UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TÍTULO DEL PROYECTO:

PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PARA LA COMUNIDAD SIMÓN BOLÍVAR, PARROQUIA FÁTIMA, PROVINCIA DE PASTAZA

AUTORES:

JARA NARANJO EVELYN ARACELI

MOYA BAYAS ROBINSON BRYAN

DIRECTOR DEL PROYECTO:

M.Sc. PEDRO ANDRÉS PEÑAFIEL ARCOS

PUYO – ECUADOR

2020-2021

DECLARACIÓN DE AUDITORIA Y CESIÓN DE DERECHO

Quienes suscriben, **Evelyn Araceli Jara Naranjo** con C.I. **0106963887**, **Robinson Bryan Moya Bayas** con C.I. **1600501116** hace constar que son autor/a del Proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: **"Propuesta de Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas para la Comunidad Simón Bolívar, Parroquia Fátima, provincia de Pastaza"**, el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Dr./Msc. **Pedro Andrés Peñafiel Arcos**. En tal sentido, manifiesto la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 19 días del mes de febrero del 2021.





Robinson Bryan Moya Bayas

CI: **0106963887**

Autora

CI: **1600501116**

Autor

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: "**Propuesta de Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas para la Comunidad Simón Bolívar, Parroquia Fátima, Provincia de Pastaza**"



Firmado electrónicamente por:

LEO MAXIMILIANO RODRIGUEZ

M.Sc. Leo Maximiliano Rodríguez Badillo

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:

KAREL DIEGUEZ

M.sc. Karel Dieguez Santana

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:

SANTIAGO NICOLAS AGUIAR NOVILLO

M.sc. Santiago Nicolas Aguiar Novillo

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD OBTENIDO EN EL SISTEMA ANTI PLAGIO.

Quien suscribe el presente Msc Pedro Andrés Peñafiel Arcos con C.I: 1600373987, certifica que el Proyecto de Integración de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: "PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PARA LA COMUNIDAD SIMÓN BOLÍVAR, PARROQUIA FÁTIMA, PROVINCIA DE PASTAZA", ha sido examinado a través del sistema Anti-plagio URKUND y presenta un porcentaje de similitud del 6 %.

En el cantón Pastaza, a los 19 días del mes de febrero del 2021.



Firmado electrónicamente por:

PEDRO ANDRES PENAFIEL ARCOS

……

Msc Pedro Peñafiel

Director del Proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Estatal Amazónica, que me ha brindado oportunidades incomparables en el ámbito académico, por su avanzado modo de aprendizaje continuo, y antes de esto no pensaba que fuera posible cambiar la perspectiva de ver al mundo, desde el punto de vista ingenieril. Agradezco mucho por la ayuda y el compartir de conocimiento de varios profesores, compañeros y la universidad en general por los conocimientos que ha otorgado.

Robinson Moya

A la fuente de vida DIOS, por bendecirme, guiarme en cada escalón, que a pesar de los giros que se han presentado, ha sido símbolo de fortaleza y enseñanza que vendrán tiempos mejores, a su vez por brindarle salud a mi familia, de manera especial a mi madre quien es y será el pilar fundamental de mi vida, a mis hermanos por motivarme emocionalmente para lograr mis objetivos.

A la Universidad Estatal Amazónica, por el apoyo con docentes de calidad que más que cumplir con su rol, han sabido forjarme como la profesional que hoy en día soy.

Como no agradecer a mis amigos que me han apoyado constantemente en esta etapa de altos y bajos.

Evelyn Jara

DEDICATORIA

A mis padres por ser siempre el apoyo incondicional, y haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, a mis hermanos por motivarme y ayudarme en todo lo que he necesitado, a mi familia que me ha estado siempre apoyando para luchar por mis objetivos, a mis amigos que han sabido darme una mano solidaria, muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que incluye este como uno más.

Robinson Moya

El presente proyecto de investigación lo dedicó a mi Mamita Juanita y mis mamás quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un escalón más, gracias por inculcar en mis valores que hoy son el fruto de la persona que soy, como a mis hermanos, como principal motor de enseñanza de que tienen que ser personas de bien, de no temer a las adversidades que se han dado, porque Dios está siempre.

A todas las personas que han sido familia, amigos, compañeros, amores, que me permitieron aprender en este camino, que a pesar de las caídas fueron un mayor impulso para llegar hasta donde estoy, se los dedico, ¡lo logré!

Evelyn Jara

RESUMEN

El presente estudio se basa en el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas mediante información primaria y secundaria para la comunidad Simón Bolívar en la parroquia Fátima, provincia de Pastaza, con el propósito de mejorar la disposición de las aguas residuales que se tienen en la misma. Para ello se utilizó información de la dotación de agua potable obtenido por medio de investigación bibliográfica y otros datos de manera *in situ* el cálculo de caudales está en función a la población futura en donde se aplicará el proyecto, contribuyendo a garantizar la vida útil del sistema, de tal manera nos permita obtener los datos de partida para el diseño del sistema de tratamiento de las aguas residuales. Mediante el levantamiento de información primaria y secundaria, se logró Analizar la mejor Propuesta para el diseño de la PTAR esto de acuerdo la metodología utilizada para la ponderación de una matriz de Pugh y el análisis profesional del tutor. El proceso seleccionado es un humedal de flujo subsuperficial vertical que posee una eficiencia de 90%, el cual nos permite implementarlo como mejor opción técnica y viable para pequeñas comunidades. Además, se describe que en la comunidad no existen actividades de ganadería y agricultura significativas mediante la cual se puedan ver inmersos agentes químicos como fertilizantes, fungicidas etc., Por ende, los procesos seleccionados como rejillas, desarenador, fosa séptica, lecho de secados y Humedal de Flujo Subsuperficial poseen una eficiencia de 81% en la remoción de materia orgánica.

Palabras clave: Diseño, tratamiento de aguas, contaminación, eficiencia, Procesos PTAR

ABSTRACT

This study is based on the design of a domestic wastewater treatment system using secondary information for the Simón Bolívar community in the Fátima parish, Pastaza province, with the purpose of improving the disposal of wastewater in the area. herself. For this, information on the provision of drinking water obtained through bibliographic research and other data in situ was used. The calculation of flows is based on the future population where the project will be applied, helping to guarantee the useful life of the system, in such a way that it allows us to obtain the starting data for the design of the wastewater treatment system. Once the primary and secondary information gathering was concluded, it was possible to analyze the best Proposal for the design of the WWTP. The selected process is a vertical subsurface flow wetland that has an efficiency of 90%, which allows us to implement it as the best technical and viable option for small communities. In addition, it is described that in the community there are no significant livestock and agriculture activities through which chemical agents such as fertilizers, fungicides, etc. can be immersed, therefore, the selected processes such as grids, sand trap, septic tank, drying bed and Subsurface Flow Wetlands have an efficiency of 81% in the removal of organic matter.

Keywords: Design, water treatment, pollution, efficiency, WWTP processes

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I 15

1. INTRODUCCIÓN 15

1.1. PROBLEMA 16

1.2. OBJETIVOS 17

1.2.1. OBJETIVO GENERAL 17

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS. 17

1.3. JUSTIFICACIÓN 18

CAPÍTULO II 19

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA. 19

2.1. AGUAS RESIDUALES 19

2.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS 19

2.2.1. TEMPERATURA. 19

2.2.2. OLOR. 19

2.2.3. DENSIDAD. 19

2.2.4. COLOR. 20

2.3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS 20

2.3.1. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) 20

2.3.2. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO) 20

2.4. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS 21

2.4.1. BACTERIAS: 21

2.4.2. ALGAS 21

2.4.3. LAS COLIFORMES: 21

2.5. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES 22

2.5.1. PRE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES 22

2.5.2. TRATAMIENTO PRIMARIO DE AGUAS RESIDUALES 22
2.5.3. TRATAMIENTO SECUNDARIO DE AGUAS RESIDUALES 22
2.5.4. TRATAMIENTO AVANZADO DE AGUAS RESIDUALES 23
2.6. ETAPAS DE PTAR DE ORIGEN DOMÉSTICO 23
2.6.1. REJILLAS 23
2.6.2. FOSA SÉPTICA 23
2.6.3. FILTRO BIOLÓGICO 23
2.6.4. LECHO DE SECADO DE LODOS 24
2.6.5. MÉTODO DE DESINFECCIÓN 24
2.7. NORMATIVA AMBIENTAL VIGENTE 24
CAPÍTULO III 27
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 27
3.1. LOCALIZACIÓN 27
3.1.1. COORDENADAS DE LA COMUNIDAD SIMÓN BOLÍVAR 28
3.1.2. UBICACIÓN ESTIMADA DE LA PLANTA 28
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN 29
3.2.1. NO EXPERIMENTAL 29
3.2.2. ENFOQUE CUANTITATIVO. 29
3.2.3. DESCRIPTIVA 29
3.2.4. BIBLIOGRÁFICA 29
3.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN 30
3.3.1. DETERMINACIÓN DE LOS DATOS DE PARTIDA PARA EL DISEÑO DE LA PTAR PARA LA COMUNIDAD SIMÓN BOLÍVAR, PARROQUIA FÁTIMA 30
3.3.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN SECUNDARIA SOBRE LA MEJOR ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO 32

3.3.3. DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PARA LA COMUNIDAD SIMÓN BOLÍVAR. 34

CAPÍTULO IV 54

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 54

4.1. NÚMERO DE HABITANTES 54

4.2. TASA DE CRECIMIENTO. 54

4.3. POBLACIÓN FUTURA 54

4.4. DOTACIÓN 55

4.5. CONDICIONES CLIMÁTICAS 55

4.6. CAUDALES 56

4.7. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA 56

4.8. DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS 57

4.8.1. DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL DE ENTRADA 58

4.8.2. DISEÑO DE LA REJILLA 58

4.8.3. DISEÑO DEL DESARENADOR 59

4.8.4. DISEÑO DE LA FOSA SÉPTICA 60

4.8.5. DIMENSIONAMIENTO DEL LECHO DE SECADO DE LODOS 61

4.8.6. DIMENSIONAMIENTO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL VERTICAL 61

4.8.7. VEGETACIÓN PARA EL HUMEDAL 63

4.8.8. MÉTODO DE DESINFECCIÓN ULTRA VIOLETA 63

4.9. ANÁLISIS TÉCNICO- ECONÓMICO 63

4.9.1. PRETRATAMIENTO 63

4.9.2. CANAL DE ENTRADA Y DESBASTE 64

4.9.3. DESARENADOR 64
4.9.4. FOSA SÉPTICA 65
4.9.5. LECHO DE SECADO DE LODOS 65
4.9.6. HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL 66
4.9.7. LUZ ULTRAVIOLETA 66
4.9.8. TOTAL, DEL PRESUPUESTO PARA LA PTAR 67
4.10. PROPUESTA PARA LA REUTILIZACIÓN DEL AGUA 67
5. CONCLUSIONES 68
6. REFERENCIA 70
7. ANEXOS 77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de Estudio en la Comunidad Simón Bolívar de la Parroquia Rural Fátima. 27
Figura 2. Área establecida para el diseño de la PTAR Domesticas En la comunidad Simón Bolívar 28
Figura 3. *Porcentajes de consumo de agua para la zona urbana y Rural del Ecuador; Tomado* (INEC, 2012). 55
Figura 4. Promedio anual de temperatura de la Provincia de Pastaza; tomado del INAMHI, 2015. 55
Figura 5. Distribución de la precipitación Anual; tomado de los anuarios del INAMHI, 2015. 56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites máximos Permisibles para descargas a cuerpos de agua dulce. 25
Tabla 2. Coordenadas UTM WGS84 de la Comunidad Simon Bolivar 28
Tabla 3. Ponderación de la Matriz de Pugh 33
Tabla 4. Matriz de Pugh para la toma de decisiones. 33

Tabla 5. Fórmulas para el cálculo de los caudales mínimo y punta para diferentes tamaños de población. 36
Tabla 6. Fórmulas empíricas para el cálculo de caudal punta para diferentes tamaños de población. 36
Tabla 7. Valores recomendados de los parámetros necesarios para el diseño de un canal de desbaste y sus respectivas rejas. 37
Tabla 8. Valores recomendados de los parámetros necesarios para el dimensionamiento de desarenadores 39
Tabla 9. Contribución de aguas residuales y lodo fresco por persona 43
Tabla 10. Tiempo de retención hidráulica 44
Tabla 11. Valores de tasa de acumulación de lodos digeridos 45
Tabla 12. Cálculos para el diseño de Fosa Séptica. 48
Tabla 13. Criterios de diseño para humedales artificiales verticales. 52
Tabla 14.Tabla 10. Población y tasas de crecimiento. 54
Tabla 15. Resultado de Caudales 56
Tabla 16. Ponderación de alternativas. 57
Tabla 17. Parámetros de partida para los dimensionamientos de los equipos. 57
Tabla 18. Medidas del canal de entrada. 58
Tabla 19. medida entre las rejillas finas. 58
Tabla 20. Medidas del cálculo para el diseño del Desarenador. 59
Tabla 21. Cálculos de la Fosa Séptica 60
Tabla 22. Cálculo de Lecho de secado. 61
Tabla 23. Cálculo de Humedales. 62
Tabla 24. Cotización preliminar del sistema de pretratamiento. 63
Tabla 25. Cotización preliminar del sistema de pretratamiento. 64
Tabla 26. Cotización del Desarenador. 64
Tabla 27. Cotización de la fosa séptica. 65
Tabla 28. Cotización del Lecho de Secado de Lodos. 65
Tabla 29. Cotización de Humedal artificial. 66
Tabla 30. Cotización del Método de desinfección UV. 66
Tabla 31. Costo Total de implementación de la planta de tratamiento. 67

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Toma de coordenadas punto 1. 77
Anexo 2. Toma de coordenadas punto 2. 77
Anexo 3. Toma de coordenadas punto 3. 78
Anexo 4. Toma de coordenadas punto 4 78
Anexo 5. Lista de habitantes entregado por el presidente de la comunidad. 79
Anexo 6. Lista de vivienda levantadas en la visita..... 79
Anexo 7. Formato de encuesta realizada a los moradores de la comunidad Simón Bolivar. 80
Anexo 8. Consumo de agua mensual en el Ecuador.. 81
Anexo 9. Acceso a la red de alcantarillado según la provincia en el Ecuador. 81
Anexo 10. Acceso a los servicios básicos a nivel nacional. 82
Anexo 11. Comparación de alternativas en base a los criterios de selección 83
Anexo 12. Datos base para los parámetros iniciales. 84
Anexo 13. Parámetros de partida para la elaboración del diseño de los procesos de la PTAR. 84
Anexo 14. Cálculo del diseño de las rejas de finos en el diseño de la PTAR. 85
Anexo 15. Cálculo del desarenador..... 85
Anexo 16. Cálculos del diseño de la fosa séptica doble cámara de la PTAR. 87
Anexo 17. Diseño para el lecho de secado de la PTAR. 87
Anexo 18. Esquema De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales 88

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

En América Latina de los 52.000.000 m^3 /día de aguas residuales solamente 3.100.000 m^3 /día, o 6%, reciben tratamiento adecuado antes de ser dispuestas en cuerpos de agua o campos agrícolas. Del cual, se utiliza en riego de forma directa o indirecta. En toda América Latina hay un mínimo de 981.445 hectáreas regadas con agua residual cruda o diluida (Egocheaga & Moscoso, 2004). Las aguas residuales antes de ser desechado a un cuerpo hídrico deben ser tratadas, dado que cumple un papel significativo en la salud y en caso contrario se verán enfermedades relacionadas a las excretas, especialmente en la transmisión de parásitos intestinales y quien lleva consigo enfermedades que han afectado no solamente poblaciones locales sino poblaciones a nivel de todo el mundo (Oakley, 2011).

En Ecuador, todas las aguas servidas deberían ser tratadas por ley como se estipula en el Código Orgánico Ambiental, bajo los límites máximo permisibles de descarga que se presentan en el Anexo 1 del Libro VI del TULSMA donde se especifican los parámetros de descarga (bastante bajos en comparación a estándares europeos) para DBO, DQO, SST, nitrógeno total, Fósforo entre otros parámetros. En la mayoría de ciudades del país no cuenta con Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) ni tampoco con alcantarillados separados para aguas servidas y aguas de lluvia, lo que dificulta aún más el tratamiento de agua, en muchos casos estas aguas contaminadas se siguen utilizando para riego de hortalizas y verduras o para recreación, como es el caso de los ríos de la costa y amazonia, dado que al estar algunos de ellos severamente contaminados, la gente continua visitando los ríos y realizan natación o pescan en ellos porque no tiene otra opción o porque no son debidamente informados (Torske, 2019).

“La provincia de Pastaza, está conformada por una población de 83.933 habitantes con un índice de crecimiento poblacional del 3.41 %, es la provincia de mayor extensión del país, y la que presenta mayores problemas en los servicios de saneamiento” (INEC, 2010). Es por ello, que este proyecto busca diseñar una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), con la finalidad de establecer medidas ambientales que permitan prevenir, controlar, minimizar y mitigar los posibles impactos generados en la comunidad Simón Bolívar.

1.1. PROBLEMA

Las aguas residuales son por lo general vertidas en aguas superficiales, creando un riesgo a la salud humana, ecología. Lo que hace difícil cumplir con el tratamiento de las aguas residuales es la diversidad económica, social y ambiental de cada región, tanto entre país y país. Una gran inquietud, es la gente que vive en áreas que no son adecuadas para el desarrollo (como laderas empinadas de cerros, pantanos, y planicies propensas a inundaciones) (Reynolds, 2007).

La producción de aguas residuales en Ecuador es un problema al que se ha intervenido de manera ineficaz ya que no se dispone de infraestructuras físicas suficientes. El 90 % de las aguas residuales en Ecuador se descargan en las fuentes de aguas dulces, sin algún tipo de tratamiento, según la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA, 2016). Sin duda el crecimiento de la población, la industrialización, las prácticas agrícolas y la urbanización aumentan la demanda de agua, en efecto las aguas residuales generan problemas de contaminación que son provocados por la descarga directa de aguas residuales sin ningún proceso de tratamiento (Foley, de Haas, Hartley, & Lant, 2010).

La polución de agua por el consumo poblacional y los sistemas sanitarios ineficientes o en mal estado de cada una de las ciudades de la provincia de Ecuador no se toma en cuenta el volumen ni la condiciones físicas, químicas o biológicas que generan descargan al final de su ciclo terminan reincorporándose a los cauces naturales sin recibir previo tratamiento (Lahera Ramón, 2010).

La comunidad Simón Bolívar como muchas otras que pertenecen a la provincia de Pastaza no cuentan con ningún tratamiento referente al control de aguas residuales domésticas esto puede generar presencia de malos olores, la proliferación de vectores e inclusive un crecimiento excesivo de vegetación por toda la zona, afectando de manera directa la salud humana y el ambiente. Por tal motivo se plantea la propuesta del diseño de una PTAR para mitigar la polución generada por aguas residuales domésticas en la comunidad.

¿Las descargas de aguas residuales domésticas de la comunidad Simón Bolívar cumplen con los parámetros permisibles dentro de la normativa ecuatoriana?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Proponer el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas mediante información secundaria para la comunidad Simón Bolívar en la parroquia Fátima, provincia de Pastaza.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar los datos de partida para el diseño del sistema de tratamiento de las aguas residuales domésticas generadas en la comunidad Simón Bolívar
- Analizar la información secundaria de investigación sobre la mejor alternativa de tratamiento de aguas residuales domésticas para la comunidad Simón Bolívar.
- Diseñar el tratamiento para las aguas residuales domésticas para la Comunidad Simón Bolívar.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La contaminación del agua es uno de los principales problemas ambientales. En el Ecuador, existe una gran diversidad de ríos, mismos que han sido aprovechados por el hombre para la satisfacción de sus necesidades, tales como agricultura, turismo, recreación, pesca, entre otras, la situación es que, no han sido utilizados de una manera sustentable ni sostenida, es así que estos recursos naturales han sido paulatinamente deteriorados en lo que a calidad ambiental se refiere, disminuyendo progresivamente los ecosistemas (Ledesma, 2009).

Los métodos naturales se presentan como una opción tecnológica sostenible para pequeñas y medianas comunidades dada su alta eficiencia bajo costos de operación, mantenimiento y fácil construcción, además el aprovechamiento de los efluentes de las plantas de tratamientos de aguas residuales no solo representa un fuente de agua sino un fuente potencial nutrientes con beneficios económicos y ambientales convirtiéndose de este modo en una alternativa que toma fuera a nivel mundial y que es conveniente de considerar (Bernal, Cardona, Galvis, & Peña, 2017).

La comunidad Simón Bolívar que se encuentra ubicado en la parroquia Fátima, Provincia de Pastaza, alberga alrededor de 113 habitantes, que para realizar sus actividades diarias (aseo personal, limpieza del hogar, alimentación) ocupan una gran cantidad de agua, mismas que al ser utilizadas cambian su composición físico, químico y biológico, convirtiéndose en aguas residuales domésticas, las cuales son vertidas de manera directa hacia unos esteros y al rio Anzú; sin embargo, al no brindar un tratamiento de las aguas estas pueden causar afectaciones alterando de tal manera los ecosistemas.

Por tal motivo la presente investigación tiene como objetivo proponer una medida de mitigación, para las descargas de aguas residuales domesticas sin ningún tipo de tratamiento generadas, en la comunidad Simón Bolívar mediante la implementación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en beneficio de la comunidad y conservando el ambiente.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

2.1. AGUAS RESIDUALES

Se refiere al agua proveniente del sistema de abastecimiento de una población, las aguas residuales resultan después de haber sido empleadas en actividades domésticas, industriales, agrícolas, urbanas, transporte, recreación, etc. Poseen un color sucio y se encuentran contaminadas: llevan grasas, detergentes, materia orgánica, residuos de la industria y ganado, herbicidas, plaguicidas, y pueden incluso poseer sustancias tóxicas. Debido a la naturaleza de las aguas residuales al momento de su descarga sin un tratamiento previo pueden llegar a implicar una alteración sobre el ecosistema terrestre y acuático e incluso afectar a la salud humana (Díaz, Alvarado, & Camacho, 2012).

2.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Las principales son el contenido de sólidos, distribución de partículas por tamaño, turbiedad, color, olor, temperatura y densidad (Lopéz, 2015).

2.2.1. TEMPERATURA. _ La temperatura del agua residual suele ser siempre más elevada que la del agua de suministro, hecho principalmente debido a la incorporación de agua caliente procedente de las casas y de los diferentes usos industriales (Usal, 2016).

2.2.2. OLOR. _ Los olores son debidos a la liberación de gases durante el proceso de la descomposición de la materia orgánica. El agua residual resiente tiene un olor particular, algo desagradable, que resulta más tolerable que el agua residual séptica. El olor más característico del agua residual séptica es el debido a la presencia de sulfuro de hidrógeno que se produce al reducirse los sulfatos a sulfitos por la acción de los microorganismos anaerobios (Usal, 2016).

2.2.3. DENSIDAD. _ Se define la densidad de un agua residual como una masa por unidad de volumen, expresada en kg/m^3. Es una característica física importante del agua residual dado que de ella depende la potencial formación de corrientes de densidad en fangos de sedimentación (Usal, 2016).

2.2.4. COLOR. _ Este término se refiere a la edad del agua residual, que puede ser determinada cualitativamente en función de su color y olor.

2.3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Los constituyentes químicos de las aguas residuales son con frecuencia clasificados en inorgánicos y orgánicos. Los inorgánicos incluyen 1) elementos individuales como calcio (Ca), cloruro (Cl), hierro (Fe), cromo (Cr) y zinc (Zn) y 2) una amplia variedad de compuestos como nitratos (N03) y sulfatos (SO4). Los constituyentes orgánicos de mayor interés en las aguas residuales se clasifican como agregados e individuales (Lopéz, 2015).

2.3.1. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

La Demanda Química de Oxígeno, DQO, es la cantidad de oxígeno en mg/l consumido en la oxidación de las sustancias reductoras que están en un agua. Se emplea para la medición de la materia orgánica presentes en aguas residuales tanto industriales como municipales que contengan compuestos tóxicos para la vida biológica (Harris, 2004).

2.3.2. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO)

"La DBO o Demanda Biológica de Oxígeno es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable existente en un agua residual" (Carmen, 2016).

2.3.2.1. MATERIA ORGÁNICA.-. Son sólidos que provienen del reino animal y vegetal, así como las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos (Lecca, Lizama, & Lizama, 2014).

2.3.2.2. MATERIA INORGÁNICA.-. Estos elementos se encuentran en cualquier tipo de agua residual, los más abundantes en los vertidos generado por la industria y son de origen mineral y de naturaleza variada como: sales, óxidos, ácidos y bases inorgánicas y metales (Cárdenas., 2006).

2.4. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Las características biológicas de las aguas residuales son de fundamental importancia en el control de enfermedades causadas por organismos patógenos de origen humano, y por el papel activo y fundamental de las bacterias y otros microorganismos dentro de la descomposición y estabilización de la materia orgánica, bien sea en el medio natural o en plantas de tratamiento de aguas residuales (Lopéz, 2015).

2.4.1. BACTERIAS: Tienen un rol importante en la descomposición y estabilización de la materia orgánica, tanto en el marco natural como en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Por ello resulta imprescindible conocer sus características, funciones, metabolismos y proceso de síntesis. Hay distintos tipos de bacterias presentes en el agua residual, las bacterias de origen fecal y las que intervienen en el proceso de biodegradación (Lizana, 2018).

2.4.2. ALGAS: Su presencia en el agua residual es de suma importancia, ya que contribuyen, junto con las bacterias, a la estabilización de la materia orgánica presente en las aguas residuales. Es importante resaltar que el crecimiento de las algas se ve beneficiado por la presencia en las aguas residuales de varias formas de nitrógeno y fósforo (Lizana, 2018).

2.4.3. LAS COLIFORMES: Los coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales, capaz de fermentar la lactosa a 44.5ºC. Aproximadamente el 95% del grupo de los coliformes presentes en heces fecales, están formados por Escherichia coli y ciertas especies de Klebsiella. Ya que los coliformes fecales se encuentran casi exclusivamente en las heces de animales de sangre caliente, se considera que reflejan mejor la presencia de contaminación fecal. Otro de los aspectos negativos del uso de los coliformes totales como indicador es el hecho de que algunos coliformes son capaces de multiplicarse en el agua (Madigan, Martinku, & Parker, 1997).

2.5. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El propósito del tratamiento de las aguas residuales es eliminar en su gran mayoría los contaminantes que son perjudiciales para la salud y el ambiente, se utiliza diferentes procesos de depuración: físicos, químicos y microbiológicos, por medio de unidades tratamiento convencionales o naturales con la finalidad de que sus parámetros cumplan con los límites establecidos por las normas ambientales (Rodríguez, 2017).

2.5.1. PRE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El pre tratamiento de las aguas residuales es esencialmente físico; la primera etapa es la descontaminación, en esta fase se remueven sólidos presentes en las aguas residuales, a través de rejas (basura) y desarenadores (partículas pesadas como grava, arena y semillas) de esta manera desempeña un papel fundamental en la medida en que elimina elementos que pueden causar descensos en la eficiencia del tratamiento y quizá lo más importante, protege los equipos, partes y unidades de la depuradora (Santos & González, 2015).

2.5.2. TRATAMIENTO PRIMARIO DE AGUAS RESIDUALES

En esta etapa puede ser físico o físico-químico y se realiza en tanques de sedimentación para remover parte de los contaminantes y retirarlos como lodo en el fondo de los tanques. Este lodo después de ser procesado, es un usado como abono, Los sólidos suspendidos eliminados de la fase son, en su mayoría materia orgánica, por lo cual se presenta una reducción importante en la concentración de DBO5 del efluente (Santos & González, 2015).

2.5.3. TRATAMIENTO SECUNDARIO DE AGUAS RESIDUALES

Dentro de las etapas que forman el proceso de limpieza de las aguas residuales, el tratamiento de secundario tiene como objetivo de limpiar el agua de aquellas impurezas cuyo tamaño es mucho menor a las que se pueden captar por la decantación y las rejillas, para ello, los sistemas se basan en métodos mecánicos y biológicos combinados (Rodie & Hardenberg, 1987).

2.5.4. TRATAMIENTO AVANZADO DE AGUAS RESIDUALES

"Este tratamiento consiste en eliminar los nutrientes que favorecen el crecimiento de la flora acuática (algas y lirios), como el fosforo y el amoniaco que provienen del escurrimiento agrícola, de desechos humanos y del uso de detergentes" (Santos & González, 2015).

2.6. ETAPAS DE PTAR DE ORIGEN DOMÉSTICO

De acuerdo a la caracterización de los residuos líquidos de viviendas, zonas residenciales, establecimientos comerciales o institucionales, se pueden subdividir.

2.6.1. REJILLAS

Las rejillas son necesarias en toda planta de depuración como su primera unidad, por ahí ingresan las aguas servidas deteniendo todos los desechos sólidos gruesos, y son de limpieza manual, para lo cual tendrán todas las facilidades necesarias para el trabajo correcto y seguro del personal de mantenimiento (Guerrero, 2014).

2.6.2. FOSA SÉPTICA

En este tanque que se depositan las aguas servidas y se sedimentan la materia en suspensión está cubierta en su totalidad, posee compuertas para el control, también tiene tuberías para eliminar olores luego de este proceso ingresan a los filtros, los tanques sépticos se utilizarán por lo común para el tratamiento de las aguas residuales de familias que habitan en localidades que no cuentan con servicios de alcantarillado o que la conexión al sistema de alcantarillado les resulta costosa por su lejanía. (Guerrero, 2014).

2.6.3. FILTRO BIOLÓGICO

El Filtro Anaeróbico puede ser operado ya sea con flujo ascendente o descendente. Se recomienda el modo de flujo ascendente porque hay un menor riesgo de que la biomasa fijada sea arrastrada. El nivel de agua debe cubrir el material del filtro por lo menos 0.3 m para garantizar un régimen de flujo regular (Tilley, 2015).

2.6.4. LECHO DE SECADO DE LODOS

Es un tanque rectangular, sirve para el secado de los lodos de la fosa séptica y de los filtros, en este proceso se elimina el agua del material sólido y ser utilizado, dando un tratamiento generalmente compost, obteniendo un abono orgánico para jardinería (Guerrero, 2014).

2.6.5. MÉTODO DE DESINFECCIÓN

Este proceso sería la última etapa del sistema de saneamiento de aguas domésticas, para cumplir con el objetivo se ha tomado en consideración utilizar como sistema de desinfección el uso de luz ultravioleta la cual eliminara en el último proceso microorganismos como lo son virus, bacterias, hongos, algas. La radiación ultravioleta se caracteriza por longitudes de onda muy cercanas a las de la luz del sol, los parámetros más importantes de la radiación UV relacionados con la desinfección del agua son; la longitud de onda, el rango germicida que se encuentra entre 240 y 300 nm y se obtiene la máxima eficiencia desinfectante cerca de los 253-260 nm (Zhou & Smith, 2002; Sonntag & Schuchmann, 1992).

2.7. NORMATIVA AMBIENTAL VIGENTE

Acuerdo Nº 097/A - Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua (Anexo 1, Libro VI de la Calidad Ambiental, del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente). Para la propuesta de la elaboración de un diseño de aguas residuales, se toma en consideración la normativa ambiental vigente del Ecuador regida por el Código Orgánico Ambiental (COA), que permitirá comparar los componentes característicos de las aguas, esto se detallan en la siguiente tabla donde muestra los límites permisibles a un cuerpo de agua dulce (TULSMA, 2015).

Tabla 1. *Límites máximos Permisibles para descargas a cuerpos de agua dulce.*

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	**No detectable**
Aldehídos		mg/l	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN-	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl-	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml	**Unidades de color**	Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	mg/l	Inapreciable en dilución:1/20
Compuestos fenólicos	Fenol		0,2
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	$D.B.O_5$.	mgO_2/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mgO_2/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0

Materia flotante	**Visibles**		**Ausencia**
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)		10,0
Nitrógeno Total Kjedahl	N	mg/l	15
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Sedimentables		mg/l	1,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1 600
Sulfatos	SO4	mg/l	1000
Sulfitos	SO3	mg/l	2,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	ºC		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Vanadio		mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	5,0

Nota: *La tabla 12 del TULSMA son los parámetros máximos permisibles para descargas a los cuerpos de agua dulce, los cuales están regidos a la normativa nacional y todas las descargas deben cumplir con los valores establecidos.*

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. LOCALIZACIÓN

La parroquia Fátima se localiza, en el cantón Pastaza de la provincia de Pastaza, limitada al norte con la parroquia Teniente Hugo Ortiz, al sur con la parroquia Puyo, al este está la parroquia 10 de agosto y al oeste: con el Cantón Mera. La comunidad Simón Bolívar alberga al 6.9% de población, posee una temperatura entre 18° - 24 °C, se encuentran suelos de tonalidades rojizos y blancos siendo suelos de muy baja fertilidad, además presenta precipitaciones que oscilan entre 3000 a 5000 mm al año y posee una humedad relativa del 85% (GADPF, 2015).



Figura 1. *Área de Estudio en la Comunidad Simón Bolívar de la Parroquia Rural Fátima.*
Fuente: Realizado por Robinson M., Evelyn J.

3.1.1. COORDENADAS DE LA COMUNIDAD SIMÓN BOLÍVAR

***Tabla 2**. Coordenadas UTM WGS84 de la Comunidad Simon Bolivar*

Punto	Coordenadas UTM WGS84 Zona 18M	
1	832073.54 m E	9847632.72 m S
2	831910.59 m E	9847463.73 m S
3	832057.92 m E	9847340.88 m S
4	832190.30 m E	9847529.55 m S

Nota: El levantamiento de las coordenadas se la realizo de manera in situ; Fuente: Realizado por Robinson M., Evelyn J.

3.1.2. UBICACIÓN ESTIMADA DE LA PLANTA

La planta de tratamiento se va a situar en una franja cercana al sistema hídrico, permitiendo la evacuación de las aguas residuales de cada una de las viviendas sin dificultad, por otra parte, se consideró que es un terreno conforme a las necesidades de la propuesta.



***Figura 2.** Área establecida para el diseño de la PTAR Domesticas En la comunidad Simón Bolívar*

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación está basado en revisión de información primaria, secundaria y bibliográfica para el desarrollo de la propuesta. De acuerdo a los procesos para el desarrollo en la zona de estudio, la investigación es no experimental; Bibliográfica; Exploratoria cualitativa – Documental; Descriptiva.

3.2.1. NO EXPERIMENTAL

Basado que la investigación no se va a generar ninguna serie de experimentos o monitoreos, en el área de estudio esto dado la situación de salud que presenta el mudo en la actualidad, y además que no se va a realizar ningún control de variables.

3.2.2. ENFOQUE CUANTITATIVO.

El estudio posee un enfoque cuantitativo ya que sigue un proceso secuencial y sistemático para desarrollar la investigación y trata de evaluar los fenómenos seleccionados de forma objetiva, a través de mediciones precisas de las variables que se están analizando.

3.2.3. DESCRIPTIVA

La investigación se realizar mediante la descripción de las características de las aguas residuales y el análisis del mejor sistema de tratamiento, que se empleara en la comunidad, utilizando criterios y asesoría profesional que permitieran establecer los procesos y el diseño de la PTAR.

3.2.4. BIBLIOGRÁFICA

Esta investigación también se basa de una revisión de información secundaria en la cual se estableció documentación existente como: (investigaciones, revistas científicas, libros, otros) relacionadas al tema en estudio y para tener un mayor conocimiento del problema.

3.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. DETERMINACIÓN DE LOS DATOS DE PARTIDA PARA EL DISEÑO DE LA PTAR PARA LA COMUNIDAD SIMÓN BOLÍVAR, PARROQUIA FÁTIMA

La comunidad Simón Bolívar se encuentra en la Parroquia Fátima perteneciente a la provincia de Pastaza, para la estimación, de los caudales necesarios para el diseño del PTAR domesticas se utilizó como fuente información del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) y Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado de Pastaza (PDyOT) entre otros.

3.3.1.1. POBLACIÓN ACTUAL

Esta información se determinó mediante una encuesta realizada en concordancia con el presidente de la comunidad Simón Bolívar y se la realizó a cada una de las viviendas para obtener el número de habitantes exactos de la comunidad, esta visita *in situ* se realizó el 10 de enero del 2021. El formato de la encuesta se encuentre en el Anexo 6.

3.3.1.2. POBLACIÓN FUTURA

La estimación de la población futura es un parámetro fundamental, para asegurar el correcto funcionamiento de una depuradora de aguas residuales, hasta el final de su periodo de diseño, para poder realizar el cálculo de la población futura se tomó a consideración, valores obtenidos mediante información bibliográfica del área de estudio, con un periodo de 15 años, la población proyectada se estimará mediante el método geométrico (Lozano, 2012). A continuación, la siguiente ecuación (1)

3.3.1.3. MÉTODO GEOMÉTRICO

$$Pf = Pi(1 + r)^t \qquad (1)$$

Donde:

Pf: Población de diseño (# de habitantes)

Pi: Población inicial (# de habitantes)

r: Tasa de crecimiento geométrico de la población expresada como fracción decimal

t: Período de diseño (años).

3.3.1.4. DOTACIÓN

El caudal de agua entubada consumida diariamente en la comunidad, en promedio, por cada habitante incluye las actividades de consumos doméstico, y estas viene expresada en litros/habitante/día (Secretaria Nacional del Agua, 2017). El valor de la dotación se obtuvo mediante revisión bibliográfica basada en fuentes secundarias de estudios realizados cerca al área de estudio.

3.3.1.5. CLIMA

Para el levantamiento de información respecto a las condiciones climáticas se lograron obtener a través de los anuarios obtenidos del INAMHI en la última actualización accesible en su sitio web y de la actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOTPz, 2020)

3.3.1.6. PLUVIOSIDAD

La provincia de Pastaza consta de precipitaciones constantes para obtener la información de las precipitaciones que posee la comunidad Simón Bolívar se obtuvieron a través de los anuarios obtenidos del INAMHI en la última actualización accesible en su sitio web y de la actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOTPz, 2020).

3.3.1.7. TIPO DE SUELO

La clasificación de los suelos es importante en cuanto a la capacidad de uso de tierra permite identificar las oportunidades o limitaciones que tiene la población, para realizar un aprovechamiento sostenible de la parte forestal y el uso de suelo, en función de sus características la implementación de diferentes actividades es un factor en muy importante para la determinación del diseño de la PTAR, razón por la cual esta información fue obtenida del PDyOT de la provincia de Pastaza (PDOTPz, 2020).

3.3.1.8 RELIEVE

Para el sistema de asentamientos humanos la información del relieve es determinante, ya que influye directamente en los niveles de riesgo a desastres naturales como deslizamientos o inundaciones, dependiendo de su ubicación en la que se encuentre dentro de la Provincia, esta información obtenida del PDyOT de Pastaza y de un diagnóstico de la parroquia Fátima (PDOTPz, 2020).

3.3.1.9. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

La caracterización de aguas residuales domésticas, se realizó mediante investigación y revisión bibliográfica secundaria en la cual se tomó los datos que más se acoplen a la realidad de la comunidad Simón Bolívar y es así que la información fue tomada del libro METCALF y EDDY Ingeniería de aguas residuales, 3ra Ed. 1991 ya que estos datos proponen una caracterización adecuada para el dimensionamiento de los quipos para el diseño de la PTAR (METCALF & EDDY, 1991).

3.3.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN SECUNDARIA SOBRE LA MEJOR ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO

La implementación del tratamiento apropiado, se realizó una diferenciación de alternativas de tratamiento mediante investigación bibliográfica de diferentes lugares similares al del estudio, al mismo tiempo se contó con la sugerencia del tutor para establecer cuáles podrían formar los diferentes tratamientos que se podrían incluir para este tipo de aguas residuales, tomando en cuenta diferentes circunstancias técnicas. La determinación entre diversas alternativas permitió alcanzar la mejor elección para el sitio de estudio tomando en cuenta la situación climática del área de estudio.

3.3.2.1. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

La investigación bibliográfica realizada y la asesoría de profesionales en el área del manejo de aguas residuales, permitió establecer tres alternativas diferentes de tratamiento secundario, que son adecuadas para las aguas residuales domésticas, como son: Humedal de Flujo Subsuperficial Vertical, Filtro Percolador, Contactores Biológicos Rotatorios), para el depuración de las aguas domésticas, la elección se realizó en base a la matriz de Pugh para la toma de decisiones, “la cual toma como referencia los criterios de selección y las alternativas propuestas, la finalidad de la matriz es estimar en base a un ponderación de +1 si es mejor el criterio, -1 si es peor el criterio, 0 si son similares” (Pugh, 1990).

3.3.2.2. CRITERIOS DE SELECCIÓN

Se establecieron cinco criterios de selección importantes al momento de decidir sobre el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas y estos fueron definidos de acuerdo a la caracterización de aguas residuales y en comparación con trabajos realizados de características similares:

1. **Eficiencia de remoción.**
2. **Espacio Necesario para la planta.**
3. **Costos de Inversión.**
4. **Consumo de Energía.**
5. **Mantenimiento y Operación.**

3.3.2.3. MATRIZ DE PUGH

El análisis de selección para la mejor alternativa se realizó mediante el uso de la matriz de Pugh que permite establecer ponderaciones, para la selección de alternativas mediante su relación con los criterios definidos dándole valores según lo que el autor considera adecuado (Pugh, 1990).

Tabla 3. *Ponderación de la Matriz de Pugh*

PONDERACIONES	
+1	Si es mejor el criterio
-1	Si es peor el criterio
0	Si son similares.

Fuente: (Pugh, 1990)**. Adaptado por:** Robinson M., Evelyn J.

Tabla 4*. Matriz de Pugh para la toma de decisiones.*

MATRIZ DE PUGH			
ALTERNATIVA / CRITERIO	A1	A2	A3
C1	0	-1	1
C2	-1	-1	1
C3	1	1	1
C4	0	-1	-1
C5	1	0	0
TOTAL	1	-2	2

Fuente: (Pugh, 1990)**. Adaptado por:** Robinson M., Evelyn J.

3.3.3. DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PARA LA COMUNIDAD SIMÓN BOLÍVAR.

Para la propuesta del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domesticas se tomará en cuenta la mejor alternativa de tratamiento secundario de acuerdo a la matriz de Pugh, además se incluye procesos de pretratamiento, (cribado, desarenador), tratamiento primario (fosa séptica), tratamiento secundario Humedal de Flujo Sub-superficial Vertical, (alternativa seleccionada), Lecho de secado de lodos y un método de desinfección. Estos tratamientos fueron investigados en fuentes bibliográficas de proyectos cercanos al tema de estudio, además se tomará en cuenta los criterios de diseño, que son planteados por expertos del área, esto ayudara a reducir las posibles daños en la planta de tratamiento, evitando gastos extras en mantenimiento, esto contribuirá a que la planta tengan una buena eficiencia en cuanto a la remoción de la carga contaminante (Lluglla & Montaluisa, 2020).

3.3.3.1. COEFICIENTE DE RETORNO

El coeficiente de retorno es la cantidad de aguas residuales generada por una comunidad y es menor a la cantidad de agua potable que se le suministra, debido a que existen pérdidas a través del riego, limpieza de viviendas, cocina y otros usos externos (Rivadeneira, 2011).

3.3.3.2. CAUDAL MEDIO DIARIO

El caudal medio diario es la suma total del caudal industrial, caudal doméstico, caudal institucional y caudal comercial; para el cálculo del caudal medio diario se tomó como referencia la ecuación (2) que se encuentra detallada en la fuente bibliográfica fundamentos de diseño de plantas depuradoras de aguas residuales (Lozano, 2012). Cabe recalcar que no se tomó en consideración el caudal industrial debido a que no existe ninguna industria en la zona de estudio, del mismo modo se eliminan los caudales institucional y comercial por motivo de que no existen unidades educativas y zonas comerciales. “Este caudal será el producto de la población aportante y de las dotaciones de agua potable correspondientes al inicio y final del período de diseño, afectado por el coeficiente de retorno” (INEN, 1996).

$$Qmd = Qdm + Qind + Qinst + Qcom \quad (2)$$

Donde:

Qdom: Caudal doméstico de aguas residuales (L/s)

Qind: Caudal industrial de aguas residuales (L/s)

Qins: Caudal institucional de aguas residuales (L/s)

Qcom: Caudal comercial de aguas residuales (L/s)

3.3.3.3. CAUDAL DOMÉSTICO

Para obtener el caudal doméstico, se utilizó la dotación agua obtenido del levantamiento bibliográfico realizado, debido a que la comunidad no cuenta con un sistema de alcantarillado, para el cálculo se utilizó la ecuación 3 (RAS, 2000).

$$Qdom = \frac{Dotación * P * Cr}{86400} \quad (3)$$

Donde:

Qdom: Aporte de aguas residuales de las actividades domésticas (L⁄s)

D: Dotación de agua potable consumida por habitante y por día (L⁄hab*d)

P: Número de habitantes

Cr: Coeficiente de retorno sanitario (entre 0,70 y 0,85, típicamente 0,80)

3.3.3.4. CAUDAL MÍNIMO

La obtención del caudal mínimo es el menor de los valores, que se puede presentar en un sistema tratamiento, siendo su valor la mitad del caudal medio diario. Para su obtención se tomó en cuenta el tamaño de la población, junto con la ecuación que se requiere para realizar el cálculo (4)

$$Qmin = 0.30 * Qmed \quad (4)$$

Donde:

Q_{min}: Caudal mínimo

Q_{med}: Caudal medio

Tabla 5. *Fórmulas para el cálculo de los caudales mínimo y punta para diferentes tamaños de población.*

Tamaño de la población	Caudal mínimo "Q_{min}"
Pequeña (< 20.000 h-eq)	0,30 * Q_{md}
Mediana (20.000 – 60.000 h-eq)	0,45* Q_{md}
Grande (60.000 h-eq)	0,60* Q_{md}

Fuente: (Lozano, 2012).

3.3.3.5. CAUDAL PUNTA

Para obtener la caudal punta se utiliza la población equivalente que corresponde a <20.000 h-eq la cual se puede observar en la (Tabla 6), mediante la ecuación (5) donde que se multiplica 5 por el caudal medio diario obtenido con la ecuación (2):

$$Qp = 5 * Qmed \qquad (5)$$

Donde:

Q_p: Caudal punta

Q_{med}: Caudal medio

Tabla 6. *Fórmulas empíricas para el cálculo de caudal punta para diferentes tamaños de población.*

Tamaño de la población	Caudal mínimo "Qmin"
Pequeña (< 20.000 h-eq)	5 * Qmd
Mediana (20.000 – 60.000 h-eq)	3* Qmd
Grande (60.000 h-eq)	2* Qmd

Fuente: (Lozano, 2012).

3.3.3.6. CAUDAL MÁXIMO

Es el caudal medio diario consumido por las personas en un día de máximo consumo se lo puede obtener mediante la ecuación (6):

$$Qmax = Qp * 2 \quad (6)$$

Donde:

Q_{max}: Caudal máximo diario

Q_p: Caudal punta

3.3.3.7. CANAL DE ENTRADA

Las aguas al ingresar a la planta de tratamiento pasan por un canal de entrada con una sección rectangular, en este espacio se encuentra ubicado el sistema de rejillas las cuales separan los sólidos grandes del agua a tratar para luego ser pasadas al sistema de depuración. Para este diseño se tomó en cuenta un ancho de 0,9 m, con una altura de 0,50 los mismos se encuentran reflejados como criterios de diseño en el texto de (García & Corzo, 2008).

Tabla 7. *Valores recomendados de los parámetros necesarios para el diseño de un canal de desbaste y sus respectivas rejas.*

Características	Reja de Gruesos	Reja de Finos
Modo de funcionamiento	Manual – Automático	Manual – Automático
Anchura de los barrotes (mm)	>12	<6
Pendiente en relación a la vertical (grados)	30-45	
Velocidad de aproximación (m/s)	0,3-0,6	
Pérdida de carga admisible (m)	0,15	0,15

Fuente: (García & Corzo, 2008)**.**

3.3.3.7.1. ANCHO ÚTIL DE PASO

Una vez determinado el valor de partida para el ancho del canal, se procede a calcular el ancho útil de paso con la ecuación (7).

$$Wu = (Ac - n * Ab) * (1 - G * 1000) \quad (7)$$

Donde:

Wu: ancho útil de paso en m

Ac: ancho del canal en m

n: número de barrotes

Ab: ancho de barrotes en m

G: grado de colmatación, normalmente se utiliza un valor de 30%

3.3.3.7.2. PROFUNDIDAD

Para la profundidad se toma el caudal máximo y la velocidad de aproximación que es 0,3 m/seg que se encuentra los criterios de la (Tabla 6), el cálculo se lo realiza aplicando la ecuación (8).

$$h = \frac{Q}{v} * \frac{1}{wu} \qquad (8)$$

Donde:

h: profundidad en m

Q: caudal máximo en m^3/seg

v: velocidad de aproximación en m/s

3.3.3.7.3. LARGO

El largo del canal es el lugar por donde van a ingresar las aguas para su posterior tratamiento; sin embargo, en el tiempo de retención hidráulica se toma el criterio propuesto por (García & Corzo, 2008) de 0,5 seg, para su cálculo aplica la ecuación (9).

$$L = TRH * v \qquad (9)$$

Donde:

L: largo del canal en m

TRH: tiempo de retención en s

v: velocidad de aproximación del agua en m/s

3.3.3.8. SISTEMA DE CRIBADO

El sistema de cribado tiene como función retener los sólidos grandes por medio de la instalación de rejas, este proceso es el que primero se encuentra con el agua antes de llegar al desarenador, el tipo de rejas o barrotes pueden ser finas o gruesas (García & Ludizaca, 2017).

Para poder diseñar este sistema se tomó en cuenta los parámetros de diseños de la (Tabla 7) además de utilizar la ecuación (10) para la obtención del número de barrotes:

$$N = \frac{BR - L}{b + L} \qquad (10)$$

Donde:

N: Número de barrotes

BR: Ancho del canal en la zona de rejilla (m)

L: Luz o espacio entre barrotes (m)

3.3.3.9. DESARENADOR

Según García Quito & Ludizaca Viracocha, (2017), en el desarenador se van a eliminar las arenas, pero también en este proceso se puede eliminar gravas, partículas, elementos orgánicos como son semillas cascara de frutas huesos etc., para el diseño del desarenador se tomó como referencia fuentes bibliográficas de (Lozano, 2012)

***Tabla 8**. Valores recomendados de los parámetros necesarios para el dimensionamiento de desarenadores*

PARÁMETRO	VALOR	
	INTERVALO	VALOR
Carga hidráulica	<70 m^3/m^2*hora (a Qmax)	
Velocidad horizontal del agua	0,2-0,4 m/s	0,3 m/s
Tiempo de retención	45-90 s	60 s
Longitud	20-25 veces la altura de la lámina de agua	
Relación Largo-ancho	1,5-3,0	2

Fuente: (García & Corzo, 2008)**.**

3.3.3.9.1. TAMAÑO DE PARTÍCULAS

Se recomienda que el diseño de desarenador este apto para partículas de 0,3 mm, este dato se obtuvo del texto de (Lozano, 2012), el cual expresa que este tipo de partículas se encuentran en aguas residuales domésticas.

3.3.3.9.2. VELOCIDAD DE FLUJO

Para partículas de 0,3 mm la velocidad de flujo es de 0,3 m/seg según (Lozano, 2012) ver (Tabla 8).

3.3.3.9.3. LONGITUD

La longitud del desarenador se calculó mediante el ancho del canal, el cual se asumió el mismo valor utilizado en el canal de entrada, además se tomó en cuenta la relación largo ancho de 2 m, dato que es recomendado por (García & Corzo, 2008), en el cálculo de la longitud se utilizó la ecuación (11):

$$L = Ac * relación\ L/Ach \qquad (11)$$

L: longitud del desarenador en m

Ac: ancho del canal en m

Relación larga – ancho 2 m

3.3.3.9.4. ÁREA ÚTIL

El área útil del desarenador es por donde van a circular las aguas residuales y es el lugar en el cual se va a realizar la retención de partículas, para este cálculo se utilizó la ecuación (12):

$$A = Q/v \qquad (12)$$

Donde:

A: área útil en m2

Q: caudal máximo diario en m^3/seg

v: velocidad del flujo en m/s

3.3.3.9.5. PROFUNDIDAD

Para determinar la profundidad del desarenador se utilizó la ecuación (13)

$$h = \frac{A}{Ac} \qquad (13)$$

Donde:

h: profundidad del desarenador en m

Ac: ancho del canal en m

A: área útil en m^2

3.3.3.9.6. CARGA SUPERFICIAL

Es el volumen de agua residual que será tratada, según (García & Corzo, 2008), si la carga superficial es menor a 70 m^3/m^2×hora (a $Q_{máx}$), el dimensionamiento es correcto, caso contrario, se recomienda aumentar la longitud del canal. Para el cálculo se utiliza la ecuación (14)

$$Cs = \frac{Qmax}{L * Ac} \qquad (14)$$

Donde:

Cs: carga superficial

Max: caudal máximo en m^3/h

L: longitud del desarenador en m

Ac: ancho del canal en m

3.3.3.10. FOSA SÉPTICAS

Las fosas sépticas se utilizan para el tratamiento de las aguas residuales en localidades que no cuentan con un sistema de alcantarillado. Debido que la fosa séptica tiene un uso limitado para máximo 350 habitantes se propone diseñar dos cámaras, el primer compartimiento pueden tener lugar la mayor parte de los procesos de sedimentación y digestión, en cuyo caso sólo pasaran al segundo algunos materiales en suspensión (Guerrero, 2014). El proceso de tratamiento primario toma el desagüe crudo o de ingreso y retira entre el 40 - 60 % de sólidos arrastrados. "El tratamiento que tiene lugar en esta parte del proceso es puramente mecánico. Los procesos posteriores biológicos" (Troconis & Herbert, 2010).

3.3.3.10.1. HABITANTES EQUIVALENTES

Una vez se tenga estimada la carga contaminante del vertido industrial, el número de habitantes equivalentes se determina dividiendo la carga, por el aporte que hace un habitante, es decir, una persona, por día, para el mismo parámetro.

$$h - eq = \frac{Carga\ contaminate}{carga\ personal} \qquad (15)$$

3.3.3.10.2. CONTRIBUCIÓN PER CÁPITA DE LAS AGUAS RESIDUALES (C)

Es la cantidad de agua consumido por cada uno de los habitantes por día, el valor adoptado es de 140 L/hab*día

3.3.3.10.3. CRITERIOS DE PARTIDA PARA EL DISEÑO DE FOSA SÉPTICA

- La norma para la construcción e instalación de fosas sépticas de la Asociación Brasileña de norma técnica establece los siguientes parámetros para el dimensionamiento de la fosa séptica.
- Ancho interno mínimo debe ser igual a 0.8 m
- Profundidad útil mínima de por lo menos 1.20 m
- La relación larga /ancho debe estar comprendida entre los valores
- $2 < L/b < 4$
- El ancho interno debe ser mayor que dos veces la profundidad útil.

- El primer y segundo compartimento debe tener un volumen útil respectivamente de 2/3 y 1/3 del volumen útil total.
- La longitud del primer compartimento es de 2/3 de L y el segundo 1/3 de L.
- El borde inferior entre los orificios de paso entre los compartimentos debe ser localizados a una altura igual a 2/3 de valor de la altura útil y debe ser medida desde el fondo.
- Los bordes superiores de estos orificios deben ser localizados a una distancia de 0.30 m bajo el nivel de líquido como mínimo.
- El área total de los orificios de paso debe ser del 5-10% de la sección trasversal útil de la fosa (Isla de Juana, 2005).

3.3.3.10.4. CONTRIBUCIÓN PER CÁPITA DE LODOS (Lf)

Para la contribución per cápita de lodos se tomó en cuenta la tabla 8 que se encuentra en el texto de (RAS, 2000), tomando a consideración que para nuestra zona de estudio son ocupantes permanentes de clase media con un valor de 1L/hab.día.

Tabla 9. *Contribución de aguas residuales y lodo fresco por persona.*

Predio	**Unidades**	**Contribución de aguas residuales (c) y lodo fresco L_f (l/día)**	
Ocupantes permanentes		C	L_f
Residencia			
Clase alta	persona	160	1
Clase media	persona	130	1
Clase baja	persona	100	1
Hotel (excepto lavandería y cocina)	persona	100	1
Alojamiento provisional	persona	80	1
Ocupantes temporales			
Fábrica en general	persona	70	0,3
Oficinas temporales	persona	50	0,2
Edificios públicos o comerciales	persona	50	0,2
Escuelas	persona	50	0,2
Bares	persona	6	0,1
Restaurantes	comida	25	0,01
Cines, teatros o locales de corta permanencia	local	2	0,02
Baños públicos	tasa sanitaria	480	4

Fuente: *Norma RAS – 2000, Colombia.*

3.3.3.10.5. CONTRIBUCIÓN DIARIA DE LAS AGUAS RESIDUALES

Cantidad de aguas totales que se genera diariamente por los habitantes, tomando en cuenta la contribución per cápita ya antes estimada, para el cálculo se utilizó la ecuación (15):

$$Ec = he * C \quad (16)$$

Donde:

Ec: Contribución diaria de aguas residuales

he: Habitantes equivalentes

c: Contribución per cápita de aguas residuales

3.3.3.10.6. TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA

El tiempo de retención hidráulica se consideró mediante la (Tabla 10), basándose en el cálculo de la contribución diaria de aguas residuales producidas por los habitantes de la comunidad Simón Bolívar, tomando en cuenta el resultado de la contribución tomamos el valor acorde la necesidad.

Tabla 10. *Tiempo de retención hidráulica*

Contribución diaria (L)	Tiempo de retención (T)	
	días	horas
Hasta 1500	1	24
De 1501 a 3000	0,92	22
De 3001 a 4500	0,83	20
4501 a 6000	0,75	18
6001 a 7500	0,67	16
7501 a 9000	0,58	14
más de 9000	0,5	12

Fuente: *Norma RAS – 2000, Colombia.*

3.3.3.10.7. TASA DE ACUMULACIÓN DE LODO DIRIGIDO (K)

Para el cálculo de la tasa de acumulación de lodos se toma el valor de la (Tabla 11) tomando en cuenta el periodo de tiempo en el que se va a realizar la limpieza de los tanques sépticos, además se debe considerar la temperatura promedio del cantón Fátima, la cual es de 21°C, con un intervalo de limpieza de 1 año la tasa de acumulación de lodos es de 65.

Tabla 11. *Valores de tasa de acumulación de lodos digeridos*

Intervalo de limpieza (años)	Valores de K por intervalo temperatura ambiente (t) en °C		
	$t \leq 10$	$10 \leq t \leq 20$	$t \geq 20$
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Fuente: *Norma RAS – 2000, Colombia.*

3.3.3.10.8. VOLUMEN ÚTIL DE LA FOSA SÉPTICA

Es el espacio que ocupan las aguas residuales dentro de las dos cámaras, este parámetro se calcula mediante la ecuación (17)

El volumen útil de la fosa se calcula con la siguiente fórmula:

$$Vu = 1000 + Nc(C * T * K * Lf) \qquad (17)$$

donde,

V_u: Volumen útil del tanque séptico (m^3)

N_c: Número de habitantes equivalentes

C: Contribución de aguas residuales (L/hab/d)

T: Tiempo de retención hidráulico (d)

K: Tasa de acumulación de lodos digeridos (d)

$L_{f:}$ Contribución de lodos frescos (L/hab/d).

3.3.3.10.9. DIMENSIONES DE LA FOSA SÉPTICA

La relación longitud – ancho según los criterios de diseño de la Organización Panamericana de la Salud, no debe ser menor a 2 y tampoco mayor a 4, por lo que el valor seleccionado es de 3 m, mediante la obtención de este dato se procede a calcular el ancho de la fosa séptica aplicando la ecuación (17). Tomando en cuenta según los criterios la profundidad útil (H) debe ser > 1,20 m, por tal motivo el valor de la profundidad escogida es de 2 m (OPS, 2005).

$$b = (\frac{Vu}{3h * 1000})^{0.5} \quad (18)$$

Donde:

b: Ancho de la fosa (m)

Vu: Volumen útil (m^3)

H: Profundidad (m)

Nota: los cálculos previamente realizados se utilizan como datos de partida para calcular los siguientes procesos:

3.3.3.10.10. LONGITUD TOTAL DE LA FOSA

Para el cálculo de la longitud total de la fosa se utilizó la ecuación (19), es aquí donde se realiza el proceso de sedimentación de las partículas que se encuentran en suspensión debido a la gravedad, para determinar la longitud total se toma en cuenta la longitud de la primera cámara más la segunda (OPS, 2005).

$$L = 3b \quad (19)$$

Dónde: L Longitud de la fosa (m)

b: Ancho de la fosa (m)

3.3.3.10.11. LONGITUD DEL PRIMER COMPARTIMENTO O CÁMARA

Para calcular la longitud del primer compartimento se utiliza la ecuación (20), tomando 2/3 de la longitud total de la cámara.

$$L1 = L * 2/3 \quad (20)$$

3.3.3.10.12. LONGITUD DEL SEGUNDO COMPARTIMENTO O CÁMARA

La longitud del segundo compartimento se lo determina mediante la ecuación (21) esto concierne a 1/3 de la longitud total de la cámara

$$L1 = L * 1/3 \quad (21)$$

3.3.3.10.13. BORDE INFERIOR DE LOS ORIFICIOS DE PASO

Es el espacio que se determina por donde fluirá el agua de la primera cámara hacia la siguiente reduciendo el aporte de Sólidos en Suspensión mientras se encontraba retenida en la fosa séptica, este especio se calcula con la ecuación (22)

$$B1 = h * 2/3 \quad (22)$$

3.3.3.10.14. BORDE SUPERIOR DE LOS ORIFICIOS DE PASO

Se selecciona una distancia de 0,3 m según la (OPS, 2005), en donde se ubica el nivel del agua que se encuentra en la fosa, ahí se van a ubicar los orificios de entrada y salida del agua residual, para determinar el cálculo se utilizó la ecuación (2):

$$Bs = h - 0.3m \quad (23)$$

3.3.3.10.15. CÁLCULOS ADICIONALES DE RESGUARDO DEL EQUIPO

Se debe tener en cuenta un resguardo libre sobre el nivel de agua, generalmente de 0,3 m entre el nivel superior de natas y la superficie inferior de la losa de cubierta (García & Corzo, 2008). Este cálculo a obtener se denomina altura total y la conseguiremos mediante la ecuación (23):

3.3.3.10.16. ALTURA TOTAL

$$HT = h + 0.3 \quad (24)$$

Los Cálculos para el diseño de las Fosas Sépticas se realiza con las siguientes ecuaciones mencionadas a continuación en la (Tabla 10).

Tabla 12. *Cálculos para el diseño de Fosa Séptica.*

Parámetros para el cálculo		
L1	habitantes (hab)	
L2	contribución (L/hab.d)	
L3	Lodos Frescos (L/hab.día)	Lf = 1 L/hab/d
L4	TRH (días)	T = 12 horas ó 0.5 días
L5	Tasa de acumulación de lodos digeridos (día)	K = 65 días
L6	Contribución Total (L/d)	CT = L/hab/d * hab = L/d
L7	Volumen Útil	Vu= 1000 +Nc (C*T+K*Lf)
L8	Relación Log/Anch	3m
L9	Profundidad útil (m)	2.2m
L10	Ancho interno (m)	b = [Vu /(3h * 1000)]^0.5
L11	Longitud de la fosa (m)	L = 3*b
L12	Longitud del primer compartimento (m)	L1= L * 2/3
L13	Longitud del segundo compartimento (m)	L2= L * 1/3
L14	Borde inferior de los orificios de paso (m)	BI = h * 2/3
L15	Borde superior de los orificios de paso (m) (0,3 tabla)	BS = h – 0.3 m
L16	Altura total del equipo (m)	L9+ 0.3

Fuente: *Isla de Juna, R. (2005); proyectos de PTAR*

3.3.3.11. LECHO DE SECADO DE LODOS

Lugar donde se deshidratan los lodos estabilizados provenientes de la fosa séptica, el lecho de secado de lodos se diseñó tomando en cuenta los criterios establecidos en la guía para el diseño de tanque séptico, tanque Imhoff y laguna de estabilización (OPS, 2005), este sistema es el más económico y simple para dar tratamiento a los lodos, especialmente para comunidades pequeñas como es el caso de nuestro proyecto.

3.3.3.11.1. CARGA DE SÓLIDOS QUE INGRESA A SEDIMENTADOR

Es la masa de sólidos en suspensión que son transportados por medio del agua residual al sedimentador esto ocurre diariamente, para determinar los SS presentes en las aguas residuales domesticas se realizó una revisión bibliografía de diferentes partes de la sierra sacando un promedio de las características típicas del agua residual doméstica en la zona de estudio, misma que se encuentra plasmada en la tabla A3, mediante la ecuación (25) se determinó la carga de sólidos:

$$C = Q * SS * 0.0864 \quad (25)$$

Donde:

C: Carga de sólidos (Kg de SS/día)

SS: Sólidos en suspensión en el agua residual cruda, en mg/l,

Q: Caudal promedio de las aguas residuales.

3.3.3.11.2. CARGA PER CÁPITA DE SÓLIDOS

A nivel de proyecto se puede estimar la carga en función a la contribución per cápita de sólidos en suspensión, para determinar la carga per cápita de sólidos en suspensión se utilizó la ecuación (26):

$$C = \frac{P * Cpc}{1000} \quad (26)$$

Donde:

C: Carga per cápita (gSS/hab*día)

P: Población

Cpc: Contribución per cápita (gSS/Hab*día)

Nota: En las localidades que cuentan con el servicio de alcantarillado, la contribución per cápita se determina en base a una caracterización de las aguas residuales. Cuando la localidad no cuenta con alcantarillado se utiliza una contribución per cápita promedio de 90 gr. SS/(hab*día) (OPS, 2005).

3.3.3.11.3. MASA DE SÓLIDOS QUE CONFORMAN LOS LODOS

Cantidad de materia de sólidos suspendidos que se genera al pasar por un proceso físico que se ejecuta en un tratamiento primario, mismo que se secaran antes de darles una disposición final. Se determina mediante la ecuación (26):

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C) \quad (27)$$

Donde:

Mds: Masa de sólidos (kg SS/día)

C: Carga.

3.3.3.11.4. VOLUMEN DIARIO DE LODOS DIGERIDOS

Volumen de lodos que circulan por los sistemas de tratamiento por medio del agua residual, estos se obtienen mediante la ecuación (28):

$$Vld = \frac{Msd}{plodo * (\% \frac{S}{100})} \quad (28)$$

Donde:

Vld: Volumen de lodos digeridos (L/día)

Plodo: Densidad de los lodos, igual a 1,04 Kg/l.

% S: %de sólidos contenidos en el lodo, varía entre 8 – 12%.

3.3.3.11.5. VOLUMEN DE LODOS A EXTRAERSE DE LA FOSA

Es la cantidad de lodos generados en el tratamiento primario, se lo determina mediante la ecuación (29).

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000} \quad (29)$$

Donde:

Vel: Volumen de lodos a extraer (m3)

Td: Tiempo de digestión, en días

Vld: Volumen de lodos digeridos

3.3.3.11.6. ÁREA DEL LECHO DE SECADO

Extensión de terreno donde se disponen los lodos procedentes de los procesos del sistema de tratamiento de aguas residuales, este se calcula mediante la ecuación (30)

$$Als = \frac{Vel}{Ha} \qquad (30)$$

Donde:

Als: Área del lecho de secado (m^2)

Ha: Profundidad de aplicación, entre 0,20 – 0,90 m.

3.3.3.12. HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL VERTICAL (HFSSV)

Para determinar el diseño de un humedal artificial de flujo subsuperficial vertical se debe tomar en cuenta que existen ciertos criterios de diseño como se muestra en la (Tabla 13), según (Sálas Rodríguez , 2020) en una de sus conferencias trata sobre el dimensionamiento de los HFSSV, en donde expresa que para su diseño la relación largo- ancho es 1/1 es decir que es un humedal de forma cuadrada; sin embargo este tipo de humedales al tener alimentación intermitente necesita un sistema de bombeo el cual va dentro de una arqueta de entrada, de la misma manera se construye una arqueta de salida donde el agua no debe sobrepasar las tuberías ya que interrumpiría en el proceso de oxigenación. Para calcular del área se utiliza la ecuación (31), donde García & Corzo Hernández, (2008) expresan que como norma general los sistemas se pueden dimensionar tomando 2,5 m^2/hab-eq, siendo recomendable considerar en el caso de pequeños municipios 1,5 m^2 hab-eq.

$$As = 1.5m^2 * Pf \qquad (31)$$

***Tabla 13**. Criterios de diseño para humedales artificiales verticales.*

FACTOR	UNIDAD	VALOR
Grava (principal) 20 cm de espesor	mm	24 - 40
Gravilla (secundaria) 70 cm de espesor	mm	0,3 - 0,8
Capa superficial de arena gruesa	cm	10
DRENAJE		
Pendiente	%	1
Taludes	°	45°
Profundidad medio granular	cm	45 - 90
Diámetro de tubería	mm	100
Separación de tubería	mm	2

Fuente: (Sálas Rodríguez, 2020).

3.3.3.12.1. VEGETACIÓN

La vegetación cumple un papel muy importante en los humedales ya que está determinado fundamentalmente por su función en las raíces y rizomas enterrados. Las plantas son organismos foto autótrofos, esto quiere decir que recogen energía solar para transformar el carbono inorgánico en carbono orgánico. Cuenta con la habilidad de transferir oxígeno desde la atmósfera por medio de sus hojas y tallos hasta el medio donde se encuentran las raíces. Este oxígeno crea áreas aerobias donde los microorganismos utilizan el oxígeno disponible para producir diversas reacciones de degradación de materia orgánica y nitrificación (Delgadillo, Camacho, Peréz , & Andrade, 2010).

3.3.3.13. MÉTODO DE DESINFECCIÓN

La absorción de la luz ultravioleta por el ácido nucleico provoca una reordenación de la información genética, lo que interfiere con la capacidad reproductora de la célula. Por consiguiente, los microorganismos son inactivados por la luz UV como resultado del daño fotoquímico que sostiene el ácido nucleico (Acosta, Caro, & Perico, 2015)Del cual, elimina los microorganismos del agua a tratar.

3.3.3.13.1. FACTORES QUE AFECTAN LA DESINFECCIÓN EFICAZ CON UV

El proceso de radiación ultravioleta tiene como ventajas que no altera el olor, color, o el pH, no requiere la adición de productos químicos y no confiere subproductos tóxicos en el agua (Martínez *et all.*, 2020)

- Calidad del agua
- Transmisión de luz UV
- Sólidos en suspendidos
- Nivel de orgánicos disueltos
- Dureza total
- Condición de la lámpara
- Limpieza del tubo de cuarzo
- Tiempo de uso de la lámpara

3.3.3.14. ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO

Una vez establecidos los procesos para la depuración de las aguas residuales domesticas se procede a realizar una cotización de costos, para la implementación y ejecución de la planta de tratamiento, cabe mencionar que no se puede basar en una metodología concreta, ya que cada implemento que se requiere para la construcción del sistema de saneamiento posee un costo diferente en los diferentes lugares de implementación (Pacheco & Ladino, 2018). Al realizar estas cotizaciones se toma en cuenta el valor de cada uno de los materiales a utilizar, permitiendo distribuir de mejor manera el recurso económico.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. NÚMERO DE HABITANTES

El número de habitantes, se lo realizo mediante encuesta y entrevistas de manera *in situ* a los moradores del área de estudio con la ayuda del presidente de la comunidad, obteniendo un total de 113 habitantes que viven en la comunidad Simón Bolívar, parroquia Fátima, provincia de Pastaza.

4.2. TASA DE CRECIMIENTO.

El porcentaje de crecimiento obtenido mediante la información analizada del INEC, muestra que el crecimiento en el área urbana es superior al de áreas rurales, la tasa de crecimiento para el área rural es de 1.47%. A continuación, se presenta la tabla con respecto a la tasa de crecimiento para el área Rural (Carrilo & Villacís, 2017).

Tabla 14.Tabla 10. Población y tasas de crecimiento.

Área	Tasa de crecimiento
Urbana	2.24%
Rural	1.47%
Total	1.95%

Fuete: Censo de Población y vivienda 2001 – 2010: elaborado por INEC

4.3. POBLACIÓN FUTURA

El resultado de la población futura se obtuvo mediante el cálculo realizado a través de la fórmula 1, referente al método geométrico con la cual se obtuvo una población futura de 139 habitantes para el diseño de los procesos de la planta de tratamiento de aguas residuales (Sánchez, 2013).

4.4. DOTACIÓN

La dotación de agua obtenida mediante el levantamiento de información se realizó mediante estudios investigativo como referencial del cual reflejo 140 litros/habitante/día, para las personas de la comunidad Simón Bolívar, sin embargo, el INEC (2012) afrman. “Los hogares del área urbana consumen 26,73 m^3 y los del área rural 27,74m^3 por hogar”.

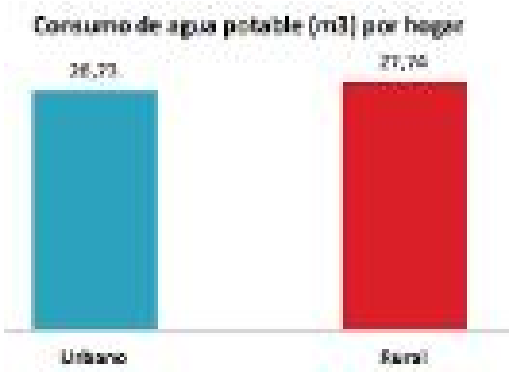


Figura 3. *Porcentajes de consumo de agua para la zona urbana y Rural del Ecuador; Tomado* (INEC, 2012).

4.5. CONDICIONES CLIMÁTICAS

La comunidad Simón Bolívar presenta una temperatura promedio de 21 °C grados, con precipitaciones anuales de entre 4222,7mm y un promedio anual de pluviosidad de 7/8 donde la humedad es muy elevada del 80 al 90% (INAMHI, 2015) .



Figura 4. *Promedio anual de temperatura de la Provincia de Pastaza; tomado del INAMHI, 2015.*

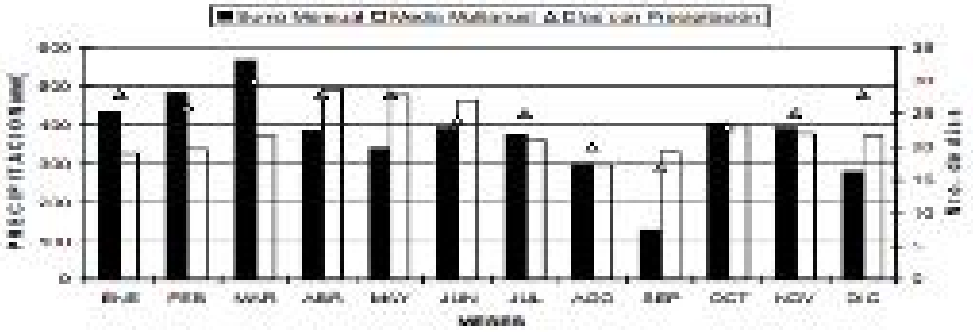


Figura 5. *Distribución de la precipitación Anual; tomado de los anuarios del INAMHI, 2015.*

4.6. CAUDALES

Los caudales obtenidos para el diseño de la Planta de Tratamiento de aguas Residuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 15*. Resultado de Caudales*

PARÁMETRO	EXPRESIÓN	VALOR
Caudal medio diario	Q_{med}	19.49 m^3/d
Caudal diseño	Q_{dis}	0.81 m^3/h
Caudal mínimo	Q_{min}	1.22 m^3/h
Caudal máximo diario	Q_{max}	1.30 m^3/h

Fuete: *Diseño de plantas de tratamiento Isla de Juana 2001.*

Los caudales que se muestran en la tabla 15 fueron utilizados para el dimensionamiento de los equipos para la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas en la comunidad Simón Bolívar.

4.7. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA

Como resultado de la comparación entre los procesos analizados como son el HFSSV, Contactores biológicos y el Filtro percolador, el proceso de HFSSV fue escogido tomando en cuenta los siguientes criterios, eficiencia, consumo de energía, mantenimiento y operación, costos de implementación y espacio necesario, además se tomó en cuenta la ponderación realizada mediante la Matriz de Pugh para la toma de decisiones (Astudillo & Genrenbeck, 2015).

Tabla 16. *Ponderación de alternativas.*

Alternativas Criterios	Humedal de flujo sub-superficial vertical	Contactores biológicos rotatorios	Filtro percolador
Eficiencia	1	0	0
Costo de implementación	1	1	-1
Mantenimiento y Operación	1	-1	1
Espacio requerido	-1	0	1
Consumo de energía	1	-1	-1
Total	3	-1	0
PONDERACIONES			
+1		Si es mejor el criterio	
-1		Si es peor el criterio	
0		Si son similares.	

Nota: *La matriz de pugh analiza cual es la mejor alternativa en base a los criterios, tomando como datos de ponderación + 1 si es mejor el criterio, -1 si es inferior el criterio.*

4.8. DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

Para realizar el dimensionamiento de los equipos de la planta de tratamiento de aguas residuales para la comunidad Simón Bolívar se lo desarrollo mediante los siguientes antecedentes que tiene la zona de estudio con el fin de brindar los datos necesarios para los diferentes cálculos.

Tabla 17. *Parámetros de partida para los dimensionamientos de los equipos*.

DATOS	
Población Actual (hab)	113
Estrato social (Clase baja)	100
Tasa de crecimiento anual (%)	1,4
Proyección de la Planta (Años)	15
Relación Q_{max}/Q_{dis}	1,6
Relación Q_{dis}/Q_{min}	1,5
Concentración DBO a la entrada a la planta (mg/L)	250
Concentración SS a la entrada a la planta (mg/L)	220
Concentración de Nitrógeno amoniacal a la entrada a la planta (mg/L)	50
Temperatura ambiente (°C)	24
Altitud (msnm)	680
Resguardo (m)	0,3
Consumo de agua L/hab.d	140
contribución per cápita promedio gr. SS/(hab*día)	90

Fuete: *diseño de plantas de tratamiento Isla de Juana 2001.*

4.8.1. DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL DE ENTRADA

Para el diseño del canal de entrada se tomó como referencia un valor de partida de García & Corzo (2008). Donde, el 0,20 a 2 m de ancho, asumiendo para nuestro diseño un ancho de 0,9 m, de la misma manera se establece una altura de 0,50 que se encuentra dentro de los valores propuestos por el mismo autor.

Tabla 18. *Medidas del canal de entrada.*

MEDIDAS DEL CANAL DE ENTRADA	
Ancho útil del canal	0,35 m
Profundidad del canal	0, 55 m
Longitud del canal	1,5 m

Nota: *A este valor le sumamos un resguardo de 0,5 según lo indicado por (García & Corzo Hernández, 2008), por ende, la profundidad del canal será de 0,55 m*

Este canal permitirá dirigir el caudal de las aguas residuales a los siguientes procesos, motivo que los residuos gruesos serán retenidos por las rejas instaladas, por lo cual el canal tiene una longitud de 1,5 m, con un ancho de 0,35 m y una profundidad de 0,55 m en relación a la altura seleccionada que se encuentra dentro de los valores presentados en el texto de García & Corzo (2008), además se tomó en cuenta trabajos realizados en poblaciones pequeñas.

4.8.2. DISEÑO DE LA REJILLA

En el dimensionamiento de las rejillas el espesor debe encontrarse entre 5 – 15 mm y de ancho de 25 – 50, pero lo recomendable es a 25 mm (INEN, 1992), por lo cual nuestro diseño de rejillas tiene platinas de 25 mm de acho y un espesor de 6 mm con un espaciamiento de 1 cm, la velocidad mínima con la que va a circular el agua es de 0,9 m/s, estos valores se obtuvieron tomando en cuenta que el tipo de rejas a utilizar es fino.

Tabla 19. *Medida entre las rejillas finas.*

MEDIDAS DE LA REJILLA		
Platinas	25 x 6	mm
Espaciamiento	1	cm
Velocidad mínima	0,9	m/s
Numero de barrotes	14	

Fuete*: diseño de plantas de tratamiento Isla de Juana 2001.*

Mediante el pre tratamiento se pretenderá la eliminación de residuos de un tamaño considerable, mayores a 10 mm relacionado al diseño. Con el objeto de proporcionar suficiente superficie de reja para la acumulación de basuras entre limpieza y limpieza, del cual es necesario que la velocidad de aproximación del agua a la reja sea de unos 0,45 m/s a caudal medio (Isla de Juana, 2005).

4.8.3. DISEÑO DEL DESARENADOR

En el diseño del desarenador se tomó a consideración el criterio expresado por García & Corzo (2008) en el cual recomienda. "Que el tamaño de las partículas es de 0,3 mm con una velocidad de flujo de 0,2 m/seg para aguas residuales domésticas".

Tabla 20. Medidas del cálculo para el diseño del Desarenador.

CÁLCULO DE DISEÑO DE DESARENADOR	
Caudal máximo (m^3/h)	1,299
Carga superficial ($m^3/m^2.h$)	40
Número de canales	1
Caudal (m^3/s)	0,00036
Área superficial (m^2)	0,03
Profundidad efectiva (m)	1,2
Volumen Efecto (m^3)	0,04
Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) (s)	108
Velocidad horizontal (m/s)	0,2
Área Trasversal (m^2)	0,0018
Altura o profundidad efectiva (B) (m)	0,0015
Longitud (m)	21,6
Relación Long/prof	18

Fuete: *Diseño de plantas de tratamiento Isla de Juana 2001.*

El diseño del desarenador consta de una profundidad de 1.2 m, tomando en cuenta que tiene una relación larga/ profundidad es de 18, como se encuentra expuesto los criterios de diseño, en cuanto a la longitud es de 21,6 m, pero para que el desarenador se desempeñe de una mejor manera se utiliza un TRH de 180s, con una carga superficial de 40 m^3/m^2*h, la cual nos indica que el dimensionamiento es correcto (Isla de Juana, 2005).

4.8.4. DISEÑO DE LA FOSA SÉPTICA

Para el diseño de la fosa séptica se obtuvo un volumen total de 15894,7, valor que nos permite diseñar una fosa séptica de doble cámara, con una profundidad de 1.2 m, tomando en cuenta una profundidad de resguardo de 0,3 m, un ancho de 2.1 m; Donde, cada una de las cámaras adquirirán diferentes longitudes la primera será de 4,22 m y la segunda tendrá 2.10 m, el borde inferior de los orificios de paso es 0.8 m y un borde superior de los orificios de paso de 0.9 m, indistintamente se obtuvo una altura total de 1.5 m, misma que surge de la suma de la profundidad útil más la profundidad de resguardo (Isla de Juana, 2005).

Tabla 21. *Cálculos de la Fosa Séptica*

CÁLCULOS DE DISEÑO DE FOSA SÉPTICA	
habitantes (hab)	139
contribución (L/hab.d)	100
Lodos Frescos (L/hab.día)	1
TRH (días)	0,5
Tasa de acumulación de lodos digeridos (día)	57
Contribución Total (L/d)	13920,27
Volumen Útil	15894,7
Relación Log/Anch	3
Profundidad útil (m)	1,2
Ancho interno (m)	2,10
Longitud de la fosa (m)	6,30
Longitud del primer compartimento (m)	4,22
Longitud del segundo compartimento (m)	2,10
Borde inferior de los orificios de paso (m)	0,80
Borde superior de los orificios de paso (m) (0,3 tabla)	0,9
Altura total del equipo (m)	1,5

Fuete: *Diseño de plantas de tratamiento Isla de Juana 2001.*

Según Muñoz Cruz (2008), menciona que “la primera cámara de la fosa séptica debe tener el doble de longitud con respecto a la segunda ya que en esta se producirá la sedimentación de la mayor cantidad de sólidos”.

4.8.5. DIMENSIONAMIENTO DEL LECHO DE SECADO DE LODOS

En el diseño del sistema de lecho de secado de lodos se estableció de acuerdo a la carga de sólidos que ingresa al sedimentador con un valor de 2.10 KgSS/día , una contribución per cápita de 12,53 gSS/día, con una masa de sólidos que conforman los lodos de 4.07 KgSS/día, y un volumen de lodos dirigidos de 39.15 L/día; el volumen de los lodos al ser extraídos del tanque será de 2.23 m^3, para el diseño del lecho de sacado se tiene valores de longitud de 1.86 m, un ancho de 3 m con un área de 5.58 m^2 (Isla de Juana, 2005).

Tabla 22*. Cálculo de Lecho de secado.*

CÁLCULO PARA LECHO DE SECADO	
Carga de Sólidos (C) (Kg de SS/día)	2,10
Carga percápita de sólidos (grSShab⁄∗día)	12,53
Masa de lodos que conforman lodos (KgSS/día)	4,07
Volumen Diario de Lodos Digeridos (L/día)	39,15
Volumen de lodos a extraerse del tanque (m^3)	2,23
Área del Lecho de Secado (m^2)	5,58
Longitud de la Piscina de Secado de Lodos (m)	1,86

Fuete: *Diseño de plantas de tratamiento Isla de Juana 2001.*

4.8.6. DIMENSIONAMIENTO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL VERTICAL

Para el diseño del humedal artificial de flujo subsuperficial se consideró la relación largo ancho de 1/1, por lo que se calculó un área de 299.82 m^2 y por motivos del tamaño se implementarán dos líneas de humedales, cada uno con un área de 149.9m2, teniendo como resultado una longitud de 21.21 m y un ancho de 7.07m, con una remoción de la eliminación de DBO y SS mayor al 81%.

Para este tipo de humedales se debería trabajar con un sistema multicapas, la primera capa se implementaría una membrana de 2 mm, además grava de 40 mm con un espesor de 20 cm la cual cubre la tubería de drenaje, gravilla silícea de 0,8 mm, de cual, realizará la depuración con un espesor de 70 cm y la última capa se coloca arena gruesa que ayuda a repartir el agua de mejor manera con un espesor de 10 cm (Isla de Juana, 2005).

Tabla 23. *Cálculo de Humedales.*

CÁLCULO DE DISEÑO DE HUMEDALES	
Caudal de diseño por línea (m^3/h)	0,41
Superficie total (m^2)	299,82
Superficie unitaria de cada humedal (m^2)	149,91
Volumen total útil (m^3)	149,91
Volumen unitario de cada humedal (m^3)	74,96
Longitud unitaria de cada humedal (m)	21,21
Anchura unitaria de cada humedal (m)	7,07
Concentración de DBO esperada en la salida (mg/L)	46,55
Rendimiento de eliminación de DBO (%)	81,38
Concentración de SS esperada en la salida (mg/L)	40,97
Rendimiento de eliminación de SS (%)	81,38
Biomasa a cosechar estimada (Toneladas/cosecha)	0,60
Carga orgánica (kg DBO/ha.d)	100,06
Tiempo de retención hidráulico (d)	184,62
Superficie de humedal por habitante equivalente (m^2/hab)	2

Fuente: *Diseño de plantas de tratamiento Isla de Juana 2001*.

4.8.7. VEGETACIÓN PARA EL HUMEDAL

Una alternativa para la vegetación del humedal se tomó la especie Lechuguín (Eichhornia Crassipes (Mart.), especie que facilita la reducción de contaminación del agua. Del cual caracteriza los siguientes parámetros: pH, conductividad eléctrica, dureza total, nitratos, y sulfatos. Donde, estudios concluye que el lechuguín es la planta acuática más idónea en la absorción de minerales, (Barreno Avila, Córdova Suárez, Vargas López, & Calderón Valdiviezo, 2020).

4.8.8. MÉTODO DE DESINFECCIÓN ULTRA VIOLETA

El tratamiento con radiación Ultra Violeta es una alternativa para mejorar la calidad de las aguas a tratar debido a que no existe la necesidad de adicionar reactivos químicos, cabe mencionar que no es de gran tamaño por lo que ocupa una mínima cantidad de espacio y esta ayuda a eliminar el 99,92% de los microorganismos presentes en el agua. Del cual se pueden diseñarse fácilmente para caudales pequeños y grandes, así como en grandes plantas de tratamiento municipales (Wright & Cairns, 2010).

4.9. ANÁLISIS TÉCNICO- ECONÓMICO

Para el análisis económico se basó mediante el asesoramiento de la arquitecta Jessica Guamán, misma que detalla el presupuesto referencial para la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales, para un sector rector rural.

4.9.1. PRETRATAMIENTO

Tabla 24. *Cotización preliminar del sistema de pretratamiento.*

PRELIMINARES			
Descripción	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Total**
Replanteo y nivelación lineal	2	20	80
Limpieza y desbroce	3	80	300
TOTAL			$ 380,00

Fuente: (Castillo Chancay, 2019)**.**

4.9.2. CANAL DE ENTRADA Y DESBASTE

Tabla 25. *Cotización preliminar del sistema de pretratamiento.*

PRETRATAMIENTO (CANAL DE ENTRADA Y DESBASTE)			
Descripción	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Total**
Excavación a Maquina (Retroexcavadora)	4 horas	40	160
Adecuación del Fondo de la Zanja	2	30	60
Reja Varilla Circular del Canal de Cribado	10	12,5	125
Relleno Y Compactado De Zanjas	3	26,5	79,5
Quintales de Hierro	6	8,7	52,2
Sacos de Cemento (50 kg)	8	7,5	60
Mano De Obra (Pago Semanal)	3	20	300
Tubería Pvc	10	30	300
Subtotal			1136,7
Iva 12%			136,40
Total			$ 1.273,10

Fuentes: (Castillo Chancay, 2019).

4.9.3. DESARENADOR

Tabla 26. *Cotización del Desarenador.*

DESARENADOR			
Descripción	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Total**
Quintales de cemento	8	7,5	60
Excavación a máquina(retroexcavadora)	4	40	160
Adecuación del fondo de la zanja	3	30	90
Encofrado y desencofrado recto	2	120	240
Hormigón s.F´S 210 kg/cm2	1	300	300
Compuerta de volante de acero inoxidable	1	80,78	80,78
Quintales de hierro	15	8,7	130,5
Subtotal			1061,28 $
Iva 12%			127,35 $
Total			1188,63 $

Fuente: (Castillo Chancay, 2019)**.**

4.9.4. FOSA SÉPTICA

Tabla 27. *Cotización de la fosa séptica.*

FOSA SÉPTICA			
Descripción	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Total**
Quintales de cemento(50kl)	40	7,5	300
Quintales de hierro	78	8,7	678,6
Mano de obra (pago semanal)	4	20	2400
Ducto de ventilación	2	25,6	51,2
Codo de 90° desagüe	10	21,18	211,8
Tubería PVC	6	30	180
sum.e inst.de tee desague PVC	2	26,8	53,6
Caja de revisión 180kG/CM2	1	380,74	380,74
Subtotal			$ 4.255,94
Iva 12%			$ 510,71
Total			$ 4.766,65

Fuente: (Castillo Chancay, 2019)**.**

4.9.5. LECHO DE SECADO DE LODOS

Tabla 28*. Cotización del Lecho de Secado de Lodos.*

LECHO DE SECADO DE LODOS			
Descripción	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Total**
Quintales de hierro	12	8,7	104,4
Sacos de cemento(50kl)	6	7,5	45
Mano de obra (pago semanal)	2	20	200
SUBTOTAL			$ 349,40
IVA 12%			$ 41,93
TOTAL			$ 391,33

Fuente: (Castillo Chancay, 2019)**.**

4.9.6. HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL

Tabla 29. *Cotización de Humedal artificial.*

HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL VERTICAL			
Descripción	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Total**
Excavación a máquina cielo abierto (retroexcavadora)	10 horas	40	400
Desalojo de material con volqueta	8	40	320
Tuberías PVC desagüe	3	316,49	949,47
Codo PVC desagüe	5	26,8	134
Tubería para drenaje 100 mm	1	50,34	50,34
Geotextil 150-300 G/CM2	1	673	673
Lamina pead 2 mm	1	680	680
Grava para filtros (de acuerdo al diseño)	3	45	135
Plantación de plantas nativas (inc. transporte)	2568	0,6	1540
Subtotal			$ 4.882,61
Iva 12%			$ 585,91
Total			$ 5.468,52

Fuente: (Castillo Chancay, 2019)**.**

4.9.7. LUZ ULTRAVIOLETA

Tabla 30. *Cotización del Método de desinfección UV.*

DESINFECCIÓN LUZ ULTRA VIOLETA			
Descripción	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Total**
Lámpara Ultravioleta Uv 12 Gpm-55 w-Os	1	570,6	$ 570,60
Subtotal			$ 570,60
Iva 12%			$ 68,47
Total			$ 639,07
Técnico para la construcción 3 meses	2	850	$ 5100
TOTAL		$ 5,100	

Fuente: (Castillo Chancay, 2019)**.**

4.9.8. TOTAL, DEL PRESUPUESTO PARA LA PTAR

Tabla 31. *Costo Total de implementación de la planta de tratamiento.*

PROFORMA	
Preliminares	$ 380,00
Canal de Entrada, Desbaste y Desarenador	$ 2.461,74
2 fosas Sépticas	$ 4.766,65
2 humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Vertical	$ 5.468,52
Lecho de Secado de Lodos	$ 391,33
Lámpara de Luz Uv	$ 1.278,14
Otros (Técnicos) para la Construcción 3 Meses	$ 5.100,00
TOTAL	$ 19.846,39

Fuente: (Castillo Chancay, 2019)**.**

4.10. PROPUESTA PARA LA REUTILIZACIÓN DEL AGUA

La planta de tratamiento está diseñada para dar un buen saneamiento a las aguas residuales disminuyendo su grado de contaminación, por lo que se propone que el efluente de la planta se reutilice para riego agrícola, teniendo en cuenta que las aguas van a cumplir la normativa encontrada en la tabla 12 del TULSMA (2015), por lo tanto, el agua tratadas quedaran a disposición para los moradores en caso decidan realizar algún tipo de proyecto sobre la reutilización del agua tratada.

5. CONCLUSIONES

- En la comunidad Simón Bolívar se logra evidenciar la polución del agua. Causando así, contaminación de los esteros Shinchiyaku, Churuyaku y el Rio Anzú, misma red hídrica alimentaria que rodea a la comunidad.

- Finalmente se establece que el diseño de la PTAR para la comunidad Simón Bolívar de la parroquia Fátima provincia de Pastaza posee una eficiencia de 90%, el cual pertenece a los procesos evaluados en el dimensionamiento y cálculos realizados Para el tratamiento secundario se plantea implementar un humedal de flujo subsuperficial vertical para el saneamiento de las aguas residuales como mejor opción técnica y viable para pequeñas comunidades

- El diseño realizado muestra la situación de la comunidad referente a las descargas de aguas residuales domésticas y describe que en la comunidad no existen actividades de ganadería y agricultura significativas mediante la cual se puedan ver inmersos agentes químicos como fertilizantes, fungicidas etc., Por ende, los procesos seleccionados como rejillas, desarenador, fosa séptica, lecho de secados y Humedal de Flujo subsuperficial poseen una eficiencia de 81% en la remoción de materia orgánica.

RECOMENDACIONES

- La implementación de sistema de tratamientos en la región amazónica, ya que es muy importante que las comunidades rurales puedan contar con un servicio de tratamiento de aguas residuales con las cuales puedan mejorar su calidad de vida y poder acceder a un servicio básico necesario.

- Para poder realizar una mejor propuesta se recomienda realizar un análisis de laboratorio para poder disecar de una manera mejor los procesos que van a air incluidos en la depuración de las aguas residuales de una PTAR

- Realizar un análisis de las aguas residuales mediante una toma de muestra para enviarla a un laboratorio y así poder corroborar la información del trabajo con esto quedaría claro los procesos para la implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales para pequeñas comunidades.

6. REFERENCIA

Acosta, P., Caro, C., & Perico, N. (2015). *Análisis de interferencia de parámetros físicos del agua, en desinfección por radiación UV.* Granados: Revista de tecnologia.

AQUASTAT, F. (22 de Enero de 2005). *AQUASTAT FAOs Global Information System-on Water and Agriculture.* Obtenido de AQUASTAT - Sistema mundial de información de la FAO sobre el agua en la agricultura: https://www.researchgate.net/profile/Karen_Frenken/publication/237770996_Key_water_resources_statisitcs_in_AQUASTAT_FAO's_Global_Information_System_on_Water_and_Agriculture/links/552f87cd0cf2acd38cbbfe99/Key-water-resources-statisitcs-in-AQUASTAT-FAOs-Glo

Astudillo, D., & Genrenbeck, D. (2015). *Diseño del Sistema de TRatamiento de Aguas Residuales Genradas en el Canton Durán.* Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Barreno Avila, E. M., Córdova Suárez, M. A., Vargas López, J. H., & Calderón Valdiviezo, M. D. (2020). Lechuguín (Eichhornia Crassipes (Mart.) Solms) y lenteja de agua (Lemna Spp.) en la reducción de la dureza del agua de riego. *ConcienciaDigital, 3*(1.1), 133-146. doi:https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i1.1.1136

Bernal, D., Cardona, D., Galvis, A., & Peña, M. (2017). *Métodos Naturales para el tratamiento de aguas Residuales.* Obtenido de Universidad del Valle: https://www.researchgate.net/profile/M_Pena2/publication/266219442_GUIA_DE_SELECCION_DE_TECNOLOGIA_PARA_EL_TRATAMIENTO_DE_AGUAS_RESIDUALES_DOMESTICAS_POR_METODOS_NATURALES/links/55bb8a0308aec0e5f4418c0d.pdf

Cañarte, K. (2010). Radiación ultra violeta y sus efectos sobre la salud . *Ciencia UNEMI,* 28-30.

Cárdenas., G. (2006). *Implementacion de un sistema de aguas residuales para una empresa metal mecanica.* Guayaquil: Universidad de Guayaquil.

Carmen, M. (2016). *Tratamiento de aguas residuales y disminución de DQO y DBO*. Obtenido de Hidritec: http://www.hidritec.com/hidritec/tratamiento-de-aguas-residuales-y-disminucion-de-dqo

Carrilo, D., & Villacís, B. (2017). La nueva cara de la sociodemográfia en el Ecuador. *Revista ecuatoriana de Estadistica*, 5-10.

Castillo Chancay, F. (2019). *Rubrica de Costos para la Construccion de una Planta de Tratamiento.* Calderon.

Delgadillo, O., Camacho, A., Peréz , L., & Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales.* Cochabamba, Bolivia: Nelson Antequera.

Díaz, E., Alvarado, A., & Camacho, K. (Junio de 2012). *El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible.* Obtenido de Universidad Autónoma del Estado de México: https://www.redalyc.org/pdf/401/40123894005.pdf

Egocheaga, L., & Moscoso, J. (2004). *Una Estrategia para la Gestión de las Aguas Residuales Domésticas.* Lima: CEPIS/OPS.

Foley, J., de Haas, D., Hartley, K., & Lant, P. (2010). *Comprehensive life cycle inventories of alternative wastewater treatment systems.* Water Research. doi:10.1016/j.watres.2009.11.031

GADPF. (30 de Octubre de 2015). *Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial Del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural De Fátima.* Obtenido de Sistema Nacional de Informacion: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1660011020001_FaPDOT_GAD%20Parroquia2015_30-10-2015_15-22-13.pdf

García , Q., & Ludizaca, V. (2017). Diseño de un sistema de humedales artificiales para el tratamiento de las aguas residuales en la comunidad del Tabacay, cantón Azogues, provincia de Cañar. *(Tesis).* Universidad de Cuenca, Cuenca. Obtenido de http://dspace.ucuenca.edu.ec/browse?type=author&value=Ludizaca+Viracocha%2C+Wilson+Esteban

García, J., & Corzo, A. (2008). *Guía práctica de diseño, construcción y explotación de sistemas de humedales de flujo subsuperficial.* España: Universidad de Cataluña.

Garcia, L. E. (27 de Mayo de 1998). *Manejo integrado de los recursos hídricos.* Obtenido de Banco Interamericano de Desarollo: https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Manejo-integrado-de-los-recursos-h%C3%ADdricos-en-Am%C3%A9rica-Latina-y-el-Caribe.pdf

Guerrero, M. (2014). *Planta de tratamiento de aguas servidas de la junta administradora de agua potable y alcantarillado de la parroquia Quinchicoto.* Obtenido de Universidad Técnica de Ambato: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/7695/1/tesis-030%20Maestr%C3%ADa%20en%20Agroecolog%C3%ADa%20y%20Ambiente%20-%20CD%20261.pdf

Harris, D. (Abril de 2004). *Análisis Químico Cuantitativo.* Obtenido de Ciencias Ambientales: https://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/TAQ/curso0405/TAQP4_0405.pdf

INAMHI, I. N. (2015). *Anuario Metereológico.* Quito - Ecuador: Juan Bahamonde Sola.

INEC. (2012). *Información Ambiental en Hogares.* Quito: Instituto Nacional de Estadisticas y Censos. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Ambientales2012junio/Presentacio_Junio%202012.pdf

INEC. (2015). *Compendio de Resultados de la Encuesta de Condiciones de Vida.* Quito: Instituto Nacional de Estadisticas y Censos. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/ECV/ECV_2015/documentos/ECV%20COMPENDIO%20LIBRO.pdf

INEC, I. N. (2010). *Resultados del Censo de población y vivienda en el Ecuador 2010.* Fascículo Provincial Pastaza. Obtenido de Fascículo Provincial Pastaza:

https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/pastaza.pdf

INEN. (1996). Norma técnica Ecuatoriana. *Instituto ecuatoriano de normalización*, 4-9.

Isla de Juana, R. (2005). *Proyectos de plantas de tratamiento de aguas.* Bellisco Ediciones.

Isla de Juana, R. (2005). *Proyectos de plantas de tratamiento de aguas: agua de proceso, residuales y de refrigeracion.* España: Bellisco.

La Desinfección y Esterilización con Luz Ultravioleta. (05 de 02 de 2020). Obtenido de Logic Clean: https://www.logicclean.es/la-desinfeccion-esterilizacion-luz-ultravioleta/

Lahera Ramón, V. (2010). Infraestructura sustentable: las plantas de tratamiento de aguas residuales. *Revista de Estudios Territoriales, 12*((2)), 58-69.

Lecca, R., Lizama, R., & Lizama, E. (2014). *Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno.* Lima: Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial.

Ledesma, M. (2009). *SIstema de aguas Residuales Domesticas.* Obtenido de Universidad Estatal Amazonica: https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/91/1/T.AMB.B.UEA.%203003

Lizana, Y. (2018). *Tratamiento de Aguas Residuales para el Caserío Villa Palambla.* Piura: Universidad de Piura.

Llugllla, J. E., & Montaluisa, H. P. (2020). Propuesta de tratamiento de las aguas residuales generadas en el caserío la clementina, cantón Pelileo, provincia de Tungurahua. *(tesis de Ingenierìa).* Universidad Estatal Amazónca, Pelileo.

Lopéz, J. (28 de Julio de 2015). *Las aguas residuales domésticas del barrio el Recreo y su incidencia en la calidad del agua del río Pindo grande de la ciudad de Puyo, provincia de Pastaza.* Obtenido de Universidad Técnica de Ambato: https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/10030/1/Tesis%20850%20-%20L%C3%B3pez%20Silva%20Janina%20Valeria.pdf

Lozano, W. A. (2012). *Fundamentos de diseño de plantas depuradoras de aguas residuales.* Bogota: Universidad Nacional Abierta ya Distancia.

Madigan, M., Martinku, J., & Parker, J. (1997). *Biología de los microorganismos.* Madrid: Prentice Hall.

Malacatus , P., Chamorro, E., & Orellana , G. (2017). *Análisis de eficiencia de remoción de contaminantes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.* Quito: FIGEMPA: Investigación y Desarrollo. Obtenido de file:///C:/Users/dmaur/Desktop/Tutoria%20Tesis/PTAR/Correciones/888-Texto%20del%20art%C3%ADculo-3402-2-10-20190130.pdf

Martínez, B., Lina, A., Solis, C., Hernandez, I., Diáz, C., & Cruz, A. (2020). *Tratamiento de agua municipal residual por un sistema fisico-quimico y oxidación química en flujo continuo.* Avances en Ciencias e Ingeniería,.

METCALF, & EDDY. (1991). *Ingeniería de aguas resuduales tratamiento, vertido y reutilizacion.* España: Impresos y revistas S.A (IMPRESA).

Oakley, S. M. (2011). *Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en Centroamérica.* Estados Unidos: Copyright © 2011 USAID. Obtenido de file:///C:/Users/Milena/Documents/Leslie/Resumen%20Manual%20de%20Tratamiento%20de%20Aguas%20Residuales%20Domesticas.pdf

OPS. (2005). Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques IMHOFF y lagunas de estabilizacion. *Organizacion Panamericana de la Salud*, 4-10.

Ospina, D. (1981). Modelos matemáticos elementales en proyecciones de población. *Revista Colombiana de Estadística*, 4.

PDOTPz. (2020). *Plan de Ordenamiento Territorial de la Provincia de Pastaza.* Puyo: Gobierno Autónomo Desentralizado de Pastaza.

Peru, A. (2015). Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales. *CourseHero*, 1-3.

Pugh, S. (14 de Octubre de 1990). *La Matriz de Pugh para la toma de decisiones.* Obtenido de Calidad Total : http://ctcalidad.blogspot.com/2016/10/la-matriz-de-pugh-para-la-

toma-de.html#:~:text=Luego%20se%20deben%20especificar%20los,mejora%20a%20un%20producto%20existente.

Ramalho , R. S. (2015). Pretratamientos y tratamientos Primarios. *Tratamientos de Aguas Residuales*, 2-5.

RAS. (2000). *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico.* Colombia: Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico.

Reynolds, K. A. (10 de 2007). *Agua org.* Obtenido de Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamerica: https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2007/10/Tratamiento-aguas-residuales-Latinoamerica.pdf

Rivadeneira, J. G. (2011). Diseño de un sistema de alcantarillado y la planta de tratamiento para la comunidad Santa Ines. *Tesis.* Escuela Superios Politécnica del Ejército, Quito. Obtenido de https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4689/1/T-ESPE-032808.pdf

Rodie, B., & Hardenberg, E. (1987). *Tratamiento de Aguas Residuales.* Mexico: Continental S:A. Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lar/oropeza_b_vm/capitulo4.pdf

Rodríguez, H. (13 de Marzo de 2017). *Las aguas residuales y sus efectos contaminantes*. Obtenido de Agualia: https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes

Sánchez, R. L. (2013). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario proyectado a 30 años para la Parroquia de Malchinguí, Cantón Pedro Moncayo.* Quito: Universidad Internacional del Ecuador.

Santos, D., & González, F. (16 de Julio de 2015). *Sistema de tratamiento de Aguas Residuales.* Obtenido de INTERAPAS: http://interapas.mx/files/cultura_del_agua/folletos/sistema_de_tratamiento_de_aguas_residuales.pdf

SENAGUA. (2016). *Estrategia Nacional de Agua Potable y Saneamiento* . Ecuador.

SistemAmind. (24 de Marzo de 2017). *Filtros Percoladores.* Obtenido de sistemamid: https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2017-03-24_01-55-39140455.pdf

Tilley, E. (9 de Junio de 2015). *Un Filtro Anaeróbico es un reactor biológico de cama fija*. Obtenido de Akvopedia: https://akvopedia.org/wiki/Filtro_Anaerobico

Torske, M. (2019). *Yakunina*. Obtenido de La realidad de las aguas servidas en Ecuador: http://www.yakunina.com/la-realidad-de-las-aguas-servidas-en-ecuador/#:~:text=En%20Ecuador%20aproximadamente%20se%20trata,apta%20para%20el%20consumo%20humano.

TRAXCO. (23 de Diciembre de 2014). *Capacidad de retención de agua del suelo*. Obtenido de Componentes para sistemas de riego: https://www.traxco.es/blog/tecnologia-del-riego/retencion-de-agua-del-suelo

Troconis, A., & Herbert, K. (2010). Tratamiento de Aguas Residuales. *Belzona Inc*, 10.

TULSMA. (2015). *Norma de calidad Ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua.* Quito: Republica del Ecuador.

Usal. (2016). *Características de las aguas residuales.* Obtenido de Universidad de Salamanca: https://cidta.usal.es/cursos/etap/modulos/libros/Caracteristicas.PDF

Wright, H. B., & Cairns, W. (2010). *LUZ ULTRAVIOLETA.* Cánada: Trojan Technologies Inc.

WWAP. (19 de marzo de 2019). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019.* Obtenido de Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos: https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf

7. ANEXOS

Anexo 1. *Toma de coordenadas punto 1.*



Anexo 2. *Toma de coordenadas punto 2.*



Anexo 3. *Toma de coordenadas punto 3.*



Anexo 4. *Toma de coordenadas punto 4*



Anexo 5. *Lista de habitantes entregado por el presidente de la comunidad.*



Anexo 6*. Lista de vivienda levantadas en la visita.*



Anexo 7. *Formato de encuesta realizada a los moradores de la comunidad Simón Bolivar.*

Facultad Ciencias de la Vida
Ingeniería Ambiental

Buen dia, somos estudiantes de la Universidad Estatal Amazónica, en Ingeniaria Ambiental, la finalidad de la siguiente encuesta es determinar la población existente en la Comunidad Simón Bolivar, con el objetivo de proponer un diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticos en la zona.

1. Número de personas que viven en su domicilio……

Hombres	
Mujeres	

2. ¿Qué tipo de servicio de agua utilizan para realizar sus actividades diarias? Marque con un X

Agua Potable	
Entubado	
Agua lluvia	

3. ¿Cuál es el principal uso del agua que tienen? Marque con una X

Doméstico	
Aseo personal	
Agricola	

4. Aproximadamente ¿cuántos litros diarios utiliza de agua? Marque con una X

50 a 80 litros por persona	
100 a 140 litros por persona	
Más de 180 litros por persona	

5. ¿A dónde se dirigen las aguas residuales? Marque con una X

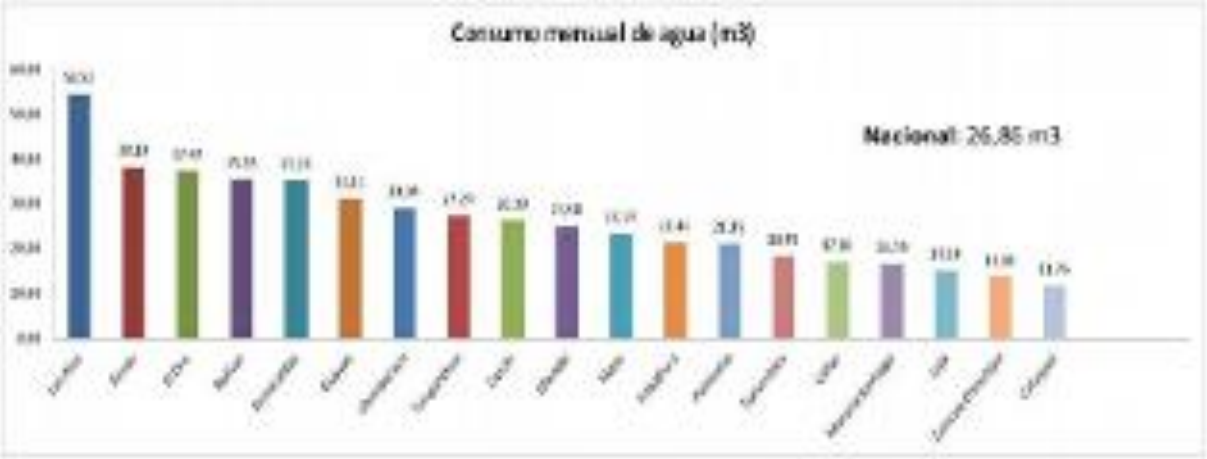
Red Alcantarillado	
Pozo Séptico	
Estero	

6. ¿Se realiza algún tipo de tratamiento al agua residual? Marque con una X

Si	
No	

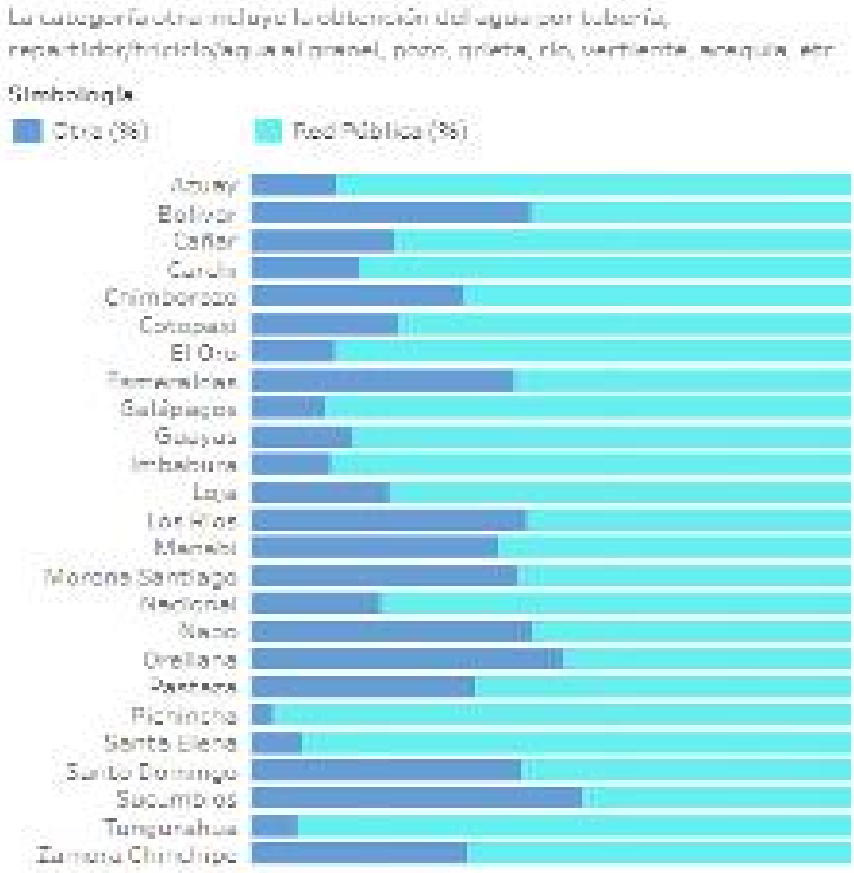
Fuente: Encuesta realizada a la comunidad Simón Bolívar

Anexo 8. *Consumo de agua mensual en el Ecuador..*



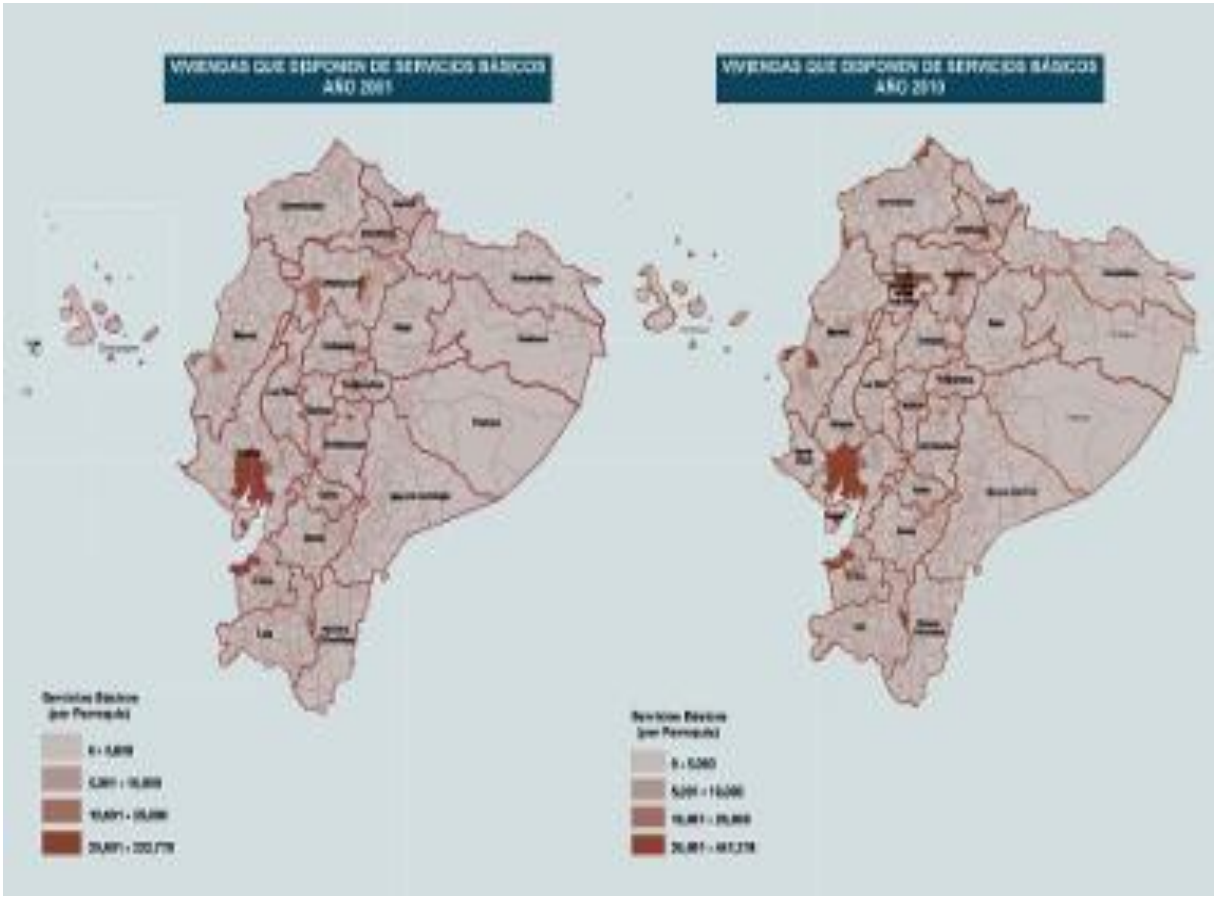
Fuente: *Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo* (INEC, 2012).

Anexo 9. *Acceso a la red de alcantarillado según la provincia en el Ecuador.*



Fuente: *Acceso a la red de agua pública* (INEC, 2015).

Anexo 10. *Acceso a los servicios básicos a nivel nacional.*



Fuente: *Mapas de acceso a los servicios básicos. Tomado de* (INEC, 2015)

Anexo 11. *Comparación de alternativas en base a los criterios de selección*

Alternativas / Criterios	Humedal de flujo sub-superficial vertical	Contactores biológicos rotatorios	Filtro percolador
Eficiencia	Remoción de DBO 80% al 98% vida útil de 15 a 20 años	Remoción de DQO, 95% en DBO5, 70% en SST, 90% en NTK, 74%	filtro: remoción de DBO 60% AL 85%
Costo de implementación	Depende del terreno se debe tomar en cuenta el medio granular (costo de inversión bajo)	El costo de construcción sería mayor y se incurre a mayores costos en su operación por un consumo más alto de energía.	filtro: Alto costo de capital
Mantenimiento y Operación	Bajos costos de operación y mantenimiento, no requiere de un personal altamente capacitado.	factores de mantenimiento influyen en la operación y desempeño de los Biodiscos como son la temperatura, pH y el OD	Filtro: moderado costo de operación, Mantenimiento diario
Espacio requerido	Ocupa una gran cantidad de terreno	Requiere un especio medianamente considerable	filtro: Se requiere una pequeña área en comparación con los Humedales Artificiales
Consumo de energía	Consumo energético es bajo o nulo, debido a que el proceso de depuración lo realizan plantas.	Biodigestor: no consume energía (aprovecha los residuos). Humedal Consumo energético es bajo o nulo, debido a que el proceso de depuración lo realizan plantas. El costo de construcción sería mayor y se incurre a mayores costos en su operación por un consumo más alto de energía.	Filtro: requiere fuente constante de energía y Filtro constante de agua residual UASB: el consumo de energía es bajo, puesto que el sistema no requiere ninguna agitación mecánica.

Fuente: (Malacatus , Chamorro, & Orellana , 2017)

Anexo 12. *Datos base para los parámetros iniciales.*

Datos	
Población Actual	113
Estrato social (Clase media)	100
Tasa de crecimiento anual	1,47
Proyección de la Planta	15
Relación Q_{max}/Q_{dis}	1,6
Relación Q_{dis}/Q_{min}	1,5
Concentración DBO_5 a la entrada a la planta	250
Concentración SS a la entrada a la planta	220
Concentración de Nitrógeno amoniacal a la entrada a la planta	25
Temperatura ambiente	21
Altitud	680
Resguardo	0,3
consumo de agua por persona	169

Fuente: (Isla de Juana, Proyectos de plantas de tratamiento de aguas: agua de proceso, residuales y de refrigeracion, 2005)

Anexo 13. *Parámetros de partida para la elaboración del diseño de los procesos de la PTAR.*

	PARAMETROS DE PARTIDA		
1	Población (Futura)	141	hab
2	Dotación	169	L/hab.d
3	Concentración de SS en la entrada de la planta	220	mg/L
4	Concentración de DBO en la entrada de la planta	250	mg/L
5	Concentración de SS en la salida de la planta	30	mg/L
6	Concentración de DBO en la Salida de la planta	25	mg/L
7	Relación caudal máximo a caudal de diseño.	1,6	
	Cálculos de Partida		
8	Caudal diario	23,77	m^3/día
9	Caudal de diseño	0,99	m^3 /h
10	Caudal máximo	1,58	m^3 /h
11	Kilos de sólidos en suspensión que entran por día	5,23	kg/dia
12	Kilos de DBO que entran por día.	5,94	kg/dia
13	Sólidos en suspensión por habitante y día	37,18	gr/hab.día
14	DBO por habitante y día	42,25	gr/hab.día
15	Rendimiento de eliminación de sólidos en suspensión.	0,86	
16	Rendimiento de eliminación de DBO	0,90	

Fuente: (Isla de Juana, Proyectos de plantas de tratamiento de aguas: agua de proceso, residuales y de refrigeracion, 2005)

Anexo 14. *Cálculo del diseño de las rejas de finos en el diseño de la PTAR.*

	PARÁMETROS DE PARTIDA	
1	Caudal de diseño (m^3/h)	0,99
2	Caudal máximo (m^3/h)	1,58
3	Caudal mínimo (m^3/h)	1,49
4	Velocidad de paso entre los barrotes a caudal de diseño con reja sucia (m/s)	0,9
5	Número de líneas de desbaste	1
6	Espesor de los barrotes (mm)	6
7	Distancia entre los barrotes (luz) (mm)	10
8	Resguardo del canal (m)	0,3
9	Angulo de inclinación de los barrotes (grados)	60
10	Máxima colmatación entre dos limpiezas %	30
11	Relación profundidad útil/anchura del canal	1
12	Metros cúbicos de residuos por 1000 m^3 de agua residual a caudal de diseño	0,01
13	Metros cúbicos de residuos por 1000 m^3 de agua residual con tormenta (máximo)	0,2
	Cálculos del diseño	
14	Caudal de diseño por línea (m^3/h)	0,99
15	Caudal máximo por línea (m^3/h)	1,58
16	Superficie útil del canal (m^2)	0,0006
17	Velocidad de paso entre barrotes a caudal de diseño con reja limpia (m/s)	0,63
18	Velocidad de paso entre barrotes a caudal máximo con reja limpia (m/s)	1,008
19	Velocidad de paso entre barrotes a caudal max. con reja colmatada (m/s)	1,44
20	Velocidad de aproximación por el canal a caudal de diseño (m/s)	0,4547
21	Velocidad de aproximación por el canal a caudal mínimo (m/s)	0,68
22	Anchura del canal (m)	0,025
23	Profundidad útil del canal (m)	0,025
24	Profundidad total del canal (m)	0,32
25	Producción normal de residuos (m^3/día) (Gruesos + Finos)	0,0002
26	Producción máxima de residuos con tormenta (máximo) (m^3/día) (Gruesos + Finos)	0,0003

Fuente: (Isla de Juana, Proyectos de plantas de tratamiento de aguas: agua de proceso, residuales y de refrigeracion, 2005)

Anexo 15. *Cálculo del desarenador.*

Cálculo de diseño	
Caudal máximo (m^3/h)	1,299
Carga superficial ($m^3/m^2.h$)	40
Número de canales	1
Caudal (m^3/s)	0,00036
Área superficial (m^2)	0,03
Profundidad efectiva (m)	1,2
Volumen efectivo (m^3)	0,04
Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) (s)	108
Velocidad horizontal (m/s)	0,2
Área Trasversal (m^2)	0,0018
Altura o profundidad efectiva (B) (m)	0,0015
Longitud (m)	21,6
Relación Long/prof	18

Fuente: (Isla de Juana, Proyectos de plantas de tratamiento de aguas: agua de proceso, residuales y de refrigeracion, 2005)

Anexo 16. Cálculos del diseño de la fosa séptica doble cámara de la PTAR.

habitantes (hab)	141
contribución (L/hab.d)	169
Lodos Frescos (L/hab.día)	1
TRH (días)	1
Tasa de acumulación de lodos digeridos (día)	57
Contribución Total (L/d)	23770,05
Volumen Útil	32787,2
Relación Log/Anch	3
Profundidad útil (m)	2,2
Ancho interno (m)	2,23
Longitud de la fosa (m)	6,69
Longitud del primer compartimento (m)	4,48
Longitud del segundo compartimento (m)	2,21
Borde inferior de los orificios de paso (m)	1,47
Borde superior de los orificios de paso (m) (0,3 tabla)	1,9
Altura total del equipo (m)	2,5

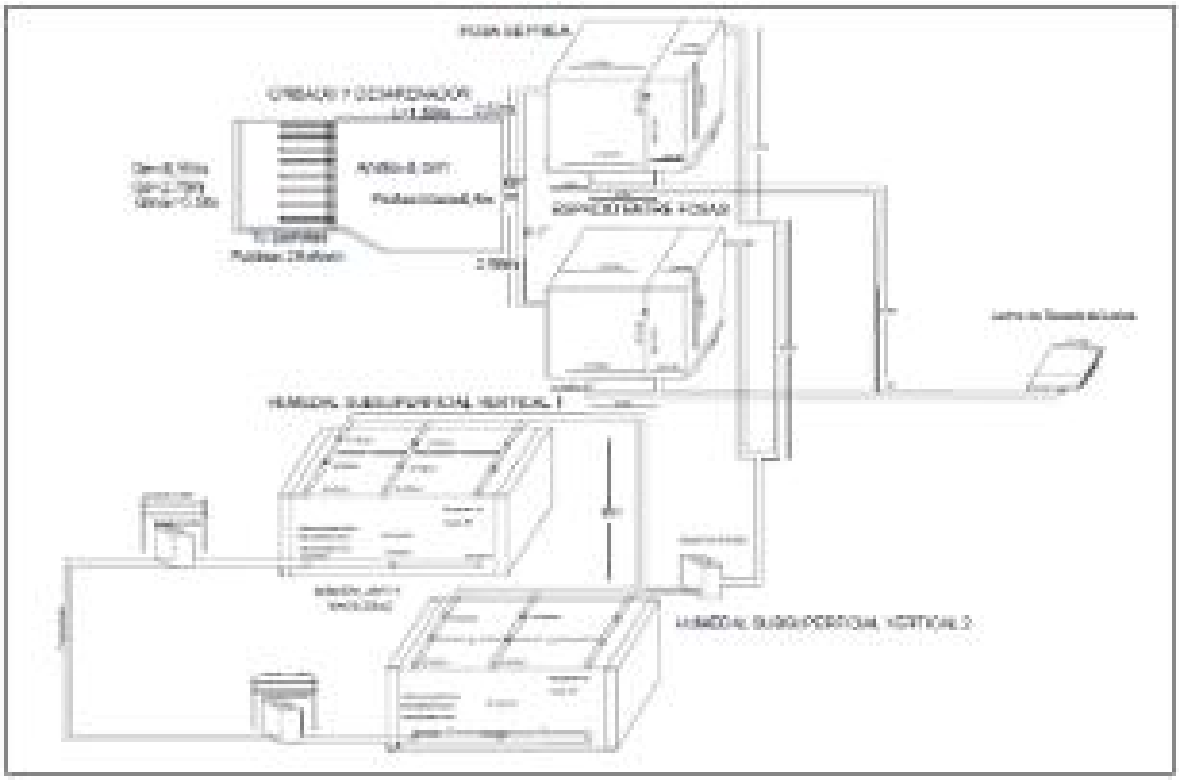
Fuente: (Isla de Juana, Proyectos de plantas de tratamiento de aguas: agua de proceso, residuales y de refrigeracion, 2005)

Anexo 17. *Diseño para el lecho de secado de la PTAR.*

Cálculo de Lecho de Secado	
Carga de Sólidos (C) (Kg de SS/día)	2,10
Carga per cápita de sólidos (grSShab⁄∗día)	12,53
Masa de lodos que conforman lodos (KgSS/día)	4,07
Volumen Diario de Lodos Digeridos (L/día)	39,15
Volumen de lodos a extraerse del tanque (m^3)	2,23
Área del Lecho de Secado (m^2)	5,58
Longitud de la Piscina de Secado de Lodos (m)	1,86

Fuente: (Isla de Juana, Proyectos de plantas de tratamiento de aguas: agua de proceso, residuales y de refrigeracion, 2005)

Anexo 18. *Esquema De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales*



Fuente: (Malacatus , Chamorro, & Orellana , 2017)