Son terrenos inundados de profundidad menor a 0.6 m que constan de pantas emergentes las mismas que desarrollan superficies adecuadas para la formación de películas bacterianas. en este sistema el agua residual fluye constantemente manteniendo un estado de saturación en el suelo a lo largo de todo el año.	Humedales naturales. Humedales artificiales.
Cultivos acuáticos	Conocidos también como sistemas de plantas acuáticas flotantes, son una variante de los humedales artificiales en donde se introduce varios cultivos de plantas flotantes con la finalidad de eliminar determinados componentes del agua residual a través de sus raíces. Su profundidad varía entre 0.5 a 1.8 m y suelen utilizarse generalmente como un sistema de tratamiento terciario.	Ninguna.

Fuente: Método Naturales de Depuración de Aguas Residuales Urbanas

ANEXO N°5

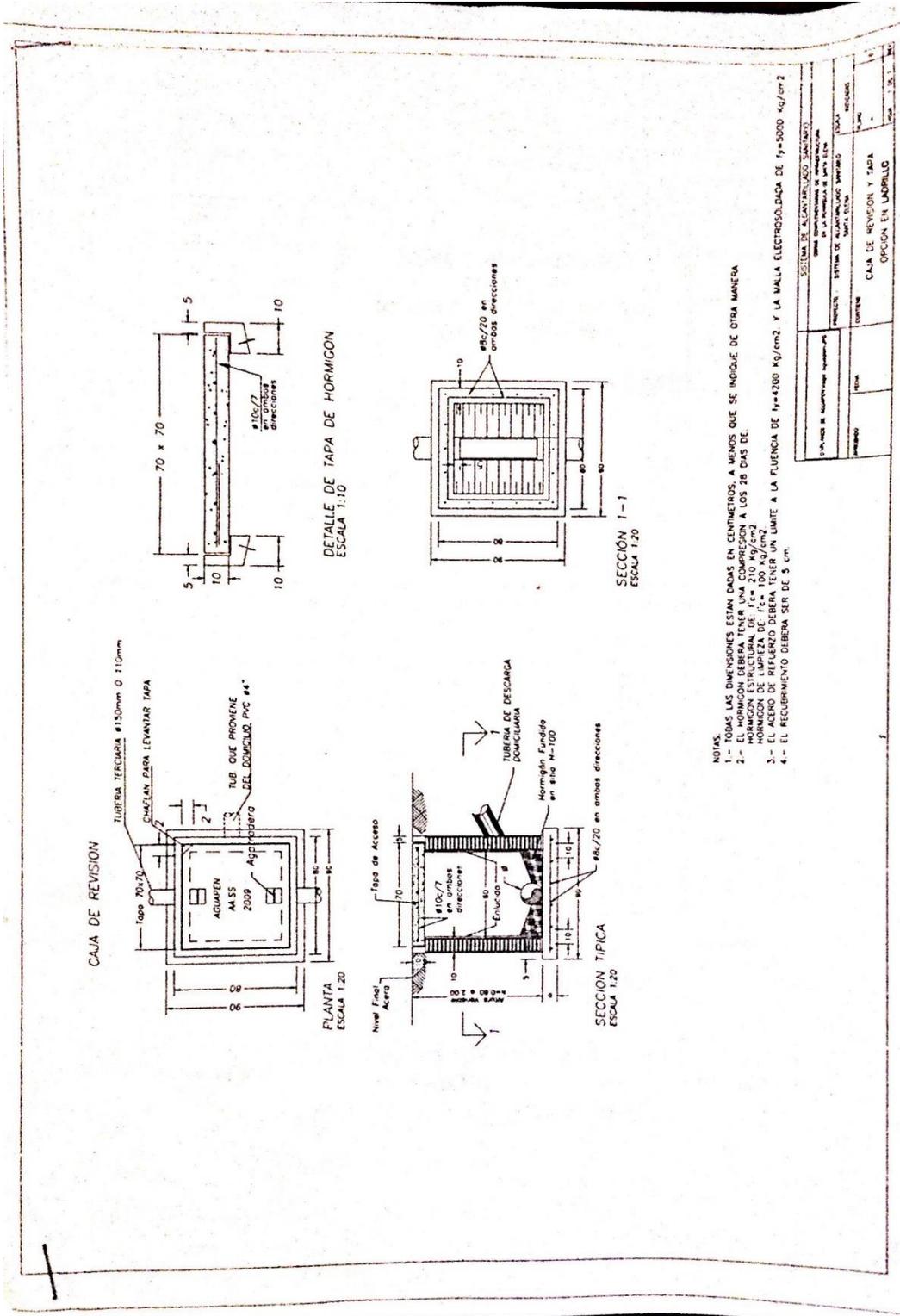
TRATAMIENTOS MEDIANTE APLICACIÓN DIRECTA EN EL TERRENO

Método	Fundamento
Filtro Verde	Consiste en la aplicación del agua residual a tratar en una superficie de terreno en donde ha sido instalada previamente un cultivo extenso. Requiere de gran espacio disponible y generalmente se aplica para poblaciones inferiores a 25.000 habitantes.
Infiltración rápida	Se la define como la aplicación controlada del agua residual sobre balsas superficiales que han sido construidas en suelos que poseen una permeabilidad media – alta, con capacidad de infiltración que oscila entre 10 a 60 cm/día. El agua residual se aplica al terreno en tasas elevadas, con periodos de alternación de inundación – secado y de forma cíclica para permitir la regeneración anaerobia de la zona de infiltración y mantener la capacidad máxima de tratamiento. Se aplica para poblaciones menores a 5000 habitantes.
Escorrentía superficial	Consiste en forzar la escorrentía del agua residual mediante riego por circulación superficial en láminas, sobre un suelo previamente acondicionado, alternado periodos de riego – secado. La distribución del agua residual se puede llevar a cabo por medio de aspersores de baja carga, rociadores de baja presión, o tuberías provistas de orificios. Este método se aplica para poblaciones pequeñas menores a 500 habitantes.
Lechos de Turba	Consiste en un sistema formado por lechos de turba a través de los cuales circula el agua residual. La depuración se realiza por medio de los procesos de absorción y adsorción de la turba, y de la actividad microbiana que se desarrolla en su superficie de 200 m ² de cada lecho. Aplica para poblaciones menores a 2000 habitantes.
Lechos de arena	También conocidos como filtros de arena, son lechos de material granular uniforme, adecuadamente drenados en el fondo y que se aplican generalmente como un sistema de afino de aguas que han sido tratadas previamente con otros sistemas de tratamiento, como por ejemplo una fosa séptica. Aplica para poblaciones menores a 10000 habitantes.

Fuente: Método Naturales de Depuración de Aguas Residuales Urbanas

ANEXO N°6

CAJA DE REVISION Y TAPA OPCION DE LADRILLO



Fuente: AGUAPEN EP

ANEXO N°8

PRESUPUESTO PREFERENCIAL DE LA CAJA DE REVISIÓN



PRESUPUESTO REFERENCIAL

PROYECTO : CAJAS DE REVISION DE LADRILLO CON TAPA
OBJETO : ALTERNATIVA 3 H=1.50
UBICACIÓN : LA LIBERTAD
VALOR US\$: \$ 367.64
FECHA : 20 DE JULIO DEL 2011

MATERIALES					
N°	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR	
				UNITARIO	TOTAL
002060	HORMIGON SIMPLE f _c = 210kg/cm ³	m ³	0.11	\$ 148.82	\$ 15.70
002000	ACERO DE REFUERZO CORRUGADO, fy 4200 KG/CM2	kg	4.74	\$ 2.36	\$ 11.18
002250	ENLUCIDO VERTICAL	m ²	4.20	\$ 5.83	\$ 24.47
S/R	LADRILLO DE ARCILLA	U	726.00	\$ 0.22	\$ 159.72
S/R	CEMENTO	SACO	3.00	\$ 6.00	\$ 18.00
S/R	ARENA FINA	SACO	5.00	\$ 1.25	\$ 6.25
S/R	ALAMBRA RECOCIDO	LIBRA	2.00	\$ 1.00	\$ 2.00
002060	HORMIGON SIMPLE f _c = 210kg/cm ³ INVERT	m ³	0.07	\$ 148.82	\$ 10.94
SUB TOTAL A					\$ 248.25
MANO DE OBRA					
N°	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR	
				UNITARIO	TOTAL
	MANO DE OBRA	GLOBAL	1.00	\$ 80.00	\$ 80.00
SUB TOTAL B					\$ 80.00
TOTAL A+B					\$ 328.25
IVA 12 %					\$ 39.39
TOTAL					\$ 367.64

OBSERVACIONES: