

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE:**

INGENIERO AMBIENTAL

TEMA:

**“PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES PARA LA LOTIZACIÓN DE
EMPLEADOS DE LA COOPERATIVA DE LA PEQUEÑA EMPRESA
DE PASTAZA LTDA.”**

AUTORES:

INCA MONAR MARITZA YESSENIA
SALAMBAY LANDACAY ERICK SANTIAGO

DIRECTOR DEL PROYECTO

MSc. PEÑAFIEL ARCOS PEDRO ANDRÉS

PUYO – ECUADOR

2019 - 2020

AUTORÍA DEL TRABAJO

Los criterios emitidos en el trabajo de investigación: **“PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA LOTIZACIÓN DE EMPLEADOS DE LA COOPERATIVA DE LA PEQUEÑA EMPRESA DE PASTAZA LTDA”**, como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y propuesta son de exclusiva responsabilidad de nuestra persona como autores de este trabajo de grado.

AUTORES



Inca Monar Maritza Yessenia

C.I: 210065577-4



Salambay Landacay Erick Santiago

C.I: 220007492-6

DERECHO DE AUTOR

La Universidad Estatal Amazónica puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

AUTORES



Inca Monar Maritza Yessenia

C.I: 210065577-4



Salambay Landacay Erick Santiago

C.I: 220007492-6

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Certifico que el siguiente trabajo fue realizado por la **Srta. Inca Monar Maritza Yessenia** y el **Sr. Salambay Landacay Erick Santiago**, egresados de la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad Estatal Amazónica, bajo mi supervisión en calidad de director del proyecto de titulación: **“PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA LOTIZACIÓN DE EMPLEADOS DE LA COOPERATIVA DE LA PEQUEÑA EMPRESA DE PASTAZA LTDA”**, previo a la obtención del título de Ingenieros Ambientales.



MSc. Peñafil Arcos Pedro Andrés

C.I.: 160037398-7

Director del proyecto



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND



Oficio No. 119-SAU-UEA-2020

Puyo, 29 de enero de 2020

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Proyecto de Investigación correspondiente a los egresados INCA MONAR MARITZA YESSENIA con C.I.2100655774 y SALAMBAY LANDACAY ERICK SANTIAGO con C.I 2200074926 con el Tema: **“PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA LOTIZACIÓN DE EMPLEADOS DE LA COOPERATIVA DE LA PEQUEÑA EMPRESA DE PASTAZA LTDA”**, de la carrera, Ingeniería Ambiental. Director del proyecto MsC. Peñafiel Pedro ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 3 %, Informe generado con fecha 29 de enero de 2020 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Ing. Atalo Marcelo Lara Pilco MSc.

ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El proyecto de investigación y desarrollo, titulado: “ **PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA LOTIZACIÓN DE EMPLEADOS DE LA COOPERATIVA DE LA PEQUEÑA EMPRESA DE PASTAZA LTDA**”, fue aprobado por los siguientes miembros del tribunal.



Dr. Abreu Reinier

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



MSc. Rodriguez Leo

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



MSc. Bonilla Jorge

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

Damos gracias a Dios por darnos siempre esa fortaleza y refugio en los momentos difíciles. Agradecemos infinitamente a nuestros padres por el apoyo incondicional que nos han brindado durante todo el proceso de formación académica, gracias a sus palabras de aliento hemos podido superar muchos obstáculos, de igual manera gracias a los consejos de nuestros abuelitos. Es muy grato agradecer a todos los docentes que han sido parte de esta formación, que día a día nos han compartido sus conocimientos y experiencias, mediante las cuales nos hemos formado como profesionales. Y especialmente gracias a nuestro tutor MSc. Pedro Peñafiel por guiarnos y direccionarnos durante todo el desarrollo del proyecto de titulación.

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados, a nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos, por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral y económico, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas. A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

RESUMEN EJECUTIVO

La propuesta establecida en el presente proyecto, comprendió la formulación y dimensionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales para la lotización de empleados de la Cooperativa de la Pequeña Empresa de Pastaza LTDA, a partir de la dotación diaria de agua potable adoptada bibliográficamente para el cálculo de caudales de acuerdo al número máximo de habitantes de la zona de estudio, para lo cual se estableció que la planta está compuesta de los siguientes procesos; cribado y desarenado, fosa séptica, filtro percolador, decantador secundario y como último proceso la desinfección del agua, se propone la instalación de dos lámpara de luz ultra violeta de 12GPM a la salida del decantador secundario, la planta cuenta también con una área para la disposición de los lodos que se genera. La selección de la alternativa para el proceso de tratamiento secundario de las aguas residuales se realizó mediante la metodología de matrices de priorización. De acuerdo al estudio realizado podemos mencionar que el área que ocupará esta planta de tratamiento de aguas residuales es de 86m² y para la respectiva ejecución y puesta en marcha será necesario un presupuesto aproximado de 57.032,88 \$ dólares americanos, la misma que se obtuvo en base a cotizaciones realizadas en diferentes centros comerciales.

PALABRAS CLAVES

Agua residual, tratamiento de agua, filtro percolador, dotación, dimensionamiento, carga orgánica, eficiencia.

ABSTRACT

According to the proposal established in this project, the sizing of a wastewater treatment plant was carried out for the lotization of employees of the Pastaza Small Business Cooperative LTDA, from the daily supply of drinking water for the calculation of flow rates according to the maximum number of inhabitants of the study area, for which it was established that the plant is composed of the following processes; screening and sandblasting, septic tank, percolator filter, secondary decanter and finally the water disinfection was installed two ultra violet 12GPM light lamp at the exit of the secondary decanter, the plant also has an area for sludge disposal It is generated. The selection of the alternative for the wastewater treatment process was made using the prioritization matrix methodology. According to the study, we can mention that the area that this wastewater treatment plant will occupy is 86m² and for the respective execution and commissioning a budget of US \$ 57,032.88 will be necessary, the same one that was obtained based on Quotes made in different shopping centers.

KEYWORDS

Waste water, water treatment, percolator filter, equipment, sizing, organic load, efficiency.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.4. OBJETIVOS	4
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	4
1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	4
CAPÍTULO II.....	5
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	5
2.1. ANTECEDENTES	5
2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
2.2.1. AGUAS RESIDUALES	7
2.2.2. AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA.....	7
2.2.3. ORIGEN DE LAS AGUAS RESIDUALES	8
2.2.4. CAUDALES.....	8
2.2.5. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	8
2.2.6. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	12
2.2.7. TIPOS DE TRATAMIENTOS.....	12
2.2.8. TRATAMIENTO DE LODOS.....	19
2.2.9. LOTIZACIÓN	20
2.2.10. NORMATIVA AMBIENTAL VIGENTE DE DESCARGA A CUERPOS DE AGUA DULCE.....	20
CAPÍTULO III	24
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
3.1. LOCALIZACIÓN.....	24
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	25
3.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	25
3.3.1. MÉTODO PARA EL OBJETIVO 1	26
3.3.2. MÉTODO PARA EL OBJETIVO 2	30
3.3.3. MÉTODO PARA EL OBJETIVO 3	33
CAPÍTULO IV	49

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
4.1.	RESULTADO OBJETIVO 1.....	49
4.1.1.	NÚMERO DE HABITANTES POR HOGAR	49
4.1.2.	DOTACIÓN	49
4.1.3.	CAUDALES.....	52
4.2.	RESULTADO OBJETIVO 2.....	52
4.2.1.	COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS	52
4.2.2.	PONDERACIÓN DE LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN ESTABLECIDOS.....	54
4.3.	RESULTADO OBJETIVO 3.....	55
4.3.1.	OBRAS DE LLEGADA.....	55
4.3.2.	DIMENSIONAMIENTO DE LA DE REJILLA.....	56
4.3.3.	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CRIBADO	56
4.3.4.	DIMENSIONAMIENTO DEL DESARENADOR	56
4.3.5.	DIMENSIONAMIENTO DE LA FOSA SÉPTICA	57
4.3.6.	DIMENSIONAMIENTO DEL FILTRO PERCOLADOR.....	59
4.3.7.	DIMENSIONAMIENTO DEL DECANTADOR SECUNDARIO	60
4.3.8.	DESINFECCIÓN	61
4.3.9.	DIMENSIONAMIENTO DEL LECHO DE SECADO DE LODOS	61
4.3.10.	ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO AMBIENTAL DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS	62
4.4.	DISCUSIÓN	66
	CAPITULO V.....	68
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
5.1.	CONCLUSIONES	68
5.2.	RECOMENDACIONES.....	69
	CAPÍTULO VI.....	70
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	70
	CAPÍTULO VII.....	76
7.	ANEXOS.....	76
7.1.	CÁLCULO DE CAUDALES	76
7.1.1.	CAUDAL MEDIO DIARIO (L/S)	76
7.1.2.	CAUDAL MÍNIMO	76
7.1.3.	CAUDAL PUNTA	76
7.2.	DIMENSIONAMIENTO DE LA REJILLA	76
7.2.1.	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CRIBADO	77

7.2.2.	DIMENSIONAMIENTO DEL DESARENADOR.....	77
7.3.	DIMENSIONAMIENTO DE LA FOSA SÉPTICA.....	78
7.4.	DIMENSIONAMIENTO DEL FILTRO PERCOLADOR	79
7.5.	DIMENSIONAMIENTO DEL LECHO SECADO DE LODOS	80
7.6.	COSTOS DE LA INFRAESTRUCTURA	82
7.6.1.	LUGAR DE ESTUDIO	82
7.6.2.	COTIZACIÓN DE LA FOSA SÉPTICA.....	83
7.6.3.	COTIZACIÓN DEL DESARENADOR	83
7.6.4.	COTIZACIÓN DEL LECHO DE SECADO DE LODOS.....	84
7.6.5.	COTIZACIÓN DE LÁMPARA UV – 12GPM	84
7.7.	REGISTROS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE	85
7.8.	MATRIZ DE PONDERACIÓN DE ALTERNATIVAS	86
7.9.	PLANIMETRÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO	88
7.10.	ESQUEMA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Composición típica de las aguas residuales domésticas.....	11
Tabla 2.	Ventajas y desventajas del filtro percolador.....	15
Tabla 3.	Ventajas y desventajas de filtro anaerobio de flujo ascendente.	17
Tabla 4.	Ventajas y desventajas de lodos activados.	18
Tabla 5.	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	23
Tabla 6.	Coordenadas geográficas.....	25
Tabla 7.	Promedio de la población por Hogar.	26
Tabla 8.	Escala de valores por el método de matrices de priorización.....	32
Tabla 9.	Ponderación de Criterios.	32
Tabla 10.	Ponderación de Alternativas.....	33
Tabla 11.	Matriz de selección.....	33
Tabla 12.	Criterios de diseño de las rejillas de desbaste.....	34
Tabla 13.	Tiempo de retención hidráulica.	38
Tabla 14.	Valores de la tasa de acumulación de lodos.	39
Tabla 15.	Datos de partida para el filtro percolador.	42
Tabla 16.	Aportes per cápita para aguas residuales domésticas.	43
Tabla 17.	Aporte de caudales de las tres plantas de agua potable.	49
Tabla 18.	Registro y clasificación de usuarios de agua potable de la ciudad de Puyo.	49
Tabla 19.	Datos del caudal distribuido para la categoría residencial.	50
Tabla 20.	Dotación de agua potable por persona en la parroquia Puyo.	50
Tabla 21.	Temperatura media anual para la determinación del tipo de clima.....	51
Tabla 22.	Dotación de agua para el consumo doméstico.....	51
Tabla 23.	Caudales determinados	52

Tabla 24. Comparación de las alternativas en base a los criterios de selección.....	52
Tabla 25. Matriz de pares para la comparación de criterios de selección.	54
Tabla 26. Comparación de alternativas de acuerdo al factor de ponderación.	54
Tabla 27. Elección de la alternativa en función de los criterios de selección.	55
Tabla 28. Datos preliminares.....	55
Tabla 29. Dimensiones de la rejilla.	56
Tabla 30. Dimensiones del sistema de cribado.....	56
Tabla 31. Dimensiones del desarenador.	57
Tabla 32. Datos preliminares de la fosa séptica.	57
Tabla 33. Dimensiones de la fosa séptica.....	58
Tabla 34. Dimensiones del filtro percolador.	59
Tabla 35. Deducción de valores y medidas del lecho de secado de lodos.....	61
Tabla 36. Cotización del cribado y desarenador.....	62
Tabla 37. Cotización de la fosa séptica.	62
Tabla 38. Cotización del filtro percolador.....	63
Tabla 39. Cotización del decantador.	63
Tabla 40. Cotización del lecho de secado de lodos.	64
Tabla 41. Cotización de la lámpara UV.....	64
Tabla 42. Cotización total de la planta de tratamiento.	64
Tabla 43. Impactos ambientales	65
Tabla 44. Eficiencia de remoción.	86
Tabla 45. Análisis de costo de inversión.	86
Tabla 46. Análisis de mantenimiento.	86
Tabla 47. Análisis de Espacio.....	87
Tabla 48. Análisis de operatividad.	87
Tabla 49. Análisis de consumo energético.	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema del filtro percolador	15
Figura 2. Sistema del filtro anaeróbico de flujo ascendente.....	16
Figura 3. Sistema de lodos activados.	18
Figura 4. Ubicación del área de estudio.	24
Figura 5. Registro clasificación de usuarios de agua potable de la parroquia Puyo.	50
Figura 6. Área de la lotización.	82
Figura 7. Levantamiento de datos geográficos.....	82

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación (1): Número de habitantes.....	26
Ecuación (2): Caudal medio diario	27
Ecuación (3): Caudal doméstico.....	28
Ecuación (4): Caudal de infiltración.....	29

Ecuación (5): Conexiones erradas	29
Ecuación (6): Caudal mínimo	29
Ecuación (7): Caudal punta	30
Ecuación (8): Área del canal.....	34
Ecuación (9): Profundidad o ancho de la zona de la rejilla	35
Ecuación (10): Pérdida de carga en la rejilla	35
Ecuación (11): Número de barrotes	35
Ecuación (12): Profundidad del desarenador.....	36
Ecuación (13): Velocidad de lavado.....	36
Ecuación (14): Limpieza hidráulica.....	37
Ecuación (15): Área hidráulica.....	37
Ecuación (16): Ancho	37
Ecuación (17): Longitud útil.....	37
Ecuación (18): Contribución diaria	38
Ecuación (19): Volumen útil de la fosa séptica	39
Ecuación (20): Profundidad útil.....	40
Ecuación (21): Longitud total de la fosa séptica	40
Ecuación (22): Longitud del primer compartimiento	41
Ecuación (23): Longitud del segundo compartimiento	41
Ecuación (24): Borde superior de los orificios de paso.....	41
Ecuación (25): Borde superior de los orificios	41
Ecuación (26): Altura total	41
Ecuación (27): Porcentaje de remoción de DBO5.....	42
Ecuación (28): Carga total del DBO5.....	42
Ecuación (29): Eficiencia de remoción.....	43
Ecuación (30): Volumen del filtro percolador.....	43
Ecuación (31): Área del filtro percolador	44
Ecuación (32): Diámetro del filtro.....	44
Ecuación (33): Volumen del relleno necesario.....	44
Ecuación (34): Volumen del decantador	44
Ecuación (35): Carga de sólidos	46
Ecuación (36): Carga per cápita	46
Ecuación (37): Masa de sólidos.....	47
Ecuación (38): Volumen de lodos digeridos	47
Ecuación (39): Volumen de lodos a extraer	47
Ecuación (40): Área del lecho de secado.....	48

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación muestra la realidad de las aguas residuales desde lo macro a lo micro, dando como resultado una perspectiva amplia de la problemática que se está viviendo en la actualidad y la necesidad de hacerle frente a estos problemas ambientales que de cierta manera aun pasan desapercibidos ante la sociedad y las autoridades gubernamentales de turno, ya sea por falta de conciencia ambiental, por el desinterés del mismo o no cuentan con los recursos económicos necesarios. A nivel global existe una gama amplia en sistemas de depuración de las aguas residuales, se propone una serie de procesos de tratamiento de acuerdo a las características típicas de estas aguas residuales de origen doméstico, así como la tecnología accesible a la localidad. Los procesos que se presenta van en el siguiente orden, partiendo de un cribado, fosa séptica, filtro percolador, sedimentador y finalmente la desinfección a través de lámparas de rayos ultravioleta; estos procesos permitirán el cumplimiento de los límites de descarga permisibles a cuerpos de agua dulce establecidos dentro de la normativa ambiental vigente ecuatoriana. Cabe mencionar que el tratamiento secundario será seleccionado de acuerdo a seis criterios que se consideró importante, los mismos que fueron comparadas entre tres alternativas en base al tratamiento secundario. También presentemos un análisis técnico – económico ambiental, a través de cotizaciones de los equipos y materiales para la infraestructura necesaria del tratamiento respectivo de las aguas generadas teniendo en cuenta un análisis ambiental. El fin de la construcción de esta planta de tratamiento de aguas residuales es garantizar la conservación de los recursos hídricos, la vida de la flora y fauna silvestre, así como también evitar la propagación de enfermedades vectoriales ya que si se efectúa la contaminación de estos cuerpos hídricos, serian un foco de atención de los diferentes vectores transmisores de enfermedades y con esto también perjudica a las comunidades rio abajo que utilizan diariamente este recurso hídrico para satisfacer las necesidades del hogar. Para el tratamiento de las aguas residuales domésticas de una forma óptima se debe considerar nuevas tecnologías, nuevos procesos y en general nuevas líneas de tratamiento, debido a que la composición de aguas residuales verdaderamente domésticas ha cambiado con la entrada en el mercado de una serie de productos nuevos, accesibles al ama de casa, tales como detergentes sintéticos y otros (Jiménez , Lora, & Ramalho, 2003).

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La contaminación del recurso hídrico es eminente debido a la ausencia de sistemas de depuración de las aguas residuales y en el caso de que exista muchos de estos son deficientes. A nivel global se generan alrededor de 2.212 km³ de aguas residuales al año las mismas que son liberadas en forma de efluentes municipales e industriales y agua de drenaje agrícola y es probable que más del 80% de las aguas residuales se liberen al ambiente sin un tratamiento adecuado, afectando peligrosamente a comunidades rurales que depende de la pesca de agua dulce (UNESCO, 2017). En cuanto a la depuración de las aguas residuales en Latinoamérica representa un 20% a diferencia de los países desarrollados que alcanzan una depuración aproximada de tres veces mayor en relación al valor antes mencionado (UNESCO, 2017).

El crecimiento poblacional es cada vez más abundante en la ciudad de Puyo y por lo tanto la demanda de consumo de agua por habitante incrementa, surgiendo así esta problemática ambiental de la contaminación del agua, que al no ser gestionada adecuadamente podría generar problemas ambientales como, propagación de enfermedades transmisibles por vía hídrica, limitación del uso del agua para fines recreativos, reducción de las posibilidades de su empleo industrial y agropecuario, incidencia sobre la producción de productos alimenticios, acción carcinogénica, limitación para el uso directo posterior ya que va a requerir unos procesos de potabilización complejos y de coste muy elevado, efectos nocivos sobre la fauna y flora del cauce receptor, pudiendo llegar a causar la desaparición de determinadas especies (Rodríguez, 2016). Por ende, con la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales en la lotización de empleados de la cooperativa de la pequeña empresa de Pastaza LTDA., se evitará los problemas mencionados anteriormente. Para la ejecución del proyecto se debe tener en cuenta que gran porcentaje del terreno según estudios topográficos existe una leve pendiente, situándose bajo las cotas del sistema de alcantarillado, por lo tanto según análisis previos realizados existe una diferencia de alturas que imposibilita la conexión a la red de alcantarillado más cercano, por lo que se requiere la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales para que trate estas aguas generadas por las viviendas pasando por los procesos de depuración para posteriormente proceder a verter el agua tratada de una manera responsable a un estero que se encuentra cerca del área y éste a su vez desemboca en el río Pindo Chico.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El tratamiento de aguas residuales es muy importante debido a que el agua es un recurso vital de todos los seres vivos, por lo que el saneamiento e higiene es una responsabilidad de todos los que hacemos uso de ella en las diferentes actividades que realizamos diariamente. Por este motivo, es muy fundamental el tratamiento de aguas residuales de la lotización con la finalidad de cumplir con la Ordenanza de regulación y control de agua potable y alcantarillado del cantón Pastaza, en donde menciona que en los lugares en los que no se dispone o no sea posible realizar a corto plazo la instalación de servicios de alcantarillado, se deberá recurrir a soluciones individuales de tratamiento y disposición (Ordenanza municipal, 2012). Por otra parte, cumplir con los límites permisibles de descarga de algunos parámetros presentes en las aguas de origen doméstico tales como: sólidos sedimentables DBO₅, DQO, sólidos totales, nitrógeno, fosfatos, aceites y grasas, coliformes fecales, etc. Con la implementación de este sistema de tratamiento de aguas residuales se va a evitar la alteración de los cuerpos de agua y por lo tanto conservar la vida acuática.

La demanda mundial de agua se espera que siga aumentando a un ritmo parecido hasta 2050, lo que representa un incremento del 20 al 30% por encima del nivel actual de uso del agua, debido principalmente al aumento de la demanda en los sectores industrial y doméstico. (UNESCO, 2019).

La lotización de empleados de la cooperativa de la pequeña empresa de Pastaza LTDA., que se pretende construir a futuro, según el proyecto la lotización tiene una capacidad para 65 familias, se encuentra dentro del casco urbano de la ciudad de Puyo, el tipo de aguas residuales que generarán estas instalaciones son de tipo domiciliaria, las cuales están direccionadas a la depuración mediante la implementación de un sistema óptimo para que estos fluidos no ocasionen alteraciones al medio ambiente al ser descargados a los cuerpos de agua dulce de la localidad, y de esta manera evitar amenazas al sensible equilibrio ecológico presente en este ecosistema y a la salud humana contribuyendo con los objetivos del desarrollo sostenible. La lotización de empleados de la cooperativa de la pequeña empresa de Pastaza LTDA., obligatoriamente debe contar con un sistema de tratamiento de aguas residuales, caso contrario el proyecto urbanístico no se aprueba, ya que hoy en día la problemática de la contaminación del agua es muy global y nos vemos obligados a contribuir con su respectivo saneamiento, debido a que este es un recurso vital. Con la implementación del sistema de tratamiento de agua residuales en la lotización se reducirá los contaminantes presentes en el agua después de haber pasado por un debido proceso de saneamiento y

cumpla con los límites de descarga permisibles a los cuerpos de agua dulce y por ende no ocasionen la alteración de los mismos, así como también del suelo, flora y fauna silvestre. De esta manera se estaría contribuyendo con la conservación de los servicios ecosistémicos.

Dado el caso de que no se ejecute el sistema de tratamiento de aguas residuales en la lotización va a contribuir a la contaminación ambiental por motivo que no se le está dando un previo tratamiento antes de ser descargada, generándose una problemática más grande y dando origen a otros problemas tales como, malos olores, presencia de vectores entre otros.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo influye la propuesta de un diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para disminuir la contaminación de los cuerpos hídricos y de esta manera evitar afectaciones a la fauna acuática y evitar enfermedades a las comunidades aledañas?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Proponer un sistema de tratamiento de aguas residuales para la lotización de empleados de la cooperativa de la pequeña empresa de Pastaza LTDA., ubicada en el barrio el Dorado en la ciudad de Puyo para disminuir la contaminación de los cuerpos hídricos de la zona.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Estimar los caudales necesarios para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la lotización de empleados de la cooperativa de la pequeña empresa de Pastaza LTDA. en la ciudad de Puyo.
- Comparar diferentes alternativas de procesos de tratamiento secundario para las aguas residuales caracterizadas mediante fuentes bibliográficas.
- Desarrollar el diseño hidráulico y estructural del proceso de tratamiento seleccionado mediante un análisis técnico-económico ambiental.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. ANTECEDENTES

El crecimiento demográfico en los centros poblados demanda de una serie de servicios de primera necesidad, como energía eléctrica, acceso vial, acceso al agua potable, alcantarillado y así como también el servicio de depuración de aguas residuales.

La lotización de empleados de la cooperativa de la pequeña empresa de Pastaza LTDA., está ubicada en el barrio el Dorado, colindando con el hospital militar de Pastaza, en el paso lateral vía a la Shell y la calle Pacayacu. Esta lotización tiene proyectado construir aproximadamente unas 65 viviendas la misma que cuenta con un área de 13.472,20 m².

En la actualidad millones de personas carecen aún de una fuente adecuada de agua potable, mientras que un número aún mayor sufre la carencia de instalaciones seguras y dignas para la eliminación de las heces. Muchas personas sin acceso a servicios se concentran en áreas periurbanas, principalmente en los cinturones de pobreza que surgen en la periferia de muchas de las ciudades de la región. Ha resultado difícil proporcionarles servicios de calidad aceptable a estas áreas marginales (UNESCO, 2019).

La demanda de este recurso hídrico cada vez va en aumento, aunque las proyecciones específicas pueden variar un poco, el análisis actual sugiere que gran parte de este crecimiento se atribuirá al sector industrial y doméstico (Burek et al., 2016). La disponibilidad de agua significa que el abastecimiento de agua es suficiente y continuo para usos personales y domésticos, incluyendo consumo, lavado de ropa, preparación de alimentos e higiene personal y doméstica (CESCR, 2002). El tratamiento eficaz de las aguas residuales es esencial para la buena salud pública. En 2010, las Naciones Unidas reconocieron "el derecho al agua potable limpia y segura y al saneamiento como un derecho humano que es esencial para el pleno disfrute de la vida y todos los derechos humanos (ONU, 2019).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2017), se necesitan aproximadamente 50 litros de agua por persona al día para garantizar que se satisfagan las necesidades más básicas y se mantengan en un nivel bajo los riesgos de salud pública. Sin embargo, a nivel nacional 10 GAD Provinciales consideran como la principal afectación ambiental la contaminación del agua, la misma que representa un 41,7% a nivel nacional. (INEC, 2017). En 2017, el

60,3% de municipios dispone el agua residual no tratada en los ríos, mientras que el 38,4% en quebradas. Se observa un incremento de la disposición en quebradas. (INEC, 2017). En 2017, el 57% de municipios cuentan con alcantarillado diferenciado, es decir, tienen alcantarillado sanitario y pluvial, mientras que el 3,6% no poseen alcantarillado. Entre 2015 y 2017, se observa un incremento de municipios que cuentan con alcantarillado diferenciado (INEC, 2017).

La ciudad de Puyo en la actualidad no cuenta con la infraestructura necesaria para depurar la cantidad de aguas residuales emitida por la ciudadanía, es por eso que existe una elevada contaminación de los cuerpos hídricos debido a que los gobiernos autónomos descentralizados no cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales, debido a que se encuentra en etapas de construcción, por lo tanto, las aguas residuales son canalizadas al sistema de alcantarillado y posteriormente son descargadas directamente en los diferentes ríos tales como, el río Puyo, Pindo Chico, Pindo Grande, entre otros. Por otra parte, la propuesta de implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales dentro de la lotización de empleados de la cooperativa de la pequeña empresa de Pastaza LTDA. es muy importante y necesario, ya que es la única manera de evitar la contaminación a los recursos hídricos y así garantizar una vida saludable de los ríos y por ende a las comunidades río abajo las mismas que aún se sirven de estos ríos para satisfacer sus necesidades básicas, usándola para aseo personal, lavado de vajillas, lavandería, pesca y muchas veces para consumo.

En vista de que la planta de tratamiento de la Parroquia solo alberga una gran parte de aguas residuales del sector urbano, sin embargo existen áreas del territorio que por la lejanía necesitan sistemas de tratamientos a pequeña escala, como es el caso de la lotización que se encuentra alejada del sistema de alcantarillado y a su vez pasa por una zona muy alta por lo que se ven obligados a realizar una excavación aproximadamente de 6m para lograr su conexión, esto implicaría el gasto de recursos económicos la cual no es técnicamente viable, por lo tanto lo más factible es la construcción del sistema de tratamiento de aguas residuales dentro de la lotización que se ajuste de acuerdo a algunas variables como, recursos económicos, al área disponible, infraestructura amigable con el ambiente, eficiencia energética y de depuración.

2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.2.1. AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas que se realizan diariamente y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado (Quispe , 2018).

Estas aguas se caracterizan por lo general por ser residuos líquidos de viviendas, zonas residenciales, establecimientos comerciales o institucionales. Estas, además, se pueden subdividir en:

2.2.1.1. AGUAS NEGRAS

Se caracterizan por ser aguas que son transportadas de la orina y lo proveniente del inodoro (Pulido et al, 2014).

2.2.1.2. AGUAS GRISES

Las aguas grises se caracterizan por ser aguas jabonosas las cuales pueden contener grasas, provenientes de la ducha, tina, lavamanos, lavaplatos, lavadero y lavadora (Pulido et al, 2014).

2.2.1.3. AGUAS BLANCAS

Son aguas procedentes de drenajes o de escorrentias superficiales, caracterizándose por grandes aportaciones intermitentes y escasa contaminación. Las cargas contaminantes se incorporan al agua al atravesar la lluvia, la atmósfera o por el lavado de superficies y terrenos (Hernández, 2007).

2.2.2. AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

Las Aguas residuales domésticas (ARD) se caracterizan por contener material suspendido y disuelto, orgánico e inorgánico que, de acuerdo con el tipo de constituyente, se clasifican en: a) Convencionales (sólidos suspendidos y coloidales, materia orgánica carbonácea, nutrientes y microorganismos patógenos); b) No convencionales (orgánicos refractarios, orgánicos volátiles, surfactantes, metales, sólidos disueltos) y c) Emergentes (medicinas,

detergentes sintéticos, antibióticos veterinarios y humanos, hormonas y esteroides, etc.) (Torres, 2012).

Con la ausencia de tratamiento, las aguas negras son por lo general vertidas en aguas superficiales, creando un riesgo elevado que afecta la salud humana, la ecología y los animales. En Latinoamérica, muchas corrientes son receptoras de descargas directas de residuos domésticos e industriales (Reynolds, 2002).

2.2.3. ORIGEN DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales, como se menciona anteriormente pueden tener múltiples orígenes según su procedencia, entre esos podemos obtener que sea de origen doméstico, industrial, pecuario, agrícola, recreativo, entre otras, los cuales determinan sus características que estas aguas puedan tener (Pulido et al, 2014).

2.2.4. CAUDALES

2.2.4.1. CAUDAL DE INFLITRACIÓN

Son las aguas de lluvias o freáticas que ingresan a la red de alcantarillado sanitario, a través de juntas y conexiones defectuosas, de las tapas de los pozos de revisión y cajas domiciliarias (IEOS, 1986). A continuación, se presenta una serie de aspectos que se debe considerar para la determinación del caudal de infiltración: permeabilidad del suelo, nivel freático, precipitación anual, tipo de alcantarilla y estado de la red (Méndez, 2011).

2.2.4.2. CONEXIONES ERRADAS

Las conexiones erradas (drenajes de aguas lluvias conectados a la red sanitaria en zonas donde hay alcantarillado separado), pueden sumar al flujo de aguas residuales, unos 0,2 L/s*ha. Por otra parte en época de invierno, si se tiene una red de alcantarillado unitario (llamado también “combinado”), el aporte de aguas lluvias puede estimarse en unos 2 L/s*ha (Lozano, 2012).

2.2.5. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales presentan diferentes características fisicoquímicas las cuales se debe considerar para una gestión adecuada, un mal manejo se debería a la mala caracterización de las aguas, ya que impide seleccionar correctamente los tratamientos y aplicar criterios adecuados para el diseño (Pulido et al, 2014).

A continuación, se deben tener en cuenta:

2.2.5.1. MATERIA ORGÁNICA

Son fracciones relevantes que se dan de los elementos contaminantes en las aguas residuales domésticas y municipales, debido a que se refleja como la causante del agotamiento de oxígeno de los cuerpos de agua, está compuesta principalmente por CHONS (Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno y Azufre) constituyendo las proteínas (restos de origen animal y vegetal), los carbohidratos (restos de origen vegetal), los aceites y grasas (residuos de cocina e industria) y los surfactantes (detergentes) (Pulido et al, 2014).

2.2.5.2. OXÍGENO DISUELTO

Es un parámetro fundamental que se contempla en el ecosistema acuático y su valor debería estar por encima de los 4 mg/L para asegurar la sobrevivencia de los organismos superiores. El oxígeno se utiliza como indicador fundamental de la contaminación para los cuerpos hídricos. Para el correcto funcionamiento de los tratamientos aerobios de las aguas residuales, es necesario asegurar una concentración mínima de 1 mg/L (Pulido et al, 2014).

2.2.5.3. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO)

Es una medida indirecta de la cantidad de materia orgánica contenida en una muestra de agua, se usa para determinar el consumo de oxígeno que realizan los microorganismos para degradar los compuestos biodegradables (Pulido et al, 2014).

2.2.5.4. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

También una medida indirecta de la cantidad de materia orgánica contenida en una muestra de agua. A diferencia de la DBO5, esta prueba emplea un oxidante fuerte (dicromato de potasio – $K_2Cr_2O_7$) en un medio ácido (ácido sulfúrico – H_2SO_4) en vez de microorganismos (Pulido et al, 2014).

2.2.5.5. SÓLIDOS

La materia orgánica se presenta en forma de sólidos. Estos sólidos se clasifican en suspendidos (SS) o disueltos (SD), los que también pueden ser volátiles (SV), los cuales se presumen orgánicos, o fijos (SF) que suelen ser inorgánicos. Parte de los sólidos suspendidos

pueden ser también sedimentables (SSed). Se determinan gravimétricamente (por peso) (Pulido et al, 2014).

2.2.5.6. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (PH)

La actividad biológica se desarrolla dentro de un intervalo de pH generalmente estricto. Un pH que se encuentre entre los valores de 5 a 9. De esta manera, un efluente con pH adverso puede alterar la composición y modificar la vida biológica de los cuerpos de aguas. También es más difícil de tratar por métodos biológicos, que sólo pueden realizarse entre valores de pH de 6,5 a 8,5. Las aguas residuales urbanas suelen tener un pH próximo al neutro. Aparte del efecto directo, el pH tiene un efecto indirecto, influenciando la toxicidad de algunas sustancias (Espigares & Pérez, 1985).

2.2.5.7. NITRÓGENO

Este componente también está presente en las aguas residuales bajo diferentes estados químicos, por lo tanto, está sujeto a múltiples transformaciones según las condiciones del medio. En las aguas residuales, el nitrógeno se presenta principalmente en la forma de nitrógeno amoniacal, el mismo que sirve como nutriente para los microorganismos, incorporándose a su masa en el proceso de crecimiento biológico (Manga et al, 2007).

2.2.5.8. FÓSFORO

Los componentes del fósforo son uno de los componentes característicos de los seres vivos. Estos se encuentran presentes en diversas coenzimas e intermediarios que actúan en los procesos metabólicos llevados a cabo por cada organismo. Adicionalmente, por pertenecer al grupo de nutrientes, se los encuentra en residuos de las industrias alimentarias y de fertilizante (Manga et al, 2007).

2.2.5.9. COLIFORMES FECALES

Los coliformes fecales constituyen un grupo heterogéneo con hábitat primordialmente intestinal para la mayoría de las especies que involucra. El grupo de bacterias coliformes totales comprende todos los bacilos Gram-negativos aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados, que fermentan la lactosa con producción de gas en un lapso máximo de 48 h. a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Este grupo está conformado por 4 géneros principalmente: *Enterobacter*, *Escherichia*, *Citrobacter* y *Klebsiella* (Camacho et al, 2009).

2.2.5.10. DETERGENTES

La estructura de los detergentes se compone de dos partes: una llamada lipofílica y la otra, hidrofílica.

- > **Parte lipofílica:** tiene afinidad con grasas y aceites y se encarga de ubicarlos cuando se aplica un detergente.
- > **Parte hidrofílica:** tiene afinidad con el agua y les da a los detergentes la característica de mantener sus capacidades limpiadoras en el agua.

Por lo general se les atribuye a los detergentes la capacidad de modificar la tensión superficial del agua para llevar a cabo el proceso limpiador. Los detergentes contienen ácidos, fosfatos o álcalis y pueden llegar a utilizarse como elementos antisépticos. Tienen diferentes aplicaciones, que van desde los detergentes para lavar la ropa hasta detergentes para alfombras (Quiminet, 2011).

Tabla 1. Composición típica de las aguas residuales domésticas.

Parámetro	Magnitud
DBO	220 mg/L
DQO	500 mg/L
COT	160 mg/L
Sólidos totales	720 mg/L
Sólidos disueltos	500 mg/L
Sólidos disueltos volátiles	200 mg/L
Sólidos suspendidos	220 mg/L
Sólidos suspendidos volátiles	165 mg/L
Sólidos sedimentables	10 ml/L
Nitrógeno total	40 mg/L-N
Nitrógeno orgánico	15 mg/L-N
Nitrógeno amoniacal	25 mg/L-N
Fósforo total	8 mg/L-P
Fósforo orgánico	3 mg/L-P
Fósforo inorgánico	5 mg/L-P
Grasas	100 mg/L

Fuente: (Romero , 2010).

2.2.6. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales presentan diferentes características microbiológicas, las mismas que aportan una gran cantidad de materia orgánica que es aprovechado en forma de alimento para los microorganismos como los hongos, protozoos y bacterias encargados de la descomposición. A continuación, se deben tener en cuenta:

2.2.6.1. BACTERIAS

Microorganismos unicelulares corresponsables de la mineralización y estabilización de la materia orgánica presente en las aguas residuales. Su reproducción es asexualmente por mitosis y pertenecen a los protistas inferiores. Su dimensión es variable, aunque ordinariamente están por debajo de 0,5 – 1,5 μm de ancho por 10 μm de largo. En términos generales, las bacterias hidrolizan la materia orgánica –proteínas, carbohidratos, lípidos, entre otros, y la transforman en sustancias simples solubles como, aminoácidos, monosacáridos, etc (Manga et al, 2007).

2.2.6.2. HONGOS

Los hongos son microorganismos que prevalecen en las aguas residuales de tipo industrial debido que toleran a valores de pH bajos y a la escasez de nutrientes (Pulido et al, 2014).

2.2.6.3. PROTOZOOS

Generalmente se nutren de bacterias y materia orgánica llevando a cabo una cadena trófica dentro del sistema, con el fin de mejorar la calidad microbiológica de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales (Pulido et al, 2014).

2.2.7. TIPOS DE TRATAMIENTOS

Los tipos de tratamiento en los cuales prevalecen los fenómenos físicos se conocen como operaciones unitarias, cabe mencionar que algunos otros métodos de eliminación de los contaminantes se realiza en base en procesos químicos o biológicos, los mismos que se conocen como procesos unitarios mediante sustancias nocivas que son removidas o transformadas en sustancias inocuas. Las principales operaciones unitarias utilizadas en la depuración del agua son las siguientes; cribado, sedimentación, flotación, filtración,

desinfección, entre otras. Actualmente existe la tendencia de agrupar los métodos de tratamiento en dos grandes grupos e independientemente de la eficiencia de remoción de la carga orgánica: operaciones unitarias y procesos unitarios (Rojas, 2002).

2.2.7.1. PRETRATAMIENTO

El pretratamiento, aunque no es parte de un tratamiento con el que se minimice la carga contaminante de los vertidos, si desempeña un papel esencial en la medida en que elimina elementos que pueden producir declives en la eficiencia del tratamiento y, quizá lo más importante, resguarda los equipos, partes y unidades de la depuradora de daños que pueden resultar funestos para el correcto funcionamiento de la planta y del sistema de evacuación y transporte de aguas residuales, en general (Lozano, 2012).

SISTEMA DE REJILLAS

El propósito elemental de aquellos dispositivos es permitir el desarrollo eficaz de tratamientos posteriores, los mismo que pueden ser de limpieza manual o mecánica. Se recomienda instalar rejillas de limpieza manual para gastos menores a 50 L/s; cuando el gasto es mayor o igual, es conveniente utilizar rejillas con limpieza mecánica (Quevedo, 2006).

DESARENADOR

El desarenador es una obra hidráulica, que sirve para sedimentar partículas de gran tamaño que tienden a sedimentarse en poco tiempo, o material sólido suspendido en el agua, de la conducción. Las partículas se mantienen en suspensión debido a que la velocidad de entrada en la bocatoma es elevada y suficiente para arrastrar partículas sólidas (Ortíz, 2011).

2.2.7.2. TRATAMIENTO PRIMARIO

Este proceso tiene como objetivo eliminar por efecto de la gravedad, los sólidos suspendidos de las aguas residuales; se obtiene bien sea de manera libre, o asistida con químicos que agrupan las partículas (floculantes) para que ganen peso y decanten con mayor velocidad. Estos sólidos suspendidos eliminados del proceso son, en su mayoría materia orgánica, por lo cual se presenta una reducción importante en la concentración de DBO_5 del efluente (Lozano, 2012).

FOSA SÉPTICA

Es el método más común de tratamiento y eliminación de aguas residuales in situ, se puede proyectar para poblaciones pequeñas. Puede ser una caja rectangular y de distintos

compartimentos, que recibe las aguas de proceso. Su objetivo es reciclar las aguas grises y excretas, para separar los sólidos mediante la sedimentación, posteriormente el líquido clarificado pasa al siguiente proceso dejando atrás sólidos robustos. Deben ser herméticos al agua, durables y estructuralmente estables. El líquido saliente del tanque séptico tiene altas concentraciones de materia orgánica y de organismos patógenos (García et al, 2007).

2.2.7.3. TRATAMIENTO SECUNDARIO BIOLÓGICO

El tratamiento secundario, conocido también como depuración o tratamiento biológico de las aguas residuales (TBAR), es entendido por la eliminación de contaminantes mediante la acción biológica de los microorganismos presentes en los reactores. La materia orgánica en suspensión y disuelta, es transformada mediante procesos de oxidación química, en biomasa y sólidos inorgánicos sedimentables, a diferencia del tratamiento primario que remueve sólidos en suspensión, sin embargo, buena parte de la DBO₅ suspendida, el tratamiento secundario o biológico busca remover, especialmente, la DBO₅ soluble y los remanentes de materia en suspensión que escaparon del tratamiento primario (Lozano, 2012).

FILTRO PERCOLADOR

Un filtro percolador o lecho bacteriano es una unidad de tratamiento biológico la misma que consiste en un tanque cilíndrico o rectangular, que contiene un lecho (relleno o empaquetadura) de material grueso, conformado en la gran mayoría de los casos de piedras de diversas formas o materiales sintéticos, de alta relación área/volumen, sobre el cual son vertidas las aguas residuales por medio de brazos distribuidores ya sean estos fijos o móviles (Menéndez et al, 2005), de esta manera se forma una fina lámina de agua al caer sobre la superficie del relleno, por lo que se desarrolla la película de biomasa, que captura la materia orgánica disuelta en el agua a su paso. El oxígeno preciso para el proceso es captado por la biomasa del existente en los huecos que quedan entre el relleno (Sains, 2005).

Este es un proceso de tipo biológico aerobio. La base fundamental de los filtros percoladores residen en, disponer de una superficie elevada, de tal forma que la masa de microorganismos se desarrolle sobre la misma sea muy importante, y como resultado disponer de una alta capacidad de eliminación de materia orgánica biodegradable (Sains, 2005).

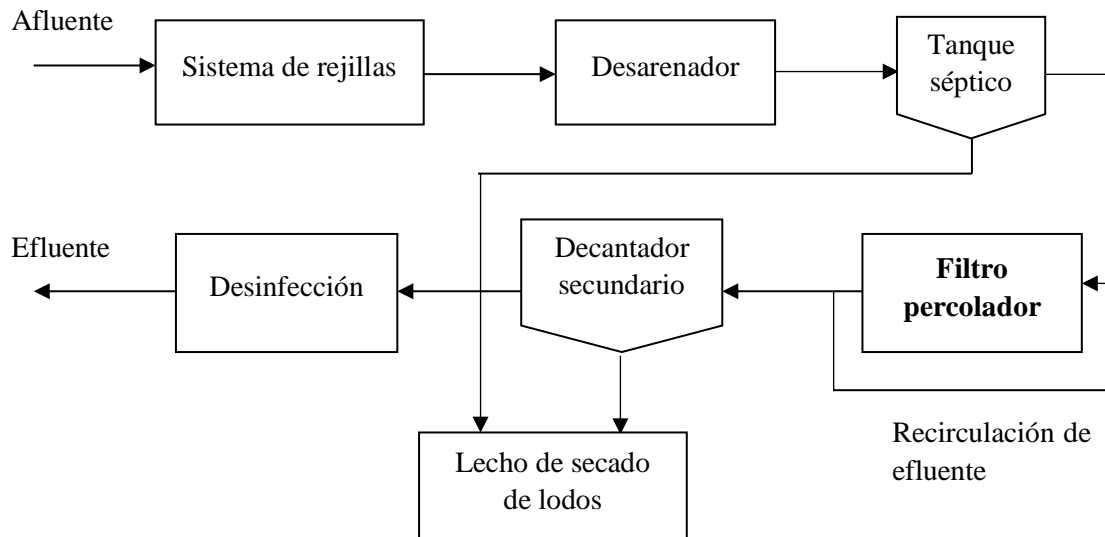


Figura 1. Sistema del filtro percolador
Fuente: Elaboración propia.

RELLENO DE MATERIAL PLÁSTICO

En la actualidad los lechos son de material plástico, de formas regulares, con gran espacio libre, rígidos y ligeros. Con el fin de solventar los problemas que presentan los filtros de piedra, se han desarrollado un conjunto de rellenos material plástico.

Tabla 2. Ventajas y desventajas del filtro percolador.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Un factor muy importante a tener en cuenta en este proceso es el bajo consumo de energético. ✓ El oxígeno necesario para el proceso lo obtiene la biomasa del aire que circula a través de los huecos dejados por el relleno. ✓ Se obvia la renovación del filtro. ✓ Poco peso, lo que permite realizar filtros de altura elevada y en consecuencia con unos requerimientos de superficie reducida ($35-45 \text{ kg/m}^3$). ✓ Eliminar una mayor cantidad de DBO_5 por unidad de volumen del medio 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Su principal problema es el alto precio de este producto en el mercado. ✓ En climas fríos, los filtros pueden tener problemas de formación de hielo. ✓ Desaparición de la película biológica de una forma brusca por el vertido de un ácido. ✓ Malos olores. ✓ Formación de elementos tenso-activos (detergentes) no biodegradables.

filtrante que los rellenos de piedra, al disponer de gran superficie.

- ✓ Se integran en un espacio de terreno reducido.
- ✓ Funcionan con atención y mantenimientos mínimos.
- ✓ La eficiencia de remoción de la materia orgánica es del 85%.

Fuente: (Huartos, 2018).

FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

Romero (como se citó en Batero, 2007) el filtro anaerobio de flujo ascendente es un proceso de crecimiento adherido propuesto por Young y McCarty en 1969, para el tratamiento de residuos solubles. De los sistemas de tratamiento anaerobio es el más sencillo de mantener porque la biomasa permanece como una película microbial adherida y porque como el flujo es ascensional, el riesgo de taponamiento es mínimo.

El filtro está compuesto por un tanque o columna, relleno con un medio sólidos para soporte del crecimiento biológico anaerobio pudiendo ser de material petreo. El agua residual es puesta en contacto con el crecimiento bacteriano anaerobio al medio y como las bacterias son retenidas sobre el medio no salen en el efluente, es posible obtener tiempos de retención hidráulica cortos según mencionó Romero (como se citó en Batero, 2007).

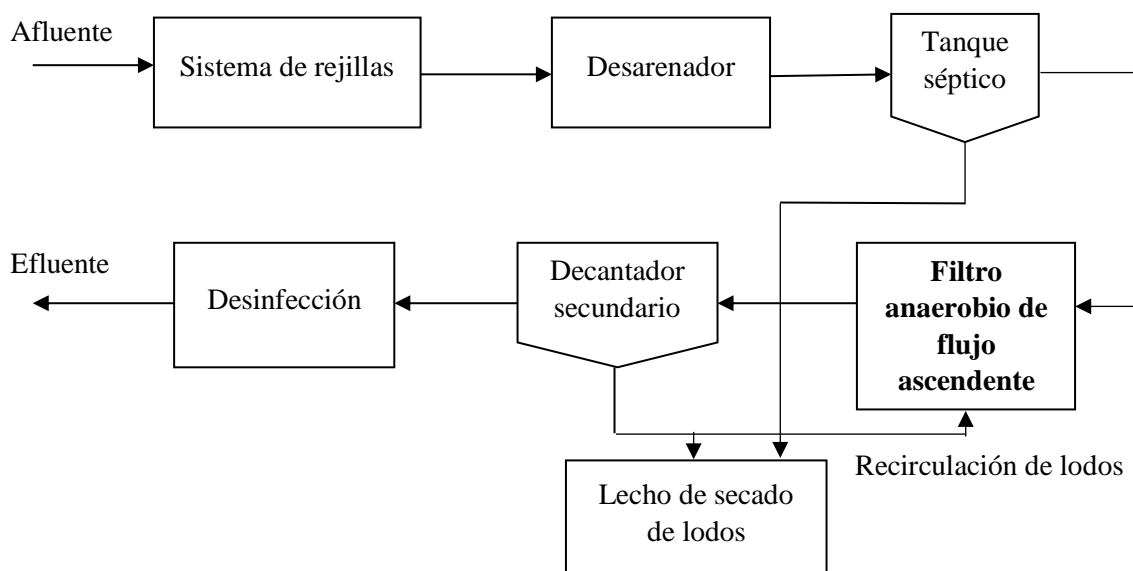


Figura 2. Sistema del filtro anaeróbico de flujo ascendente.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Ventajas y desventajas de filtro anaerobio de flujo ascendente.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
✓No requiere de energía eléctrica.	✓Requiere diseño y construcción por parte de expertos.
✓Bajos costos de operación.	✓Baja reducción de patógenos y nutrientes.
✓Larga vida útil.	✓El efluente y el lodo requieren tratamiento adicional y/o descarga apropiada.
✓La eliminación de sólidos en suspensión y DBO5 suelen ser del 50% a 80%.	✓Alto riesgo de obstrucción, dependiendo del tratamiento primario.
✓Baja producción de lodo; el lodo está estabilizado.	✓Remover y limpiar el material del filtro es desagradable.
✓Necesita de un terreno moderado (se puede construirse bajo tierra).	✓La eliminación de nitrógeno es limitada por lo que no supera el 15%.
	✓Requiere un periodo de puesta en marcha de seis a nueve meses para llegar a la capacidad de tratamiento total.

Fuente: (Tilley, y otros, 2018).

LODOS ACTIVADOS CONVENCIONALES

Es un sistema de mezcla completa o también conocido como licor de mezcla. Su nombre comparece de la producción de una masa activada de microorganismos capaz de estabilizar un residuo en medio aerobio. Este método está provisto de un sistema de recirculación y eliminación de lodos. El ambiente aerobio en el reactor se obtiene mediante el uso de aireadores mecánicos, promoviendo una mezcla completa y al mismo tiempo la utilización del oxígeno por los microorganismos para la degradación de la materia orgánica. En un periodo determinado de tiempo, la mezcla de las nuevas células con las antiguas se conduce hasta un tanque decantador para ser separados por sedimentación del agua residual tratada. Una parte de las células sedimentadas se recirculan para mantener en el reactor la concentración de células deseada, mientras que la otra parte se purga del sistema. La fracción purgada corresponde al crecimiento del tejido celular (Méndez, 2004).

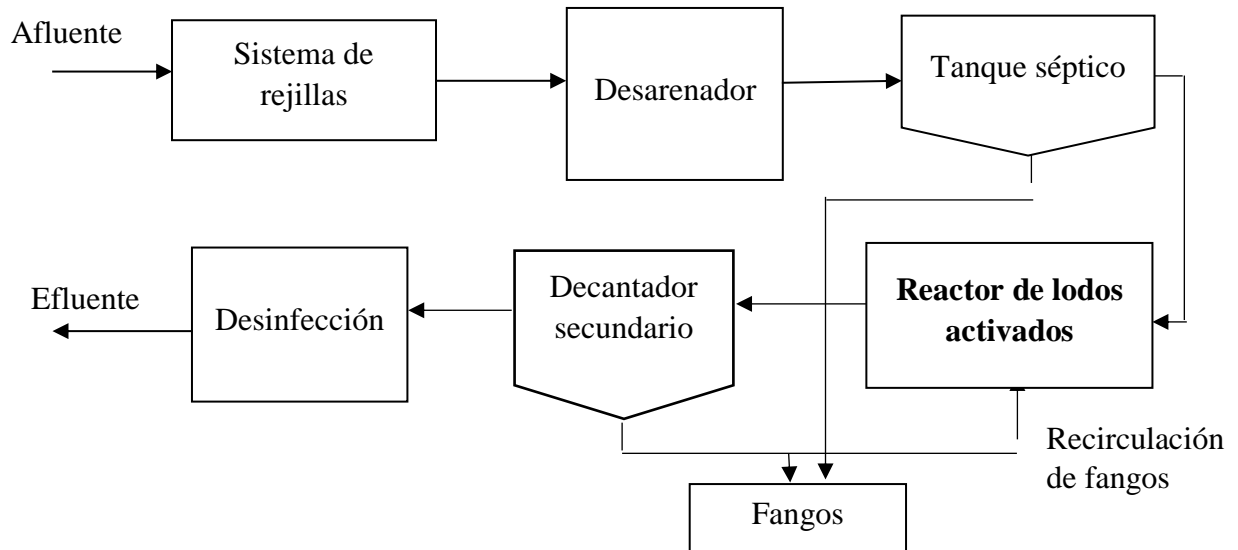


Figura 3. Sistema de lodos activados.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Ventajas y desventajas de lodos activados.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Flexibilidad de operación a través de un control tracional de la biomasa presente en el proceso. ✓ Posee eficiencia de remoción de contaminantes del 85 – 95% aproximadamente. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Requiere de un mantenimiento constante en las unidades de tren de tratamiento, así como una revisión periódica de la concentración de SSVLM y cantidad de oxígeno en el reactor. ✓ Riesgos de taponamiento de los dispositivos de aireación durante ciclos operativos específicos. ✓ Requiere un control permanente, tanto operativo como de análisis de laboratorio.

Fuente: (Huertos, 2018).

DECANTADOR SECUNDARIO

El objetivo primordial del decantador es la separación de la parte sólida más pesada (masa de lodo) de la fase líquida más ligera del efluente degradado biológicamente en el reactor, mediante la fuerza de la gravedad, por lo tanto, a menudo se denomina separación sólido-líquido. Como producto de esta fase se consigue un efluente clarificado con bajos niveles de DBO₅ y sólidos en suspensión. El proceso se lleva a cabo en grandes tanques de hormigón

llamados decantadores, sedimentadores o clarificadores secundarios siempre y cuando exista una superficie adecuada para evitar inconvenientes con la decantación (Moya, 2013).

2.2.7.4. TRATAMIENTO Terciario o Avanzado

Los tratamientos terciarios desempeñan un papel fundamental en el cumplimiento de las normativas vigentes de los países, que cada vez son más exigentes con respecto al vertimiento de estas aguas debidamente procesadas, en los que los tratamientos primario y secundario, no sólo son suficientes para hacer que un vertido cumpla con las disposiciones de las normativas de las autoridades ambientales competentes, sino que, en varios casos, puede incrementar las concentraciones de algunos compuestos que hoy son vigilados (Lozano, 2012).

Radican en procesos físicos y químicos especiales con los que se consigue limpiar las aguas de contaminantes concretos: fósforo, nitrógeno, minerales, metales pesados, virus, compuestos orgánicos, etc. Es un tipo de tratamiento más caro que los anteriores y se usa en casos más especiales como por ejemplo para purificar desechos de algunas industrias (Belzona, 2010).

DESINFECCIÓN

El objetivo de la desinfección es asegurar la calidad microbiana del agua. El desinfectante ideal debe tener elevada toxicidad bacteriana, bajo coste, y no ser demasiado peligroso de manejar; además, es necesario disponer de un medio fiable de detección de la presencia de sus residuos.

El cloro es uno de los más antiguos agentes desinfectantes utilizados, ya que es uno de los seguros y más fiables. Tiene propiedades excepcionalmente buenas, al ajustarse en muchos aspectos al desinfectante ideal mencionado anteriormente (Russell, 2012).

2.2.8. TRATAMIENTO DE LODOS

2.2.8.1. LECHO DE SECADO DE LODOS

En general el último componente de una planta de tratamiento de aguas servidas, aunque algunas veces se incluye también en plantas potabilizadoras, principalmente cuando el agua a potabilizar es derivada de un río o arroyo. El proceso es natural, el agua contenida en los lodos filtra, por efecto de la gravedad, a través de un lecho filtrante de arena y grava, y es recogida por ductos perforados para ser luego conducida al cuerpo receptor final. Otra parte del agua contenida en los lodos se evapora (Perlaza, 2016).

2.2.9. LOTIZACIÓN

Es la subdivisión de un terreno en parcelas (Diccionario enciclopédico, 2009), destinado para la construcción de viviendas, aquí se generan las aguas residuales debido a actividades de aseo y cuidado personal, preparación de alimentos, lavandería, entre otras, que se realiza a diario en el hogar, de las cuales deben hacerse responsables y darle una disposición final adecuada antes de ser descargada al ambiente.

2.2.10. NORMATIVA AMBIENTAL VIGENTE DE DESCARGA A CUERPOS DE AGUA DULCE

2.2.10.1. CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 2008

TITULO V: ORGANIZACIÓN TERRITORIAL DEL ESTADO

CAPÍTULO PRIMERO: PRINCIPIOS GENERALES

Art. 264.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

3. Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley (Constitución, 2008).

2.2.10.2. CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE

TITULO II: SISTEMA UNICO DE MANEJO AMBIENTAL

CAPITULO V: CALIDAD DE LOS COMPONENTES ABIÓTICOS Y ESTADO DE LOS COMPONENTES BIÓTICOS

Art. 196.- Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán contar con la infraestructura técnica para la instalación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales, de conformidad con la ley y la normativa técnica expedida para el efecto. Asimismo, deberán fomentar el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, siempre y cuando estas recuperen los niveles cualitativos y cuantitativos que exija la autoridad competente y no se afecte la salubridad pública (COA, 2017).

2.2.10.3. REGLAMENTO AL CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE

TITULO III: REGULACIÓN AMBIENTAL Y REGULARIZACIÓN

Art. 759. Descargas. - Se prohíbe la descarga de desechos a las playas, la franja adyacente de titularidad del Estado y el mar. No se podrán descargar aguas residuales operacionales que no cumplan lo establecido en las normas nacionales que regulan los límites permisibles de descarga, y los convenios internacionales.

Las aguas de lastre deberán ser descargadas tomándose como referencia lo establecido en el Convenio sobre la Gestión de Aguas de Lastre y Sedimentos (Reglamento COA, 2019).

2.2.10.4. CÓDIGO ORGÁNICO ORGANIZACIÓN TERRITORIAL AUTONOMÍA DESCENTRALIZACIÓN

TITULO III: GOBIERNOS AUTÓNOMOS DESCENTRALIZADOS

CAPÍTULO III: GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL

SECCIÓN PRIMERA: Naturaleza Jurídica, Sede y Funciones

Art. 55.- Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado municipal. - Los gobiernos autónomos descentralizados municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley;

d) Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

TITULO V: DESCENTRALIZACIÓN Y SISTEMA NACIONAL DE COMPETENCIAS

CAPÍTULO IV: DEL EJERCICIO DE LAS COMPETENCIAS CONSTITUCIONALES

Art. 136.- Ejercicio de las competencias de gestión ambiental.- De acuerdo con lo dispuesto en la Constitución, el ejercicio de la tutela estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, se articulará a través de un sistema nacional descentralizado de gestión ambiental, que tendrá a su cargo la defensoría del ambiente y la naturaleza a través de la gestión concurrente y subsidiaria de las competencias de este sector, con sujeción a las políticas, regulaciones técnicas y control de la autoridad ambiental nacional, de conformidad con lo dispuesto en la ley.

Los gobiernos autónomos descentralizados municipales establecerán, en forma progresiva, sistemas de gestión integral de desechos, a fin de eliminar los vertidos contaminantes en ríos, lagos, lagunas, quebradas, esteros o mar, aguas residuales provenientes de redes de alcantarillado, público o privado, así como eliminar el vertido en redes de alcantarillado (COOTAD, 2010).

2.2.10.5. ORDENANZA MUNICIPAL DE REGULACIÓN, ADMINISTRACION Y CONTROL DE TARIFAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO PARA EL CANTÓN PASTAZA

SECCIÓN II: EL SERVICIO DE ALCANTARILLADO

CAPÍTULO III: OBTENCIÓN DEL SERVICIO DE ALCANTARILLADO

Art. 60.- En los lugares en los que no se dispone o no sea posible realizar a corto plazo la instalación de servicios de alcantarillado, se deberá recurrir a soluciones individuales de tratamiento y disposición; tales como: tanques sépticos, sistemas de absorción, filtración, desinfección, entre otras (Ordenanza Municipal, 2012).

2.2.10.6. REGLAMENTO DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE EMAPAST-EP

CAPITULO I: DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Art. 2. La ubicación, cantidad o diámetro de las conexiones de agua potable y alcantarillado, serán fijadas por el área respectiva considerando las condiciones de operación de la red de distribución y las necesidades a satisfacer, de acuerdo a las siguientes regulaciones:

DEL ALCANTARILLADO

- a. El diámetro de tubería para alcantarillado sanitario será de 160mm y el pluvial de 200-315mm de acuerdo al área de aportaciones (Reglamento EMAPAST EP, 2010).

2.2.10.7. NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA

LIBRO VI ANEXO 1

Normativa anexo 1 del texto unificado de la legislación secundaria del ministerio del ambiente. Acuerdo ministerial 097-A.

Para la comparación de los componentes de la caracterización de las aguas residuales se basó en la normativa ambiental vigente del Ecuador, la misma que se estableció los siguientes parámetros basados en la tabla (1) que se muestra a continuación:

Tabla 5. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

TABLA 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce			
PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMOS PERMISIBLE
Aceites y grasas	Sust. Solubles en hexano	<i>mg/l</i>	30,0
Coliformes fecales	NMP	<i>NMP/100ml</i>	2000
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO ₅	<i>mg/l</i>	100,0
Demanda química de oxígeno.	DQO	<i>mg/l</i>	200,0
Nitrógeno kjedahl	N	<i>mg/l</i>	50,0
Potencial de hidrógeno	pH		6 – 9
Sólidos suspendidos totales	SST	<i>mg/l</i>	130,0
Sólidos totales		<i>mg/l</i>	1600,0
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	<i>mg/l</i>	1000
Temperatura	°C	°C	<i>Condición Natural ± 3</i>

Fuente: (097-A, 2015).

2.2.10.8. NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES

Consciente de sus funciones y responsable técnico de las normas que deben regir el estudio, diseño, construcción y mantenimiento de las obras sanitarias en el Ecuador.

Esta normativa hace referencia al aporte per cápita de la carga total de DBO₅ para aguas residuales domésticas.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. LOCALIZACIÓN

La lotización de empleados de la cooperativa de la pequeña empresa de Pastaza LTDA., se encuentra dentro del casco urbano en el barrio El Dorado ubicada en la provincia de Pastaza, cantón Pastaza, Parroquia Puyo. La misma que cuenta con una extensión de 13.471,20m².

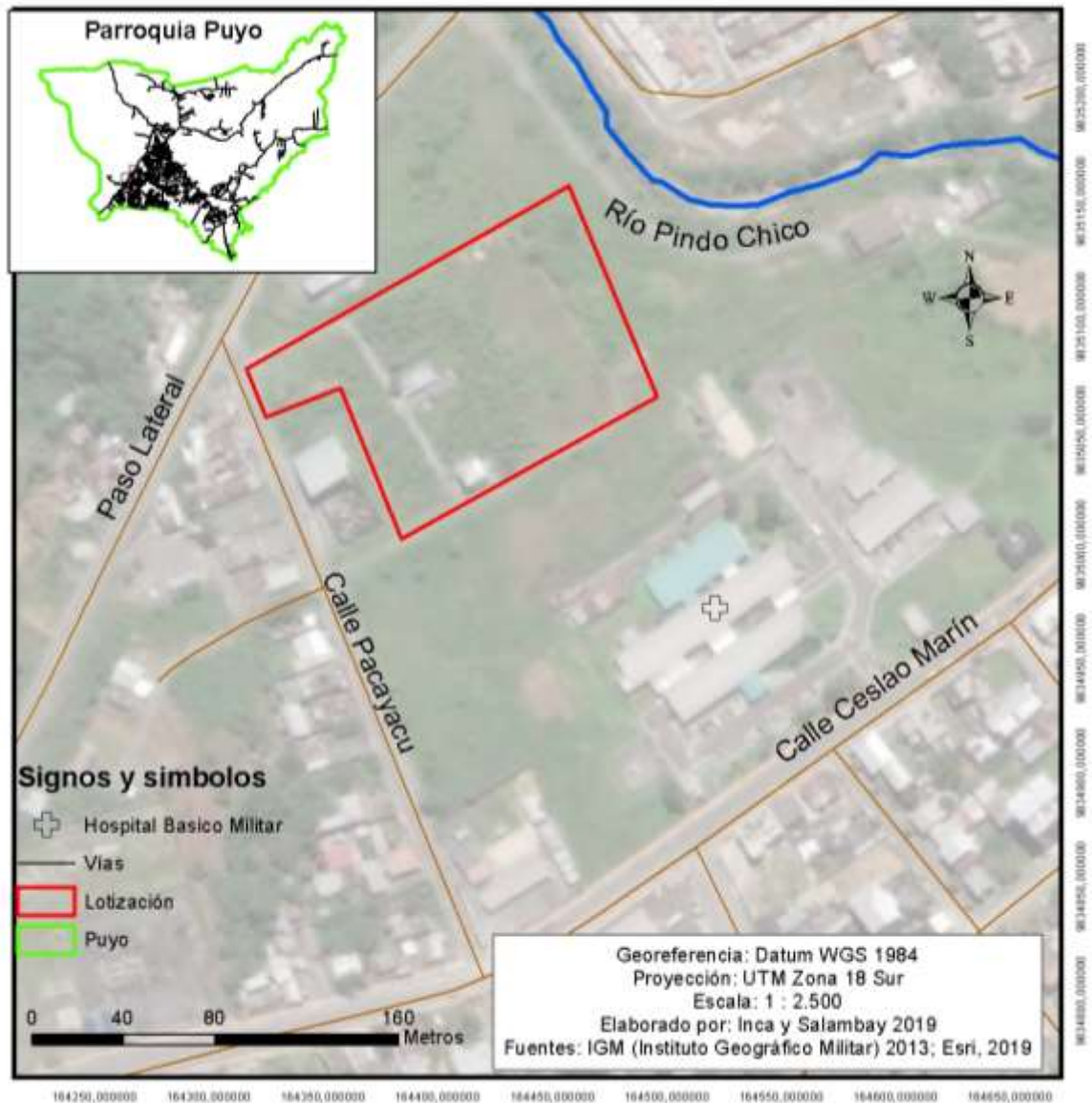


Figura 4. Ubicación del área de estudio.

Fuente: IGM, 2013; Ersi 2019.

El perímetro de la lotización es de 520m de longitud y cada uno de sus puntos geográficos están representados en la tabla (6) que se presenta a continuación.

Tabla 6. Coordenadas geográficas

PUNTOS	X	Y	Z	Zona
1	832056,89	9835081,38	936	
2	832061,33	9835062,12	934	
3	832088,04	9835072,01	933	
4	832115,57	9835018,55	931	17
5	832241,11	9835079,73	927	
6	832192,72	9835161,67	929	

Fuente: Elaboración propia

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La propuesta de diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la lotización de empleados de la cooperativa de la pequeña empresa de Pastaza LTDA. corresponde a la línea de investigación de Gestión Ambiental; el tipo de investigación al que pertenece el proyecto de investigación es documental y cuasi experimental debido a que en cierta parte se controla las variables del proceso. Con la recopilación de información acerca de la problemática se propone un sistema de tratamiento de aguas residuales como una alternativa en beneficio de la calidad ambiental y de la conservación de los recursos naturales; la investigación presenta un enfoque cualitativo y cuantitativo, debido a que se analizará las condiciones del medio y en base a un caudal promedio se establecerá en sistema más adecuado. El proyecto de investigación tiene un alcance descriptivo al igual que la propuesta de tratamiento de aguas residuales ubicada en la lotización del colegio de ingenieros civiles del sector Huamurco del cantón Tena, provincia del Napo, que está diseñada para 200 habitantes y se encuentra en condiciones físicas ambientales similares a la respectiva propuesta planteada en este proyecto (Paguay, 2011).

3.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de la investigación se llevará a cabo mediante los siguientes métodos: Con el empleo del método de observación nos familiarizamos directamente con el área de estudio en donde se requiere solucionar el problema, permitiéndonos conocer las condiciones en que se encuentra el área de estudio y en si determinar el lugar óptimo para la construcción de la infraestructura.

El método comparativo: Mediante el empleo de este método se realizará una comparación tras haber realizado un análisis bibliográfico de las diferentes metodologías existentes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales para seleccionar la más óptima de acuerdo a las variables calificadas y a los recursos con los que se cuenta para el desarrollo del proceso.

Para llevar a cabo el desarrollo de los objetivos específicos se los efectuará como se los describe en cada uno de los puntos:

3.3.1. MÉTODO PARA EL OBJETIVO 1

Para determinar los caudales necesarios de diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, se realizó en base a datos de consumo de un habitante mediante dos fuentes de información, la primera corresponde a información otorgada por EMAPAST-EP y la segunda según el autor (Zaldumbide, 2019) en la cual se compara estos dos valores y se toma la más apropiada para la estimación de caudales.

Los datos a considerarse de las aguas domesticas dependerá de lo siguiente:

3.3.1.1. NÚMERO DE HABITANTES

Como primer punto se procedió a la recolección de datos de la población en cuanto al número de personas por hogar, debido a que es un parámetro fundamental para obtener un funcionamiento correcto de la planta de tratamiento de aguas residuales de la lotización.

Tabla 7. Promedio de la población por Hogar.

PROMEDIO DE PERSONAS POR HOGAR	
A nivel nacional	3,78
Provincia de Pastaza	4,15
Cantón Pastaza	4,06
Parroquia Puyo	4,47

Fuente: (INEC, 2010).

Para obtener el número máximo de personas por hogar de la lotización se realizó en función del valor promedio de personas por hogar de la parroquia Puyo, correspondiendo a 4,47 según el censo 2010 y esto multiplicado por el número de viviendas, utilizando la ecuación (1).

$$p = xH * H \quad (1)$$

Donde:

- p*** Número de personas
xH Promedio de personas por Vivienda
H Número de Viviendas

3.3.1.2. DOTACIÓN

Cantidad de agua potable, consumida diariamente, en promedio, por cada habitante, (Secretaría del agua, 2014). Esta dotación es una consecuencia del estudio de las necesidades de agua de una población, quien la demanda por los usos siguientes: para saciar la sed, para el lavado de ropa, para el aseo personal, la cocina, para el aseo de la habitación, para el riego de calles, para los baños, para usos industriales y comerciales, así como para el uso público (Rodríguez, 2012).

3.3.1.3. CAUDAL MEDIO DIARIO

Hace referencia al caudal total que ingresa al sistema de tratamiento durante las 24 horas del día, y este se obtiene de la suma del caudal doméstico más el caudal de infiltración y conexiones erradas. En este caso se desprecia el caudal industrial debido a que dentro de la lotización no existe este tipo de actividades económicas, al igual que no se tomó en cuenta el caudal institucional en vista de que no existen zonas escolares. Para el cálculo del caudal medio se utilizó la ecuación (2). La fuente de donde se tomó las fórmulas corresponde a un manual de diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales de la universidad Piloto de Colombia (Lozano, 2012). Existen experiencias similares acerca de la contribución de aguas residuales como es el caso del proyecto correspondiente a, las aguas residuales y su incidencia en la calidad de vida de los habitantes de la lotización del colegio de ingenieros civiles del sector Huamurco del cantón Tena, provincia del Napo contando con una población de 200 habitantes con un caudal de diseño de 2,5L/s (Paguay, 2011). Por otra tiene relevancia con el proyecto correspondiente a, diseño del alcantarillado sanitario y pluvial y tratamiento de aguas servidas de 4 lotizaciones unidas (varios propietarios), del cantón el Carmen, establecido para una población de 630 habitantes, cuenta con un caudal de diseño de 3,90 habitantes (Aldáz, 2011).

$$Q_{md} = Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{cherr} \quad (2)$$

Donde:

- Q_{md}*** Caudal medio diario de aguas residuales (L/s)

Q_{dom} Aporte de aguas de origen doméstico (L/s)

Q_{inf} Aporte de aguas de infiltración (L/s)

$Q_{c.err}$ Aporte de aguas de conexiones erradas (L/s)

3.3.1.4. CAUDAL DOMÉSTICO

A este caudal se lo medirá a partir de la dotación actual de agua potable que emitirá la empresa encargada de su distribución, teniendo en cuenta su población y la cantidad de agua que retorna al sistema de tratamiento diariamente. Para el obtener el valor del caudal doméstico se utiliza la ecuación (3).

$$Q_{dom} = \frac{Dotación * P * C_R}{86400} \quad (3)$$

Donde:

Q_{dom} 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

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

3.3.1.5. COEFICIENTE DE RETORNO

El coeficiente de retorno es un parámetro que se obtuvo de acuerdo a (Zambrano, 2015), el mismo que hace referencia a la fracción de la cantidad de agua empleada para fines domésticos que culmina en la red de colectores. Un cierto valor de la cantidad de agua que es suministrada no retorna al sistema de alcantarillado debido a que esta es utilizada para otros fines tales como para, lavar los vehículos, limpieza de las viviendas, entre otros.

Usualmente el coeficiente de retorno se encuentra entre 0,70 y 0,85 pero típicamente se utiliza 0,80.

3.3.1.6. CAUDALES DE INFILTRACIÓN

Los caudales de infiltración siempre estarán presentes en los sistemas de alcantarillado y estos dependen de varios factores como, el cuidado de la construcción del sistema, tipo de suelo, la altura del nivel freático, parte de los conductos que puedan quedar sumergidos en el agua (Gómez, 2006). Debido a que todavía no se conocen los diámetros de las tuberías para el diseño, fue necesario estimar inicialmente el caudal de infiltración con un valor de 0,2 L/s * ha (EPM, 2009). Para la determinación de este caudal se utilizará la ecuación (4).

$$Q_{inf} = 0.2 \frac{L/s}{ha} * A \quad (4)$$

Dónde:

Q_{inf} Caudal de infiltración

A Área del proyecto (ha)

3.3.1.7. CONEXIONES ERRADAS

El valor de conexiones erradas es un dato establecido por (Lozano, 2012), el cual es necesario para el cálculo del caudal doméstico que generan los habitantes de la lotización, este valor corresponde a 0,2 L/s, el mismo que hace referencia al agua lluvia que ingresa al sistema de alcantarillado debido a que existe malas conexiones. Y se lo obtiene multiplicando por el área de la lotización. Mediante la ecuación (5).

$$Q_{c.err} = 0.2L/s * ha \quad (5)$$

Donde:

Q_{cherr} Conexiones erradas

3.3.1.8. CAUDAL MINÍMO

Es la cantidad mínima de agua residual que puede ingresar a la planta de tratamiento (Lozano, 2012). Para la determinación del caudal mínimo de diseño se basó de acuerdo al tamaño de la población que corresponde a <20.000 h-eq, que esta expresado en la ecuación (6).

$$Q_{min} = 0,30 * Q_{med} \quad (6)$$

Donde:

Q_{min} Caudal mínimo

Q_{med} Caudal medio

3.3.1.9. CAUDAL PUNTA

Para la determinación del caudal punta se utiliza la ecuación empírica número (7). Se calcula en base al tamaño de la población, en donde nos dice que para poblaciones menores a 20.000 h-eq se multiplica el valor establecido por (Lozano, 2012), es decir se multiplica 5 por el caudal medio que aportan los hogares durante todo el día, representado de la siguiente manera.

$$Q_p = 5 * Q_{med} \quad (7)$$

3.3.2. MÉTODO PARA EL OBJETIVO 2

Para el cumplimiento del segundo objetivo específico, el mismo que hace referencia a comparar diferentes alternativas de tratamiento secundario de las aguas residuales, teniendo como base diferentes fuentes bibliográficas y metodologías que ya se aplican en diferentes países desarrollados, tomando en cuenta sus ventajas (eficiencia, tiempo de estabilización del proceso y si esta es la más óptima para el tipo de agua residual) y sus desventajas (deficiencia del proceso, costos elevados y que no cumpla con los límites de descarga permisibles a los cuerpos de agua dulce). Una vez seleccionada la metodología óptima se propone la implementación de la misma a la parte interesada.

3.3.2.1. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

Con el propósito de dar solución a las aguas residuales generadas por la lotización de empleados de la cooperativa de la pequeña empresa de Pastaza LTDA. y en base a ciertos factores y parámetros que se debe considerar para el funcionamiento, ventajas y desventajas del filtro percolador como tratamiento secundario, se realizó la selección de esta alternativa de acuerdo a un análisis mediante el método multicriterio de matrices de priorización como lo establece (Berumen & Llamazares, 2007). Siendo ésta una herramienta que nos permite seleccionar una alternativa mediante la ponderación de ciertos criterios de estudio. Para llevar a cabo este método se realizó en 4 pasos.

1. Plantear criterios que den paso a establecer la relevancia y eficiencia de una alternativa de tratamiento de aguas residuales sobre las demás que se ha planteado.

3.3.2.2. CRITERIOS DE SELECCIÓN

A continuación, se establece 6 criterios de selección con la finalidad de evaluar la alternativa al sistema de tratamiento secundario de aguas residuales más idónea en base a la jerarquía según los valores de calificación arrojados.

Eficiencia de remoción (C1)

La eficiencia de remoción es uno de los criterios que tiene mayor importancia dentro sistema de tratamiento de aguas residuales, puesto que el objetivo es que la planta cumpla los

parámetros permisibles de descarga a los cuerpos de agua dulce y de esta manera evitar impactos ambientales una vez que se ha realizado la descarga del efluente tratado, teniendo en cuenta que el porcentaje de remoción de carga orgánica este entre un 85%, y de esta manera contribuir con el correcto funcionamiento de los siguiente procesos.

Costos de inversión (C2)

Tener en cuenta que la alternativa que se aplique no requiera de grandes cantidades de recursos económicos y que el tipo de material con el que se va a trabajar sea resistente y duradero.

Mantenimiento (C3)

Considerar que la alternativa de tratamiento no requiera mantenimientos estrictos para el control y funcionamiento del proceso, teniendo en cuenta que la detención del proceso daría paso a problemas secundarios como es el caso de la generación de malos olores, provocando incomodidades a la población y por otra parte estos inconvenientes generan gastos adicionales como, por ejemplo, gastos en repuestos y el requerimiento de personal calificado para la reactivación del proceso.

Espacio (C4)

Analizar la alternativa que no requiera de un área extensa y se ajuste al espacio disponible con el que cuenta la lotización, esto también va a depender de la cantidad de agua residual que genera la misma diariamente al sistema, teniendo en cuenta así mismo el caudal de infiltración y de conexiones erradas.

Operatividad (C5)

El fin de este criterio es el de buscar la mejor alternativa que pueda darle al sistema un óptimo funcionamiento de la manera más sencilla y que no requiera de varias personas o de personas altamente capacitadas para lograr un efectivo proceso.

Consumo energético (C6)

Para la puesta en marcha de la alternativa de tratamiento se debe tener que el consumo energético no sea muy elevado, para de esta manera disminuir gastos de operación y mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales dentro de la lotización.

2. Dar valores a cada uno de los criterios y alternativas, se establecerá por medio de una escala establecida presentada en la tabla (8), para posteriormente estimar el factor de ponderación, con la ayuda de una matriz de pares.

Tabla 8. Escala de valores por el método de matrices de priorización.

DEFENICIÓN	VALOR
Mucho más importante	10
Más importante	5
Igual importante	1
Menos importante	1/5=0,2
Mucho menos importante	1/10=0,1

Fuente: (Berumen & Llamazares, 2007).

Estos valores nos permitirán calificar cada uno de los criterios y alternativas con el fin de establecer una ponderación ya sea mayor o menor a cada una de las alternativas correspondientes al tratamiento secundario.

Tabla 9. Ponderación de Criterios.

	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	Criterio 6	Suma	FP
Criterio 1								
Criterio 2								
Criterio 3								
Criterio 4								
Criterio 5								
Criterio 6								

Fuente: (Berumen & Llamazares, 2007).

La ponderación de criterios entre criterios permite conocer cual presenta mayor importancia para obtener un buen rendimiento del sistema biológico.

- Como tercer procedimiento se realizó la comparación de las alternativas en relación a cada uno de los criterios planteados.

Tabla 10. Ponderación de Alternativas.

Nombre del Criterio					
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Suma	FP'
Alternativa 1					
Alternativa 2					
Alternativa 3					

Fuente: (Berumen & Llamazares, 2007).

La ponderación entre alternativas en base a cada criterio es muy útil para obtener su jerarquización de las mismas, logrando así establecer la alternativa con mayor ponderación mediante valores establecidos en la tabla (8).

- Por último, se realizó una matriz en donde se representa el producto de las alternativas con cada criterio debidamente ponderados, eligiendo la alternativa con mayor puntuación.

Tabla 11. Matriz de selección.

	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	Criterio 6	Suma
Alternativa 1	C1*A1	C2*A1	C3*A1	C4*A1	C5*A1	C6*A1	Σ
Alternativa 2	C1*A2	C2*A2	C3*A2	C4*A2	C5*A2	C6*A2	Σ
Alternativa 3	C1*A3	C2*A3	C3*A3	C4*A3	C5*A3	C6*A3	Σ

Fuente: (Berumen & Llamazares, 2007).

3.3.3. MÉTODO PARA EL OBJETIVO 3

Para el desarrollo del diseño hidráulico y estructural del proceso de tratamiento seleccionado mediante un análisis técnico-económico, se realizó en base a la alternativa de tratamiento más idónea que se ha seleccionado mediante la matriz de priorización y tomando los valores de los caudales ya calculados anteriormente y proceder a determinar el dimensionamiento hidráulico y estructural del sistema de depuración.

La alternativa de tratamiento secundario se complementará con procesos de pretratamiento y tratamiento terciario analizados bibliográficamente y recomendados por personas expertas en la materia, tomando como referencia plantas de tratamiento de otros sectores con características similares al proyecto propuesto, los mismos que son utilizados frecuentemente en las plantas de tratamiento de aguas residuales, con la finalidad de evitar obstrucciones en los procesos posteriores y que estos funcionen correctamente, y por ende reducir gastos de mantenimiento por daños a la planta. Y por otra parte que estos contribuyan a la remoción

de la carga contaminante que presenta la composición típica de las aguas residuales domésticas, mostradas en la tabla (1).

Los procesos seleccionados para el pretratamiento de las aguas generadas por la lotización son los siguientes:

3.3.3.1. OBRAS DE LLEGADA

El diámetro de la tubería de llegada del agua residual a la planta de tratamiento, se establecerá de acuerdo a al reglamento de prestación de servicio de la empresa municipal de agua potable y alcantarillado de Pastaza – EMAPAST-EP (Cajamarca, 2010).

3.3.3.2. CRIBADO

Para el dimensionamiento del diseño del desbaste la velocidad de flujo del agua residual no debe ser mínima que promueva la sedimentación de sólidos en el canal ni tan alta que provoque el arrastre de los sólidos retenidos en los barrotes de las rejillas. Para el dimensionamiento se utilizó como referencia la memoria del cálculo del plan maestro de la parroquia Fátima (MIDUVI, 2014).

Tabla 12. Criterios de diseño de las rejillas de desbaste.

Parámetro	Valor o rango
Velocidad mínima de paso	0,6 m/s (a Qm)
Velocidad máxima de paso	1,4 m/s (a Qp)
Grado de colmatación entre Intervalos de limpieza	30%

Fuente: (MIDUVI, 2014).

ÁREA DEL CANAL

El canal conducirá las aguas residuales a los siguientes procesos sin antes retener residuos gruesos a través de las rejillas instaladas, para lo que es necesario determinar el área del canal con la ecuación (8). Los barrotes restan área útil del canal, incrementando la velocidad del flujo entre la rejilla (Lozano, 2012).

$$A_R = B_c * \frac{L}{L + B} * \left(1 - \frac{G}{100}\right) \quad (8)$$

Donde:

A_R Área útil del canal en la zona de rejilla (m²)

B_c Ancho del canal (m)

L Luz o espacio entre barrotes

- B** Ancho de los barrotes
G Grado de colmatación

PROFUNDIDAD O ANCHO DE LA ZONA DE REJILLA

Se determinará la profundidad necesaria que las rejillas estarán sumergidas para la retención los sólidos gruesos que puedan ingresar al sistema con la ecuación (9) como lo propone (Lozano, 2012).

$$P = Q * \frac{b + L}{\left(1 - \frac{G}{100}\right) * V_p * L * B_c} \quad (9)$$

Donde:

- P** Profundidad en la zona de rejillas (m)
Q Caudal de las aguas residuales (m³/s)
V_p Velocidad de paso entre las rejillas (m/s)

PÉRDIDA DE CARGA POR LA REJILLA

La diferencia de la lámina de agua antes y después de la rejilla se determinará con la ecuación (10) según (Lozano, 2012).

$$\Delta H = \frac{V_p^2}{9,1} \quad (10)$$

Donde:

- ΔH** Pérdida de carga generada por la rejilla (m)
V_p Velocidad de paso de agua a través de la rejilla (m/s)

NÚMERO DE BARROTOS

Para la cantidad de barrotes necesarios se aplicará la ecuación (11) (Lozano, 2012).

$$N = \frac{B_R - L}{b + L} \quad (11)$$

Donde:

- N** Número de barrotes
B_R Ancho del canal en la zona de rejilla (m)
L Luz o espacio entre barrotes (m)

b Ancho de los barrotes (m)

3.3.3.3. DESARENADOR

El método utilizado para el dimensionamiento de este proceso corresponde a las memorias de cálculo del plan maestro de la Parroquia Fátima (MIDUVI, 2014).

TAMAÑO DE PARTÍCULAS A RETENER

El presente diseño recomienda que el desarenador tenga capacidad de retener partículas de diámetro mayor a 3 cm, por cuanto en sistemas de tratamiento de aguas servidas estas fracciones representan el 30% del total de sedimentos.

VELOCIDAD DE FLUJO

La velocidad de flujo para este proceso es de 0,1m/s.

PROFUNDIDAD DEL DESARENADOR

Considerando que este tipo de desarenador requiere de operaciones de limpieza hidráulica, se recomienda una cámara de mediana profundidad para facilitar el desalojo de los materiales depositados en él.

$$H = 0,9 \text{ m} \quad (12)$$

VELOCIDAD DEL LAVADO

Para garantizar el lavado hidráulico de los sedimentos se ha considerado el tamaño de los sedimentos a ser removidos y el calado del agua, para un tirante menor a 0,40 m y sedimentos de hasta 3cm de diámetro nominal.

$$V_l = 0,1 \text{ a } 0,2 \text{ m/s} \quad (13)$$

LIMPIEZA HIDRÁULICA Y LAVADO PERIÓDICO

Como el caudal es relativamente pequeño, se considera un desarenador de una sola cámara, así como por que la alimentación a las fosas sépticas debe ser continua y sin interrupciones.

SECCIÓN HIDRÁULICA DEL DESARENADOR

El dimensionamiento de la sección hidráulica del desarenador se obtiene aplicando la ecuación (14).

$$A = Q/V \quad (14)$$

ÁREA HIDRÁULICA

El área hidráulica del desarenador es el espacio por donde circula el agua residual y se da el proceso de retención de partículas, la misma que se obtiene a partir de la ecuación (15).

$$A = B * H \quad (15)$$

ANCHO

El ancho del desarenador se obtiene dividiendo el área entre la altura tal como se expresa en la ecuación (16).

$$B = A/H \quad (16)$$

LONGITUD DEL DESARENADOR

Para la determinación de la longitud se obtiene a partir de la ecuación (17). Según la memoria técnica (MIDUVI, 2014)

$$L_{Util} = K * H_{Util} * (V/W) \quad (17)$$

Donde:

- L_{Util} Longitud útil
- K Coeficiente de seguridad (1,20 – 1,50 m)
- V Velocidad de lavado
- W Velocidad de sedimentación

3.3.3.4. FOSA SÉPTICA

Dimensionamiento de una fosa séptica de doble cámara, en la primera cámara se produce la decantación de los sólidos en suspensión que se almacenan en el fondo, el agua circula longitudinalmente por la mitad superior de este compartimento y los sólidos que no fueron decantados en la primera cámara tienden a almacenarse en esta segunda cámara (OPS, 2005). Los datos a considerarse para el dimensionamiento son los siguientes:

NÚMERO DE HABITANTES EQUIVALENTES

Habitantes equivalentes cuyas aguas van a ser tratadas en la planta de tratamiento, la palabra equivalente indica que la contaminación proviene de cualquier tipo de instalación, en este caso instalaciones domésticas. El valor de habitantes equivalentes de este proyecto corresponde a 291, siendo éste el número máximo de habitantes que residirá en el área de la lotización

CONTRIBUCIÓN PER CÁPITA DE AGUAS RESIDUALES (C)

La contribución per cápita de aguas residuales se determina en base a (Zaldumbide, 2018), la misma que corresponde a la cantidad total de agua que genera cada habitante de una vivienda siendo 300L/hab.día.

CONTRIBUCIÓN PER CÁPITA DE LODOS (Lf)

De igual manera la contribución per cápita de lodos generados por la lotización se obtiene en función a la residencia de clase media, el valor para este parámetro corresponde a 1L/hab.día (Ras, 2000). El primer cálculo a realizar es la contribución total de agua residual de la población.

ESTIMACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN DIARIA DE AGUAS RESIDUALES

Es el valor total de la cantidad de aguas residuales que generan diariamente los habitantes equivalentes en función del aporte per cápita de cada persona, se calcula mediante la ecuación (18) expresada a continuación.

$$E_c = he * c \quad (18)$$

Donde:

- E_c Contribución diaria de aguas residuales
 he Habitantes equivalentes
 c Contribución per cápita de aguas residuales

ADOPCIÓN DEL TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA

Tabla 13. Tiempo de retención hidráulica.

Contribución diaria	Tiempo de retención hidráulica (TRH)	
	Días	Horas
Hasta 1500	1,00	24

De 1501 a 3000	0,92	22
De 3000 a 4500	0,83	20
4501-6000	0,75	18
6001-7500	0,67	16
7501-9000	0,58	14
Más de 9000	0,50	12

Fuente: (Ras, 2000).

El tiempo de retención hidráulica se adopta en función de la contribución diaria de aguas residuales generadas por los habitantes equivalentes, según cálculos la contribución corresponde a 37.830L se encuentra por un rango mayor a 9.000L y por lo tanto el TRH es 0,5 días dando como tal 12 horas (Ras, 2000).

DETERMINACIÓN DE LA TASA DE ACUMULACIÓN DE LODO DIRIGIDO

Tabla 14. Valores de la tasa de acumulación de lodos.

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

Fuente: (Ras, 2000).

Para obtener el valor de la tasa de acumulación de lodos se tendrá en cuenta el número de años a los que se tiene previsto realizar la limpieza en función de la temperatura promedio de la ciudad de Puyo, dado que la temperatura promedio es 21,3°C y el periodo de limpieza de la fosa es de un año se obtiene que la tasa de acumulación de lodos es de 57, valor tomado de la tabla (14).

VOLUMEN ÚTIL DE LA FOSA SÉPTICA

El volumen útil se obtiene a partir de la ecuación (19), este hace referencia al espacio que va a ocupar el agua dentro de las dos cámaras, desde la parte inferior a la superior.

$$V_U = 1000 + N_C(C * THR) + (K * L_f) \quad (19)$$

Donde:

V_u Volumen útil del tanque séptico (m^3)

N_c Número de habitantes equivalentes

C Contribución per cápita de aguas residuales ((L/(hab.día))

TRH Tiempo de retención hidráulica (día)

K Tasa de acumulación de lodos dirigidos (día)

L_f Contribución per cápita de lodos ((L/(hab.día))

DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LA FOSA SÉPTICA

Relación longitud/ancho (L/B) = $2 < L/B > 4 = 3$

El valor para la relación longitud/ancho de la fosa séptica según criterios de diseño no puede ser menor a 2 ni mayor a 4, por lo tanto, se seleccionó que L/b es igual a 3m (OPS, 2005). Para obtener el ancho de la fosa séptica se aplica la ecuación (20).

PROFUNDIDAD ÚTIL (H) = $>1,20m$

La profundidad de la fosa debe ser mayor a 1,20m por lo tanto se ha considerado una profundidad de 2,2m (OPS, 2005).

$$b = \left(\frac{V_u}{3h * 1000} \right)^{0,5} \quad (20)$$

Donde:

b = Ancho de la fosa (m)

V_u = Volumen útil (m^3)

Con este dato y los iniciales, se determinan los siguientes parámetros:

LONGITUD TOTAL DE LA FOSA

La longitud total de la fosa está compuesta por la longitud de la primera cámara más la longitud de la segunda cámara, donde se realiza el proceso de decantación de las partículas en suspensión por la acción de la gravedad. Se calcula mediante la siguiente ecuación (21).

$$L = 3b \quad (21)$$

LONGITUD DEL PRIMER COMPARTIMENTO O CÁMARA

La longitud del primer compartimento corresponde a los dos tercios de la longitud total de la cámara. El cálculo se realizó en base a la ecuación (22).

$$L_1 = L * 2/3 \quad (22)$$

LONGITUD DEL SEGUNDO COMPARTIMENTO O CÁMARA

Para la obtención del segundo compartimento de la cámara se obtiene mediante la ecuación (23). Representando el un tercio de la longitud total de la cámara.

$$L_2 = L * 1/3 \quad (23)$$

BORDE INFERIOR DE LOS ORIFICIOS DE PASO

Es el medio por donde agua se traslada de la cámara uno a la cámara dos disminuyendo la cantidad de solidos suspendidos durante el tiempo de retención hidráulica de la fosa séptica.

La misma que se obtiene de la ecuación (24).

$$B_1 = h * 2/3 \quad (24)$$

BORDE SUPERIOR DE LOS ORIFICIOS DE PASO

Para este parámetro, escogemos una distancia de 0.3 m (OPS, 2005), sobre el nivel de agua en la fosa, ubicándose también aquí los orificios de entrada y salida del agua de la fosa. Para la obtención del borde superior se utilizará la ecuación (25).

$$B_s = h - 0,3m \quad (25)$$

CÁLCULOS ADICIONALES DEL RESGUARDO DEL EQUIPO

El resguardo del equipo dentro del dimensionamiento es muy importante puesto que aquí se acumulan las espumas y grasas, estas espumas se generan debido a que almacenamiento es largo, produciéndose una digestión anaerobia a temperatura ambiente, por tal motivo se suma 0,3m (OPS, 2005) a la altura útil de la fosa, con la finalidad de evitar colapsos. La misma que se nombrará altura total y la obtendremos de la ecuación (26).

ALTURA TOTAL

$$H_T = h + 0,3 \quad (26)$$

3.3.3.5. FILTRO PERCOLADOR

El dimensionamiento de este equipo se realizó por el método de la National Research Council (NRC) de los Estados Unidos de América (NRC, 2016). Se dimensionó un solo equipo y se utilizó como medio filtrante rosetones de polietileno tipo Biopack de 100m²xm³

de superficie. Para lo cual se empezamos con los siguientes datos de partida expresados en la tabla (15).

Tabla 15.Datos de partida para el filtro percolador.

Datos de partida:		
Caudal de diseño (Qm)	1,48	L/s
Habitantes estimados	291	hab
DBO ₅ luego del tratamiento primario	200	mg/L
Requerimiento de salida de DBO ₅ del equipo	50	mg/L

Fuente: Elaboración propia.

PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE DBO₅

Este valor se lo define en base a la normativa de descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce (AM 097-A, 2015), ubicado en la tabla (5). La misma que obtendremos de la ecuación (27).

$$\% = \frac{DBO_5 e - DBO_5 s}{DBO_5 e} * 100 \quad (27)$$

Donde:

- % Porcentaje de remoción requerido
- DBO₅ e** Demanda biológica de oxígeno de entrada
- DBO₅ s** Demanda biológica de oxígeno de salida

CARGA TOTAL DE DBO₅

La aportación de este parámetro se obtendrá de la ecuación (28).

$$C_T DBO_5 = A_p * \#hab \quad (28)$$

Donde:

- C_TDBO₅** Carga total de DBO₅
- A_p** Aporte per cápita de aguas residuales
- #hab** Número de habitantes

El aporte per cápita del parámetro DBO₅ para las aguas residuales domésticas se lo determina a partir de la tabla (16) presentada en este trabajo, la cual se puede encontrar en el documento normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes (Secretaria del agua, 1992), como la tabla X.1, en donde el valor es de 50g/hab.día.

Tabla 16. Aportes per cápita para aguas residuales domésticas.

PARAMETRO	INTERVALO	VALOR SUGERIDO
DBO ₅ días, 20°C, g/(Hab.d)	36-78	50
Sólidos en suspensión, g/(Hab.d)	60-115	90
NH ₃ -N como N, g/(Hab.d)	7.4-11	8.4
N Kjeldahl total como N, g/(Hab.d)	9.3-13.7	12.0
Coliformes totales, NMP/(Hab.d)	2x10 ⁸ -2x10 ¹¹	2x10 ¹¹
Salmonela Sp., #(Hab.d)		10 ⁸
Nematodos intestinales, #(Hab.d)		4x10 ¹¹

Fuente: (Secretaria del agua, 1992).

VOLUMEN DEL FILTRO PERCOLADOR

Se utiliza la ecuación (29) desarrollada por (NRC, 2016) en donde no se toma en cuenta una posible recirculación.

$$E_2 = \frac{100}{1 + 0.44 \left(\frac{F_{1DBO}}{V_1 * RF_1} \right)^{1/2}} \quad (29)$$

Donde:

E_2 % de remoción requerido

F_{1DBO} Carga total de DBO₅

RF_1 Factor de recirculación para este caso 1

V_1 Volumen del equipo

Para obtener el volumen del filtro percolador se despeja V_1 , tal como se expresa en la ecuación (30).

$$V_1 = \frac{(0.44E_2)^2 F_1 BOD}{(100 - E_2)^2 RF_1} \quad (30)$$

Como se comentó anteriormente el material de relleno o filtrante utilizado será de tipo sintético, el cual se ubica hasta una altura de 0,5m por debajo de la altura total del filtro, quiere decir 1,85m (NRC, 2016).

ALTURA DEL FILTRO

Se asume una altura de 2,35m de altura del filtro percolador (NRC, 2016).

ÁREA DEL FILTRO

El área del filtro se obtiene a partir de la ecuación (31).

$$A = \frac{V_f}{H_f} \quad (31)$$

Donde:

A Área del filtro percolador

V_f Volumen del filtro

H_f Altura del filtro percolador

DIÁMETRO DEL FILTRO

Según los aportes diarios de agua residual que recibiría esta planta se dimensiona el diámetro del filtro que se obtiene aplicando la ecuación (32).

$$d = 2 * \frac{\sqrt{A}}{\pi} \quad (32)$$

Donde:

d Diámetro del filtro

A Área del filtro

CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL RELLENO NECESARIO

Es el espacio que va a ocupar el medio filtrante, el mismo que está determinado por el área del filtro y la altura del relleno representado en la ecuación (33).

$$V_r = A * H_r \quad (33)$$

Donde:

V_r Volumen de relleno

A Área del filtro

H_r Altura del relleno

3.3.3.6. DECANTADOR SECUNDARIO

Para el respectivo dimensionamiento del decantador secundario se utilizó la siguiente ecuación (34).

$$V = TRH * Qm \quad (34)$$

Donde:

V Volumen del decantador (m^3)

TRH Tiempo de Retención Hidráulica (h)

Q_m Caudal medio

3.3.3.7. DESINFECCIÓN

Como última etapa del sistema de depuración de las aguas residuales tenemos la desinfección por luz ultravioleta con la finalidad de producir un efluente que cumpla con los límites permisibles de descarga a los cuerpos de agua dulce.

LUZ ULTRAVIOLETA

Para el desarrollo del método de la luz ultravioleta se realizó en base al libro correspondiente, al tratamiento de aguas para eliminación de microorganismos y agentes contaminantes según (Osorio et al, 2010). La desinfección ultravioleta (UV) es uno de los métodos de desinfección en aguas residuales más prácticos debido a que es capaz de inactivar bacterias, virus, esporas y quistes de protozoos.

El efecto germicida de la UV se vincula a la energía asociada a la longitud de onda o frecuencia asociada a la luz UV que es capaz de producir daños fotoquímicos en los ácidos nucleicos de los microorganismos. La instalación de la lámpara UV será de acuerdo a la capacidad de desinfección de la misma y el caudal del efluente que emita el anterior proceso que sería el decantador secundario.

Ventajas:

- La desinfección con luz UV es eficaz para la desactivación de la mayoría de los virus, esporas y quistes.
- La desinfección con luz UV es más un proceso físico que una desinfección química, lo cual no requiere la necesidad de generar, manejar, transportar o almacenar productos químicos tóxicos, peligrosos o corrosivos.
- No existe ningún efecto residual que pueda afectar a los seres humanos o cualquier organismo acuático.
- Es de uso fácil para los operadores.
- El equipo de luz UV requiere menos espacio que otros métodos (Osorio et al, 2010).

Inconvenientes:

- La baja dosificación puede no desactivar algunos virus, esporas y quistes.

- Algunos microorganismos son capaces de resistir UV (foto reactivación).
- Un programa de mantenimiento preventivo es necesario para controlar la acumulación de sólidos en la parte externa de los tubos de luz.
- La turbidez y sólidos suspendidos totales (SST) en el agua residual hacen que la desinfección con luz UV sea eficaz. El tipo de lámpara que se utilizará para la desinfección del agua es una lámpara de baja presión, el mercurio se introduce en la lámpara trabajando a una presión de $7e-3$ torr (85% de la luz emitida en UV), la temperatura de trabajo está en torno a los 40°C . Las longitudes estándar de las lámparas de baja presión son de 0,75 y 1,15 metros, y sus diámetros de van de 1,5 a 2,0 cm (Osorio et al, 2010).

3.3.3.8. LECHO DE SECADO DE LODOS

El dimensionamiento del lecho de secado de lodos se llevó a cabo mediante una guía de la Organización panamericana de la salud. Los lechos de secado de lodos son generalmente el método más simple y económico de deshidratar los lodos estabilizados (lodos digeridos), lo cual resulta lo ideal para pequeñas comunidades (OPS, 2005). Adicionalmente estará conformado por una cubierta debido a las condiciones climáticas.

El procedimiento consta de la siguiente manera:

CARGA DE SÓLIDOS QUE INGRESA A SEDIMENTADOR

Es la cantidad de sólidos suspendidos que transporta el caudal al sedimentador diariamente. El valor para los SS es tomado de la tabla (1), correspondiente a las características típicas del agua residual doméstica. Representada en la ecuación (35).

$$C = Q * SS * 0,0864 \quad (35)$$

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.

A nivel del proyecto se puede estimar la carga en función a la contribución per cápita de sólidos en suspensión, expresada de la siguiente manera en la ecuación (36).

$$C = \frac{P * Cpc}{1000} \quad (36)$$

Donde:

C Carga per cápita (gSS/hab*día)

P Población

Cpc Contribución per cápita (gSS/Hab*día)

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 gSS/ (hab*día).

MASA DE SÓLIDOS QUE CONFORMAN LOS LODOS

Es la cantidad de lodos que genera todo el proceso de tratamiento de aguas residuales, a los cuales serán secados antes de su disposición final. La misma que obtiene con la ecuación (37).

$$Msd = (0,5 * 0,7 * 0,5 * C) + (0,5 * 0,3 * C) \quad (37)$$

Donde:

Msd Masa de sólidos (kg SS/día)

C Carga.

VOLUMEN DIARIO DE LODOS DIGERIDOS

Es el volumen de lodos que se obtiene una vez que el agua residual ha circulado por los distintos procesos de purificación y se obtiene a partir de la ecuación (38) presentada a continuación.

$$Vld = \frac{Msd}{\rho lodo * (\% S/100)} \quad (38)$$

Donde:

V_{ld} Volumen de lodos digeridos (L/día)

ρ_{lodo} Densidad de los lodos, igual a 1,04 Kg/l.

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

VOLUMEN DE LODOS A EXTRAERSE DEL TANQUE

Para el cálculo de este volumen se ejecuta la ecuación (39).

$$V_{el} = \frac{V_{ld} * Td}{1000} \quad (39)$$

Donde:

V_{el} Volumen de lodos a extraer (m^3)

Td Tiempo de digestión, en días

V_{ld} Volumen de lodos digeridos

ÁREA DEL LECHO DE SECADO

Es el espacio físico en donde se depositará los lodos para su respectivo tratamiento. Y se obtendrá con la ecuación (40).

$$A_{ls} = \frac{V_{el}}{Ha} \quad (40)$$

Donde:

A_{ls} Área del lecho de secado (m^2)

Ha Profundidad de aplicación, entre 0,20 – 0,40 m.

3.3.3.9. ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO AMBIENTAL

La estimación del análisis técnico-económico que compete a la implementación de la planta de tratamiento, no está fundamentada en una metodología específica que conlleve a la obtención de valores monetarios, sin embargo, se realizó cotizaciones de materiales, equipos y mano de obra, los mismos que se requiere para la construcción y puesta en marcha del proyecto. Esto nos permitirá una adecuada gestión de los recursos económicos. Los costos unitarios aproximados corresponden a todos los procesos y equipamiento de la planta de tratamiento, son valores de inversión inicial que permiten conocer un análisis estimado de precios, que pueden ser una guía para la empresa constructora, siendo el caso de que el proyecto se ejecute. Con respecto a la parte ambiental se realizará una evaluación superficial de los impactos que generó la ejecución del proyecto en cuanto a la fase de construcción y operación, este análisis permitirá conocer las posibles alteraciones tanto al medio biótico, abiótico y social.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADO OBJETIVO 1

4.1.1. NÚMERO DE HABITANTES POR HOGAR

Según el último censo realizado por el INEC en el año 2010 el promedio de habitantes por hogar en la Parroquia Puyo corresponde a 4,47 (INEC, 2010). Con esta información y el número de lotes establecidos en el documento planimétrico (Anexo 7.9) se determina el número de habitantes de la lotización mediante la ecuación (1).

$$p = 4,47 * 65 = 291$$

4.1.2. DOTACIÓN

Se procedió al cálculo de la dotación en base a los datos otorgados por EMAPAST-EP, los mismos que se representan en las tablas a continuación:

Tabla 17. Aporte de caudales de las tres plantas de agua potable.

PLANTAS POTABILIZADORAS				
Septiembre	San Vicente	La Palestina	El Rosal	Suma
Q Producido mensual	168.558,02	368.880,44	129.880,8	667.319,26
Q Diario	5.618,6	12.296,01	4.329,36	22.243,97

Fuente: (EMAPAST-EP, 2019).

Tabla 18. Registro y clasificación de usuarios de agua potable de la ciudad de Puyo.

REGISTRO Y CLASIFICACIÓN DE USUARIOS					
Categoría	Residencial	Comercial	Industrial	Estatal	Suma
Nº Usuarios	9.627	1.565	44	168	11.404
Porcentajes	84,42%	13,72%	0,39%	1,47%	100,00%

Fuente: (EMAPAST-EP, 2019).



Figura 5. Registro clasificación de usuarios de agua potable de la parroquia Puyo.

Fuente: (Sistema Emapast/sistema siim/dirección comercial, 2019).

A partir de la información otorgada por parte de la empresa pública EMAPAST-EP podemos afirmar la cantidad de usuarios a quienes se les suministra el servicio de agua potable en las siguientes categorías; representado en un 84,42% a usuario residencial, 13,72% a usuarios comerciales, 0,39% a usuarios industriales y con 1,47% usuarios estatales.

Tabla 19. Datos del caudal distribuido para la categoría residencial.

CAUDAL DISTRIBUIDO PARA LA CATEGORÍA RESIDENCIAL		
Categorías	% Q Producido	% Q Diario
residencial	563.335,892	18.777,86

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Dotación de agua potable por persona en la parroquia Puyo.

Categoría	DOTACIÓN		
	Q mensual m³ por medidor	Q diario m³ por medidor	Q diario Por persona
Residencial	58,52	1,95	0,436m ³ = 436 L/hab.día

Fuente: Elaboración propia.

La dotación de agua potable en la ciudad de Puyo corresponde a 436L/hab.día, al ser un valor extremadamente grande, se considera el valor que se calcula a continuación.

4.1.2.1. DOTACIÓN UTILIZADA PARA EL PROYECTO

Determinación de la dotación de agua potable según datos bibliográficos, tal como se expresa en la tabla (22), según lo establece (Zaldumbide, 2018).

Tabla 21. Temperatura media anual para la determinación del tipo de clima.

TEMPERATURA MEDIA ANUAL GRADOS CENTÍGRADOS	CLIMA
Mayor de 22	Cálido
De 18-22	Semicálido
De 12 a 17,9	Templado
De 5 a 11,9	Semifrío
Menor a 5	Frío

Fuente: (Zaldumbide , 2018).

La temperatura media anual de la ciudad de Puyo es de aproximadamente 21,3°C, por lo que se encuentra dentro de un rango de 18-22°C correspondiente a un tipo de clima semicálido.

Tabla 22.Dotación de agua para el consumo doméstico.

CONSUMO DOMÉSTICO POR HABITANTE	RESIDENCIAL
Cálido	400 L/hab.día
Semicálido	300 L/hab.día
Templado	250 L/hab.día

Fuente: (Zaldumbide, 2018).

La dotación de agua potable que se utiliza para el cálculo de los respectivos caudales según las condiciones climáticas de la ciudad de Puyo corresponde a 300 L/hab.día.

Para los criterios de diseño en cuanto a la dotación, se analizó dos fuentes de información, la primera en cuanto a información otorgada por la empresa EMAPAST-EP de la ciudad de Puyo y luego de realizar previos cálculos matemáticos se obtuvo que la dotación promedio de 436 L/hab.día (Moposita, 2019). Y en relación a la segunda fuente (Zaldumbide, 2018), nos determina el factor de consumo de agua potable en función a la temperatura y el número de habitantes de la localidad, por lo que se opta por una dotación de 300L/hab.día, las misma que presenta las características similares en cuanto a las variables antes mencionadas.

Debido a que el valor obtenido según datos de EMAPAST-EP es muy alto en comparación con datos bibliográficos, esto puede ser a que la empresa dota de cierta cantidad de agua desde las tres plantas diferentes y en el transcurso de su recorrido puede haber conexiones erradas o conexiones ilícitas, lo que hace que a los diferentes hogares llegue menor cantidad de agua y por ende el consumo sea menos que lo suministrado, por tal motivo se tomó el valor 300L/hab.día, de acuerdo a las características climáticas existentes y el número de habitantes en el lugar.

4.1.3. CAUDALES

Los caudales obtenidos para la planta de tratamiento son los que se presentan a continuación:

Tabla 23. Caudales determinados

PARAMETRO	EXPRESIÓN	VALOR
Caudal medio diario	Q_{md}	1,48 L/s
Caudal domestico	Q_{dom}	0,81 L/s
Caudal de infiltración	Q_{inf}	0,40 L/s
Caudal de conexiones erradas	Q_{cerr}	0,27 L/s
Caudal mínimo	Q_{min}	0,44 L/s
Caudal punta	Q_p	7,40 L/s

Fuente: Elaboración propia.

Los parámetros presentados en la tabla (23) representan los caudales para los cuales se dimensionará los diferentes procesos de tratamiento, donde el caudal medio diario 1,48L/s , es la suma del caudal doméstico 0,81L/s más el caudal de infiltración 0,40L/s y el caudal de conexiones erradas 0,27L/s. El caudal mínimo que ingresa a la planta corresponde a 0,44L/s y el caudal punta 7,40L/s.

4.2. RESULTADO OBJETIVO 2

4.2.1. COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS

Tabla 24. Comparación de las alternativas en base a los criterios de selección.

CRITERIOS DE SELECCIÓN			
Variables	Filtro Percolador	Filtro anaerobio de flujo ascendente	Lodos activados

Eficiencia de remoción	de	La eficiencia de remoción de la materia orgánica es del 85%.	La eliminación de sólidos en suspensión y DBO ₅ suelen ser del 50% a 80%.	Eficiencia de remoción de contaminantes del 85–95% aproximadamente.
Costos inversión	de	Precios altos en el mercado.	Las principales limitaciones son el costo del material de empaque.	Costos elevados, debido a la cantidad de equipos necesarios para el sistema de aireación.
Mantenimiento		Funcionan con mantenimientos mínimos.	Requiere un seguimiento estricto del programa de mantenimiento ya que la identificación de inconvenientes se dificulta al ser un sistema cerrado.	Mantenimiento cuidadoso y sofisticado.
Espacio		Superficie reducida.	Necesita un área moderado (puede construirse bajo tierra).	Ocupa un área pequeña de superficie.
Operatividad		Requiere constante atención del operador.	Bajos costos de operación.	Altos costes operacionales debido a la aireación.
Consumo energético		Bajo consumo de energético.	No requiere de energía eléctrica.	Alto consumo debido al requerimiento de 4-8 horas como tiempo de aireación.

Fuente: Elaboración propia.

En esta tabla se aprecia la comparación entre los tres procesos de depuración, filtro percolador, filtro anaerobio de flujo ascendente, lodos activados en base a variables como,

la eficiencia de remoción de contaminantes, costos de inversión, mantenimiento, el espacio que se necesita para la implementación de la planta, la operatividad y el consumo de electricidad. La selección de la alternativa se obtiene posteriormente en base a la ponderación por medio de matrices de priorización.

4.2.2. PONDERACIÓN DE LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN ESTABLECIDOS

Tabla 25. Matriz de pares para la comparación de criterios de selección.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Suma α	FP
C1	0	5	5	1	10	1	22	0,32
C2	0,2	0	1	5	5	5	16,2	0,24
C3	0,2	1	0	1	0,2	1	3,4	0,05
C4	1	0,2	1	0	1	5	8,2	0,12
C5	0,1	0,2	5	1	0	0,1	6,4	0,09
C6	1	0,2	1	0,2	10	0	12,4	0,18
						Total	68,6	

Fuente: Elaboración propia.

La eficiencia de remoción presenta el valor más alto de ponderación con 0,32 a diferencia del criterio de mantenimiento con un valor de 0,05.

Tabla 26. Comparación de alternativas de acuerdo al factor de ponderación.

	Eficiencia de remoción(C1)	Costo de Inversión(C2)	Mantenimiento (C3)	Espacio (C4)	Operatividad (C5)	Consumo Energético(C6)
A1	0,64	0,10	0,73	0,87	0,25	0,25
A2	0,02	0,10	0,25	0,06	0,73	0,73
A3	0,35	0,81	20	0,07	0,01	0,01

Fuente: Elaboración propia.

La (tabla 26) presenta el producto total de las ponderaciones de las alternativas en función a los criterios de selección, el procedimiento paso a paso se encuentran en el anexo (7.8) del presente documento.

Tabla 27. Elección de la alternativa en función de los criterios de selección.

Matriz de selección							
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Suma Total
	FP*FP'	FP*FP'	FP*FP'	FP*FP'	FP*FP'	FP*FP'	
A1	0,20	0,02	0,04	0,10	0,02	0,05	0,44
A2	0,01	0,02	0,01	0,01	0,07	0,13	0,25
A3	0,11	0,19	0,04	0,01	0,001	0,003	0,35

Fuente: Elaboración propia.

En el análisis realizado mediante el método de priorización se obtuvo que el filtro percolador es la alternativa más idónea con el valor más alto en base a la calificación de cada uno de los criterios que se tomó en cuenta, en cuanto a la eficiencia de remoción de materia orgánica este sistema presenta un 85%, la operatividad de la planta requiere de una atención frecuente lo que da lugar a que no se requiere de mantenimientos periódicos, En cuanto al espacio este no requiere de extensiones grandes de terreno y presenta un bajo consumo energético.

4.3. RESULTADO OBJETIVO 3

4.3.1. OBRAS DE LLEGADA

El diámetro de tubería para alcantarillado sanitario que ingresa a la planta de será de 160mm de diámetro (Cajamarca, 2010).

Para la determinación del diseño hidráulico y estructural del sistema de tratamiento de aguas residuales, se inicia a partir de datos preliminares para sus respectivos cálculos que se presentan en la tabla (28).

Tabla 28. Datos preliminares.

PARÁMETROS DE PARTIDA		
Población a servir:	291	Habitantes
Área del proyecto:	1,3472	ha
Caudal medio	1,48	L/s
Caudal mínimo	0,44	L/s
Caudal punta	7,4	L/s
Caudal de infiltración	0,4	L/s

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA DE REJILLA

Tabla 29. Dimensiones de la rejilla.

MEDIDAS DE LA REJILLA		
Platinas	25 * 6	mm
Espaciamiento	3	cm
Velocidad mínima	0,1	m/s
Área útil	0,078	m ²

Fuente: Elaboración propia.

El dimensionamiento de la rejilla consta de platinas de 25 mm de ancho por 6 mm de espesor, estas se encuentran con un espaciamiento de 3cm horizontalmente. El agua residual al pasar por la rejilla tendrá una velocidad de 0,1m/s, por otra parte, el área útil necesaria que ocuparan las rejillas según los cálculos realizados será 0,078m².

4.3.3. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CRIBADO

Tabla 30. Dimensiones del sistema de cribado.

MEDIDAS DEL CRIBADO	
Área del canal	0,3436m ²
Profundidad o ancho de la zona de la rejilla	0.9m
Pérdida de carga por la rejilla	0,010204m
Número de barrotes	16

Fuente: Elaboración propia.

El dimensionamiento del sistema del cribado consta con un área del canal de 0,3436m², en cuanto a la profundidad o ancho de la zona de la rejilla corresponde 0,082m, pero con la finalidad de facilitar la remoción de los sólidos retenidos en esta sección se adopta una profundidad de 0,9m (MIDUVI, 2014). Cuenta con una pérdida de carga por la rejilla de 0,010204m y 16 barrotes.

4.3.4. DIMENSIONAMIENTO DEL DESARENADOR

TAMAÑO DE PARTÍCULAS A RETENER:

Las partículas retenidas serán de diámetro mayor a 3 cm.

Velocidad de flujo: 0,1 m/s

VELOCIDAD DEL LAVADO

Según la ecuación (13) presenta un rango de la velocidad de lavado de 0,1 a 0,2 m/s por lo que se optó por la velocidad presentada a continuación.

$$V_l = 0,1 \text{ m/s}$$

Por tanto, el desarenador queda diseñado con las siguientes dimensiones:

Tabla 31. Dimensiones del desarenador.

MEDIDAS DEL DESARENADOR	
Profundidad del desarenador	0,9m
Área	1,35m ²
Ancho	0,9m
Longitud	1,50m

Fuente: Elaboración propia.

El desarenador cuenta con una profundidad de 0,9m, consta de un área de 1,35m², un ancho de 0,082m, en vista de que esta sección es sumamente pequeña, por razones de operación y mantenimiento se adopta 0,9m y en cuanto a la longitud útil se obtiene un valor de 1,27m, por los motivos mencionados anteriormente la longitud adoptada corresponde a 1,50m (MIDUVI, 2014).

El cribado y desarenador es un sistema combinado, es decir el cribado se encuentra dentro del desarenador por razones de minimizar espacio y recursos económicos. La remoción existente en este proceso de pretratamiento es de sólidos gruesos, evitando el ingreso de material que pueda obstruir los siguientes procesos del sistema de tratamiento

4.3.5. DIMENSIONAMIENTO DE LA FOSA SÉPTICA

Tabla 32. Datos preliminares de la fosa séptica.

DATOS DE PARTIDA	
Habitantes equivalentes (he)	291 habitantes
Contribución per cápita de aguas residuales (C):	300 L/hab*día
Contribución per cápita de lodos (L_f):	1 L/hab.día.
Tiempo de Retención Hidráulica (TRH):	0,5 Días
Tasa de acumulación de lodo dirigido (K):	57 Días

Fuente: Elaboración propia.

ESTIMACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN DIARIA DE AGUAS RESIDUALES

$$E_c = 291 \text{ hab} * 300L/\text{hab} * \text{día}$$

$$E_c = 87.300 L/\text{ha} * \text{día}$$

Tabla 33. Dimensiones de la fosa séptica

MEDIDAS DE LA FOSA SÉPTICA	
Volumen total	36.502L
Volumen de cada fosa	18.251L
Profundidad útil	2,2m
Profundidad de resguardo	0,3m
Ancho	1,66m
Longitud de la primera cámara	3,3m
Longitud de la segunda cámara	1,66m
Longitud total	5m
Borde inferior de los orificios de paso	1,46m
Borde superior de los orificios de paso	1,9m
Altura total	2,5m

Fuente: Elaboración propia.

El volumen total de la fosa séptica es de 36.502L, debido al volumen de gran valor obtenido, se define la propuesta de dos fosas sépticas en paralelo. Por lo cual, cada fosa tendrá un volumen de 18.251L, cuenta con una profundidad 2,2m más una profundidad de resguardo de 0,3m, el ancho es de 1,66m. Constan de dos cámaras, la longitud de la primera cámara corresponde a 3,3m y de la segunda 1,66m, el borde inferior de los orificios de paso se localiza a 1,46m, y el borde superior se encuentran a 1,9m. Se obtiene una profundidad total de 2,5m, valor obtenido de la profundidad útil más la profundidad de resguardo.

La remoción de DBO₅ en un tanque séptico puede ser del 30 al 50%, de grasas y aceites un 70 a 80%, de fosforo 15% y de un 50 a 70% sólidos suspendidos, para aguas residuales domésticas típicas. Para la localización de un tanque séptico se recomienda tener en cuenta los siguientes criterios:

1. Para proteger las fuentes de agua el tanque debe localizarse a más de 15m de cualquier fuente de abastecimiento.

2. El tanque no debe estar expuesto a inundación y debe disponer de espacio suficiente para la construcción del sistema de disposición o tratamiento posterior.
3. El tanque debe tener acceso apropiado para que su limpieza y mantenimiento sean fáciles (Romero, 2010).
4. Cota de llegada del agua residual a la fosa.
5. Tipo de terreno.

Las ventajas de la fosa séptica son su sencillez, economía y facilidad de operación y su inconveniente es la generación de malos olores, el bajo rendimiento en cuanto a la eliminación de DBO₅, acumulación de grasas y flotantes, este residuo flotante se debe retener en la fosa, mediante algún tipo de deflector, siendo necesario realizar la extracción del efluente a un nivel intermedio por debajo de la superficie del agua (Isla, 2005).

En general el tanque debe limpiarse cuando el fondo del lecho de natas o sobrenadante está a menos de 7,5 cm del borde inferior de la pantalla de salida o cuando la profundidad del manto de lodos es del 40% o más con respecto a la profundidad de agua en el tanque (Romero, 2010).

4.3.6. DIMENSIONAMIENTO DEL FILTRO PERCOLADOR

PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE DBO₅

El porcentaje de remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el tratamiento secundario, utilizando el filtro percolador corresponde al 75%, valor que se obtuvo a partir de la ecuación (27).

CARGA TOTAL DE DBO₅

La carga total de DBO₅ que ingresa al filtro percolador corresponde a 14,55KgDBO₅/día, el mismo que se obtiene a partir de la ecuación (28).

Tabla 34. Dimensiones del filtro percolador.

MEDIDAS DEL FILTRO PERCOLADOR	
Volumen	40m ³
Área	17m ²
Altura	2,35
Diámetro	4,6m
Volumen del relleno necesario	31,45m ³

Fuente: Elaboración propia.

Una vez que se ha realizado los cálculos necesarios para el dimensionamiento del filtro percolador, se obtuvo que la remoción del DBO₅ corresponde al 75%, dato que se obtuvo con la ecuación (27), el volumen útil del filtro se determinó mediante la ecuación (28) y corresponde a 25,35m³, la misma que posteriormente se adoptó un valor de 40m³ para cumplir con el parámetro de diseño de un equipo de baja carga, mencionado en la tabla (16) sobre el rango de valores de carga orgánica de la normativa nacional mencionada anteriormente, cuenta con una altura de 2,35m y un área que se calculó mediante la ecuación (29), dando como resultado 17m² y un diámetro de 4,6m. El volumen del relleno del medio filtrante corresponde a 31,45m³.

Una de las ventajas de medios plásticos filtrantes es que proporcionan una mejor distribución de las aguas residuales, su peso ligero permite construir filtros de mayor altura, no requiere una estructura de concreto reforzado, ya que los módulos de medio de soporte son auto soportables, representan mayor área superficial por unidad de volumen para alojar el crecimiento biológico. El tratamiento de aguas residuales mediante el uso del filtro percolador es un proceso de oxidación bioquímica, para que el sistema funcione correctamente el agua residual debe permanecer a una temperatura aproximada de 20°C. El proceso del filtro percolador puede eliminar las sustancias orgánicas y coloidales por los procesos combinados de floculación biológica.

Hay dos tipos de recirculación. Uno de ellos es directo y el otro pasa a través de un sedimentador antes de ser recirculado. En este caso la materia orgánica se recircula de la salida del filtro y es tratada por este más de una vez y esto a su vez también ayuda a regular las variaciones de carga orgánica del filtro, mejora el funcionamiento de los brazos distribuidores y reduce la tendencia al taponamiento. Es muy importante debido a que incrementa la eficiencia de la humidificación de la biomasa (la pérdida de humedad de la biomasa afecta sensiblemente al proceso) (Comisión Nacional del agua, 2016).

4.3.7. DIMENSIONAMIENTO DEL DECANTADOR SECUNDARIO

Tomando en cuenta un tiempo de retención hidráulica de 3,5 horas y un caudal de diseño de 127,87 m³/día, el mismo que se usará en las unidades de m³/h, dando como resultado 5,327 m³/h y se aplica en la ecuación (34) con la que se encontrará el volumen necesario para el decantador secundario.

$$V = 3,5 h * 5,327m^3/h$$

$$V = 18,65 \text{ m}^3$$

Se tomará un valor final de 20m³. El decantador será de tipo circular y construido en PRFV de alta resistencia.

4.3.8. DESINFECCIÓN

La lámpara de luz ultravioleta como tratamiento final del agua residual funciona como un germicida, que permite eliminar en un 99,99% microorganismos como bacterias, virus, hongos, protozoos, entre otros. Sin la utilización de químicos adicionales por lo que la composición del agua no varía. En vista de que el objetivo es obtener un efluente bien purificado se utilizó dos lámparas UV de una capacidad de 12GPM, que se encuentran ubicadas en la parte superior del decantador secundario, funcionan con una electricidad de 120 voltios, su instalación es verdaderamente fácil y cuenta con una vida útil aproximadamente de 100.000 horas y en años vendría a ser un año y un poco más, de esta manera se cumple con la normativa ambiental vigente y contribuyendo con el cuidado y la conservación de los cuerpos de agua dulce y la vida acuática.

4.3.9. DIMENSIONAMIENTO DEL LECHO DE SECADO DE LODOS

Tabla 35. Deducción de valores y medidas del lecho de secado de lodos.

VALORES Y MEDIDAS DEL LECHO DE SECADO	
Carga de sólidos que ingresa al sedimentador	12,15KgSS/día
Contribución per cápita	26,2gSS/día
Masa de sólidos que conforman los lodos	3,94KgSS/día
Volumen diario de lodos digeridos	47,35L/día
Volumen de lodos a extraerse del tanque	1,42m ³
Longitud	1,7m
Ancho	1m
Área	7,1m ²

Fuente: Elaboración propia.

Para el dimensionamiento del lecho de secado de lodos se determinó la carga de sólidos que ingresa al sedimentador mediante la ecuación (33), obteniendo un valor de 12,15KgSS/día y una contribución per cápita de 26,2gSS/hab.día, la masa de sólidos que representa los lodos corresponde a 3,94KgSS/día, el volumen diario de los lodos digeridos es de 47,35L/día y por otra parte si hacemos referencia al volumen de lodos a extraerse del tanque

continuamente corresponde a $1,42\text{m}^3$, llegando a concluir que el área del lecho de secado de lodos corresponde a $7,1\text{m}^2$, con una cubierta techada de zinc de 2m de altura.

4.3.10. ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO AMBIENTAL

4.3.10.1. ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LOS DIFERENTES PROCESOS

CRIBADO Y DESARENADOR

Tabla 36. Cotización del cribado y desarenador.

COSTOS DEL CRIBADO Y DESARENADOR		
2 ½	Quintales de hierro	37,50
5	Sacos de cemento	100,45
	Mano de obra	150,00
	Suma:	287,95
	Iva 12%:	34,55
	TOTAL:	322,5

Fuente: (Román hermanos CIA. LTDA-HOME CENTER, 2019).

FOSA SÉPTICA

Tabla 37. Cotización de la fosa séptica.

COSTOS DE LA FOSA SÉPTICA		
13	Quintales de hierro	262,50
35	Sacos de cemento	522,32
	Mano de obra	1000,00
	Suma:	1784,82
	Iva 12%:	214,17
	TOTAL:	1.998,99

Fuente: (Román hermanos CIA. LTDA-HOME CENTER, 2019).

FILTRO PERCOLADOR

Estos valores se estimaron a partir de una cotización reciente (19/09/2019) generada por un caudal de diseño de $90\text{m}^3/\text{día}$. Las mismas que están representadas en la tabla (37).

Tabla 38. Cotización del filtro percolador.

COSTOS DEL FILTRO PERCOLADOR		
1	Tanque para filtro percolador construido en PRFV de alta resistencia.	8.003
1	Piso de polietileno para filtro percolador y soporte de Biopack	4.300
-	31,45m ³ de relleno Biopack 100m ² xm ³	8.806
1	Aspersor rotativo para percolador con brazo de acero inoxidable y cuerpo central en PRFV	3.500
1	Bomba de aspersión marca Tsurumi (Japón) 220V 3HP 60Hz (Incluye tubería /accesoria)	1.900
1	Caja de control automática	4.800
	Suma:	31.309
	Iva 12%:	3.757,08
	TOTAL:	35.066,08

Fuente: (NRC, 2019).

DECANTADOR SECUNDARIO

Tabla 39. Cotización del decantador.

COSTOS DEL DECANTADOR		
	Tanque decantador en PRFV de 20m ³ .	1.1067 \$
	Incluye vertedero perimetral, tubo central de equipamiento, sistema de retornos de lodos y natas.	
	Asesoría en instalación. Incluye planos de detalle para la instalación y construcción del sistema. Este precio incluye también el filtro percolador.	3.300 \$
	Suma	14.367 \$
	Iva 12%	1.724,04 \$
	Total	16..091,04 \$

Fuente: (NRC, 2019).

LECHO DE SECADO DE LODOS

Tabla 40. Cotización del lecho de secado de lodos.

COSTOS DEL LECHO DE SECADO DE LODOS		
2	Quintales de hierro	80,36
6	Sacos de cemento	45,00
	Mano de obra	100,00
	Suma:	225,36
	Iva 12%:	27,04
	TOTAL:	252,24

Fuente: (Román hermanos CIA. LTDA-HOME CENTER, 2019).

LÁMPARA DE LUZ ULTRAVIOLETA

Tabla 41. Cotización de la lámpara UV.

COSTOS DE LA LÁMPARA DE LUZ ULTRAVIOLETA	
Sistema AquaUV 12gpm 1" MNTP 110-220 VAC 39W	581,71
Suma	581,71
Iva 12%	69,81
Total	651,52

Fuente: (Sanitron, 2019).

COSTO TOTAL

Tabla 42. Cotización total de la planta de tratamiento.

COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO		
1	Cribado y desarenador	322,50
2	Fosa séptica	3997,98
1	Filtro percolador	35.066,08
1	Decantador secundario	16.091,04
2	Lámpara de luz UV	1.303,04
1	Lecho de lodos	252,24
	Suma	57.032,88

Fuente: Elaboración propia.

4.3.10.2. ANÁLISIS AMBIENTAL

Tabla 43. Impactos ambientales

IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS		
Fases	Componente Ambiental	Impactos Ambientales
Construcción	Agua	Generación de vertidos de construcción
	Aire	Generación de material particulado
	Suelo	Modificación de las características naturales del suelo.
		Afectación directa a la vida microbiana
	Socio Económico	Compactación del suelo Dinamización de la economía local.
Operación	Agua	Disminución de la carga orgánica Mitigación de la eutrofización Conservación de la vida acuática
	Aire Social	Generación de gases Atracción turística Reconocimiento interinstitucional
	Socio Económico Paisajístico	Generación de empleo Enbellecimiento de los cuerpos hídricos
	Salud Pública	Reducción de enfermedades de transmisión por vectores Disminución de enfermedades transmisibles por vía hídrica
	Flora y Fauna	Conservación de especies riverseñas

Fuente: Elaboración propia.

De aplicarse el proyecto se deberá realizar las gestiones pertinentes para obtener la autorización ambiental de acuerdo a la categoría correspondiente de la normativa ambiental vigente.

4.4. DISCUSIÓN

ANÁLISIS DE LA DOTACIÓN DE AGUA POTABLE EN PASTAZA EN COMPARACIÓN CON EL DATO EXPUESTO EN UN CURSO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA

Según los cálculos realizados mediante los datos de la distribución del agua potable en Pastaza facilitados por EMAPAST-EP, la dotación de agua potable corresponde a 436 L/hab.día, tomando como referencia el mes de septiembre del presente año, en vista de que es un valor grande en comparación con el dato expuesto por (Zaldumbide, 2018), tomando en cuenta la temperatura promedio en la que se encuentra la ciudad de Puyo el valor corresponde a 300 L/hab.día, por lo que se recomienda en este tipo de inconvenientes la adopción de este dato para evitar inconvenientes como es el caso del sobredimensionamiento de los procesos de depuración y gastos económicos y mano de obra de operación y mantenimiento.

CRITERIOS DE DISEÑO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES GRANDES EN RELACIÓN A POBLACIONES PEQUEÑAS

Los criterios de diseño que se encuentra en la mayoría de las bibliografías están diseñados para poblaciones grandes por este motivo se tuvo algunos inconvenientes en el dimensionamiento de los procesos, obteniendo valores muy pequeños imposibles de aplicar al sistema de tratamiento de aguas residuales de la lotización, por este motivo se recomienda adoptar valores que permitan para dar solución a este tipo de inconvenientes, en este caso se adoptó valores de cálculo del plan maestro de la parroquia Fátima, realizado por el (MIDUVI, 2014).

SISTEMA DE TRATAMIENTO MEDIANTE FILTRO PERCOLADOR EN RELACIÓN A LA PTAR DE LA CABECERA PARROQUIEL DE MINDO, PROVINCIA DE PIHCINCHA

El sistema de tratamiento de aguas residuales mediante la implementación del filtro percolador es muy eficiente, puesto que este presenta una eficiencia aproximadamente del 85% en cuanto a materia orgánica, por lo general requiere un área de terreno pequeña para su instalación, por otra parte, este también tiene un consumo energético bajo, hoy en día el sistema convencional que más utilizan como tratamiento secundario es el filtro anaerobio de

flujo ascendente, siendo este el caso de la planta de la cabecera parroquial de Mindo ubicado en la provincia de Pichincha, este sistema cuenta con un porcentaje del 60-70% de remoción, el principal problema de esta planta es que no cuenta con un análisis de la calidad del efluente tratado durante su operación, por esta razón asumen un porcentaje de remoción del 50% de la materia orgánica, por lo tanto tienen previsto la construcción de un nuevo sistema que incremente la eficiencia de remoción para que este efluente no afecte al río Canchupi, donde se realiza su descarga (Dávila, 2013). Por lo tanto, se sugiere como alternativa la implementación de un filtro percolador y de esta manera incrementar la eficiencia de remoción de la materia orgánica, además es un sistema que no requiere mucha atención para su funcionamiento.

COMPARACIÓN DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO ENTRE LA PROPUESTA ESTABLECIDA CON EL CON EL GAD PARROQUIAL DE FÁTIMA EN BASE AL AFLUENTE DE INGRESO

La planta de tratamiento para la lotización que se propone en el proyecto de investigación recibirá aguas residuales de una sistema de alcantarillado debidamente diferenciado, por lo que únicamente ingresará aguas domiciliarias, a diferencia de las plantas de tratamiento del GAD Parroquial de Fátima presentan un sistema unificado de aguas domésticas y pluviales, por lo que permitirá el ingreso de objetos sólidos de gran tamaño presentes en el pavimento y que son arrastrados por el incremento del caudal debido a las precipitaciones por lo pueden obstruir la planta, presentando obstrucción, colapso y desbordamiento del agua residual, afectando negativamente al ambiente.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- ✓ El cálculo de caudales se obtuvo a partir del consumo diario de agua potable por habitante correspondiente a 300L/hab.día, llegando a estimar que el caudal medio diario aportado al sistema de tratamiento corresponde a 1,48L/s, caudal mínimo 0,44L/s y caudal máximo 7,4L/s, los mismos que conforman un dato esencial de partida para el respectivo dimensionamiento de los procesos que se propone ejecutar.
- ✓ La alternativa seleccionada de acuerdo a criterios debidamente ponderados que se propone utilizar como tratamiento secundario es el filtro percolador, siendo la opción más factible en función de los diferentes criterios establecidos para el tratamiento de aguas residuales de la lotización de empleados de la cooperativa de la pequeña empresa de Pastaza LTDA.
- ✓ La planta de tratamiento aguas residuales está diseñada para una población de 291 habitantes y tiene una capacidad de depuración máxima de 7,4L/s. El diseño hidráulico estructural de la planta consta de cinco procesos establecidos gráficamente en el anexo (7.10). Aproximadamente la planta tiene un costo de 57.032,88 dólares americanos y ocupa un área de 86m².

5.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Una vez ejecutada y puesta en marcha la planta de tratamiento de aguas residuales es de vital importancia solicitar a la empresa competente la presencia de un técnico para sus respectivos monitoreos preiódicos y mantenimiento, con el fin de obtener un óptimo funcionamiento.
- ✓ En el caso de presentar anomalías dentro de la planta de tratamiento como obstrucción o taponamiento, generación de malos olores, o cualquier caso fortuito, tener una persona responsable para que se ponga en contacto con la empresa competente y así darle asistencia técnica al problema ocasionado.
- ✓ Ejecutar análisis físico, químico y biológico del efluente descargado al cuerpo de agua dulce de los parámetros necesarios con el fin de cumplir con la normativa ambiental vigente.
- ✓ Realizar un estudio de impacto ambiental profundo con el fin de establecer planes de manejo ambiental que conlleve a un control adecuado por parte de la autoridad ambiental competente.

CAPÍTULO VI

6. BIBLIOGRAFÍA

- A.M, 097-A. (2015). *Anexo 1 del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente*. Quito: Lexis. Recuperado el 06 de 01 de 2020, de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf>
- Aldáz, J. (2011). *Diseño del alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas servidad de lotizaciones unidas (Varios propietarios), del cantón el Carmen (Tesis de grado)*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. Recuperado el 5 de 12 de 2019
- Belzona Inc. (2010). <https://www.belzona.com/es>. (A. Troconis, Ed.) Recuperado el 20 de 11 de 2019, de https://www.belzona.com/es/solution_maps/wastewater/money_map.pdf
- Berumen, S., & Llamazares, F. (2007). *La utilidad de los métodos de decisión multicriterio (como el AHP) en un entorno de competitividad creciente*. Recuperado el 04 de Diciembre de 2019, de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/237320636_La_Utilidad_de_los_Metodos_de_Decision_Multicriterio_como_el_AHP_en_un_Entorno_de_Competitividad_Creciente
- Cajamarca, O. (2010). *Reglamento de prestación de servicios de EMAPAST-EP*. Puyo. Recuperado el 24 de 01 de 2020
- Camacho, A., Giles , M., Ortegón , A., Palao, M., Serrano, B., & Velásquez, O. (2009). *Método para la determinación de bacterias coliformes, coliformes fecales y Escherichia coli por la técnica de diluciones en tubo múltiple (Número más Probable o NMP)*. México. Recuperado el 24 de 11 de 2019, de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Colif-tot-fecales-Ecoli-NMP_6529.pdf
- Código Orgánico del Ambiente [COA] (2017). Artículo 196 [Título II]. Lexis. Quito.
- Código Orgánico Organización Territorial Autonomía Descentralización [COOTAD] (2010). Artículo 55 [Título III]. Lexis. Quito.
- Constitución de la República del Ecuador [Const.] (2008). Artículo 264 [Título V]. Lexis. Quito.
- Comisión Nacional del agua. (2016). *Manual de Agua Potable, alcantarillado y saneamiento*. México. Recuperado el 03 de 12 de 2019, de <http://aneas.com.mx/wp-content/uploads/2016/04/SGAPDS-1-15-Libro4.pdf>
- Dávila, C. (2013). *Diseño de las plantas de tratamiento de agua potable y aguas residuales de la cabecera parroquial de Mindo, cantón San Miguel de los Bancos, provincia de Pichincha (Tesis de grado)*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. Recuperado el 28 de 11 de 2019, de

- <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6085/T-PUCE-6322.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Diccionario enciclopédico. (2009). <https://es.thefreedictionary.com>. (S. Larousse Editorial, Editor) Recuperado el 24 de 01 de 2020, de <https://es.thefreedictionary.com/lotizaci%C3%B3n>
- EPM. (2009). *Guía para el diseño hidráulico de redes de alcantarillado*. Medellín. Recuperado el 16 de 12 de 2019, de https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro_de_documentos/GuiaDisenoHidraulicoRedesAlcantarillado.pdf
- Espigares García, M., & Pérez López, J. (1985). *Aspectos sanitarios del estudio de las aguas*. Granada: Servicio de publicaciones Granada. Recuperado el 1 de 12 de 2019, de http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/pretratamientos_tratamientos_primarios.pdf
- García, H., Toscano, A., & Baqueto, C. (2007). *Guía tecnológica para el manejo integral del sistema productivo de la caña de azúcar*. Recuperado el 04 de 12 de 2019, de <https://books.google.com.ec/books?id=HavGX8wguv4C&pg=PA89&dq=tanque+septico&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjyJ2D2ZnmAhXrqFkKHZtbAvgQ6AEIWTAH#v=onepage&q=tanque%20septico&f=false>
- Gómez, J. (2006). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la comunidad de "HUAYCOPUNGO"*. Quito. Recuperado el 11 de 12 de 2019, de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/162/1/CD-0178.pdf>
- Hernández, M. (2007). *Saneamiento y Alcantarillado* (7 ed.). Madrid, España: Piscegraf, S.L. Recuperado el 10 de 12 de 2019
- Huartos, J. (2018). *Análisis comparativo de tecnologías aerobias para el tratamiento de aguas residuales urbanas* (Tesis de grado). Universidad Católica de Manizales, Manizales. Recuperado el 25 de 11 de 2019, de <http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10839/2127/Juli%C3%A1n%20and%C3%A9s%20Huartos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- IEOS. (1986). *Normas para estudios y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Recuperado el 29 de 11 de 2019
- IGM. (2013). *Capas de información geográfica. Limite administrativo y vías*. Recuperado el 15 de 11 de 2019, de <https://www.sni.gob.ec/coberturas>
- INEC. (2010). *Censo de población y vivienda*. Quito. Recuperado el 20 de 11 de 2019, de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/plugins/download-monitor/download.php?id=337&force=1>
- INEC. (2017). *Censo de Información Ambiental Económica en GAD Provinciales*. Quito. Recuperado el 20 de 11 de 2019, de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/informacion-2017-gad/>

- INEC. (2017). *Gestión de agua potable y alcantarillado de GAD Municipales*. Quito. Recuperado el 20 de 11 de 2019, de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2017/Agua_potable_alcantarillado-2017/PRESENTACION_AGUA_2017.pdf
- Isla, R. (2005). *Proyectos de plantas de tratamiento de aguas*. Madrid: Bellisco. Recuperado el 10 de 12 de 2019
- Jiménez, D., Lora, F., & Ramalho, R. (2003). *Tratamiento de aguas residuales*. Barcelona: Reverté, S.A. Recuperado el 23 de 01 de 2020, de <https://books.google.com.ec/books?id=30etGjzPXyWC&printsec=frontcover&dq=aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjEm76Qn5rnAhWRylkKHZUJAQAQ6AEIKDAA#v=onepage&q&f=false>
- Lozano, W. (2012). *Fundamentos de diseños de plantas de tratamiento depuradoras de aguas residuales*. Bogotá Colombia. Recuperado el 14 de 12 de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/298354134_Disenio_de_Plantas_de_Tratamiento_de_Aguas_Residuales
- MAE. (2015). *Anexo del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente*. Quito: Registro Oficial Nro. 387. Edición Especial de 4 de Noviembre de 2015. Recuperado el 3 de 12 de 2019, de https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf
- Manga Certain, J., Molinares Amaya, N., & Arrieta Pearson, J. (2007). *Tratamiento de aguas residuales mediante sistemas de lagunage*. Barranquilla: Ediciones Uninorte. Recuperado el 5 de 12 de 2019
- Méndez, L., Miyashiro, V., Rojas, R., Cotrado, M., & Carrasco, N. (2004). Tratamiento de de aguas residuales mediante lodos activados a escala laboratorio. *Revista del instituto de investigación FIGMMG*, 74-83. doi:1561-0888
- Méndez, S. (2011). *Diseño del Alcantarillado Sanitario y Pluvial y Tratamiento de (Tesis de grado)*. Recuperado el 2 de 12 de 2019, de Universidad San Francisco de Quito, Ecuador: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/608/5/98100.pdf>
- Menéndez, C., Pérez, J., & García, J. (2005). *Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales mediante filtros percoladores*. Recuperado el 2 de 12 de 2019, de https://www.academia.edu/36482497/INSTITUTO_SUPERIOR_POLIT%C3%89CNICO_JOS%C3%89_ANTONIO_ECHEVERR%C3%8DA_PLANTAS_DE_TRATAMIENTO_DE_AGUAS_RESIDUALES_MUNICIPALES_MEDIANTE_FILTROS_PERCOLADORES_CONTROL_DE_LA_OPERACI%C3%93N_MANTENIMIENTO_Y_MUESTREO
- MIDUVI. (2014). *Memorias de cálculo del plan maestro de la parroquia Fátima*. Puyo. Recuperado el 27 de 11 de 2019

- Moposita, V. (25 de 11 de 2019). Registro, clasificaión de usuarios y producción de agua potable. (E. Salambay , Entrevistador) Puyo, Pastaza, Ecuador. Recuperado el 25 de 11 de 2019
- Moya, R. (2013). *Análisis de la evolución de los caudales de entrada a las estaciones depuradores de aguas residuales e influencia sobre la decantación secundaria*. Recuperado el 25 de 11 de 2019, de Universidad de Alicante, España: <https://iuaca.ua.es/es/master-agua/documentos/-gestadm/trabajos-fin-de-master/tfm07/ftm07-maria-jose-moya-llamas.pdf>
- NRC. (2016). *Dimensionamiento de filtros percoladores*. Recuperado el 06 de 01 de 2020, de <https://es.scribd.com/document/318741207/5-FILTROS-BIOLOGICOS>.
- ONU. (2019). *Informe Mundial de Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos*. México: Lucart Estudio S.A. Recuperado el 14 de 11 de 2019, de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367304>
- Ordenanza municipal de regulación, administración y control de tarifas de agua potable y alcantarillado para el cantón Pastaza [Ord.] (2012). Artículo 60 [Sección II]. Lexis. Quito.
- OPS. (2005). *Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización*. Recuperado el 20 de 12 de 2019, de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%202005.%20Gu%C3%ADa%20para%20el%20dise%C3%B1o%20de%20tanques%20s%C3%A9pticos.pdf
- Ortíz, R. (2011). *Pequeñas centrales hidroeléctricas*. Bogotá: Ediciones de la U. Recuperado el 14 de 12 de 2019, de <https://books.google.com.ec/books?id=HSejDwAAQBAJ&pg=PA214&dq=desarenador&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjEzrqA1JnmAhXJpFkKHUSiCe0Q6AEIQzAE#v=onepage&q=desarenador&f=false>
- Osorio, F., Torres, J. C., & Sánchez, M. (2010). *Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes*. España: Díaz de Santos. Recuperado el 16 de 12 de 2019
- Paguay, M. (2011). *Las aguas residuales y su incidencia en la calidad de vida de los habitantes de la lotización del colegio de ingenieros civiles del sector Huamurco del cantón Tena, Provincia de Napo*. Tena. Recuperado el 27 de 11 de 2019, de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/1069?locale=de>
- Perlaza, J. (2016). *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales (Tesis de grado)*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Recuperado el 08 de 12 de 2019, de Escuela Superior Politecnica de Chimborazo: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/5679/1/96T00338.pdf>
- Pulido, S., Miranda, V., Guavita, M., & Molano, E. (2014). *PTAR-Uniminuto*. Recuperado el 12 de 12 de 2019, de <https://sites.google.com/site/ptaruniminuto/home>:

<https://sites.google.com/site/ptaruniminuto/origen-y-caracteristicas-de-las-aguas-residuales>

- Quevedo, H. (2006). *Métodos estadísticos para la ingeniería ambiental y la ciencia*. p 58-66.
- Quiminet. (2011). <https://www.quiminet.com>. Obtenido de <https://www.quiminet.com/https://www.quiminet.com/articulos/las-caracteristicas-de-los-detergentes-2603319.htm>
- Quispe, A. (2018). *Evaluación de la eficiencia entre dos sistemas de biofiltros para el tratamiento de las aguas residuales domesticas de la localidad de Carapongo, Loricango-Chosica*. Universidad Nacional Federico Villareal, Lima. Recuperado el 11 de 12 de 2019, de http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/1930/TESIS_ANDREA%20QUISPE%20PULIDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ras. (2000). *Tratamiento de aguas residuales*. Bogotá. Recuperado el 26 de 12 de 2019
- Reglamento al Código Orgánico del Ambiente [Reglam.] (2019). Artículo 2 [Titulo II]. Lexis. Quito.
- Reglamento de prestación de servicios de EMAPAST [Reglam.] (2010). Artículo 2 [Capítulo I]. Pastaza.
- Reynolds, K. A. (2002). *Tratamiento de aguas residuales en latinoamérica*. Recuperado el 14 de 12 de 2019, de De la llave: http://cidta.usal.es/residuales/libros/documentos_nuevos/DeLaLaveSepOct02.pdf
- Rodríguez, D. (2016). *Gestión de aguas residuales y reutilización*. Recuperado el 24 de 01 de 2020, de <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/25425/gestion-de-aguas-residuales-y-reutilizacion>
- Rodríguez, P. (2012). *civilgeeks.com Ingeniería y construcción*. Recuperado el 23 de 12 de 2019, de <https://civilgeeks.com/2010/10/07/dotacion-sistema-de-agua-potable/>
- Rojas, R. (2002). *Gestión integral de tratamiento de aguas residuales*. Panamá.
- Romero, J. (2010). *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño*. Bogotá: Escuela Colombiana de ingeniería. Recuperado el 09 de 12 de 2019
- Russell, D. L. (2012). *Tratamiento de aguas residuales*. Barcelona: Reverté. Recuperado el 29 de 11 de 2019
- Sains, J. (2005). *Procesos y operaciones unitarias en depuración de agua residuales*. Madrid: Fundación EOI. Recuperado el 23 de 11 de 2019, de <https://books.google.com.ec/books?id=r9aK7UttDU8C&printsec=frontcover&dq=filtro+percolador+pdf&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiH0PiHupfmAhVNqlkKHbQ4AGMQ6AEIKDAA#v=onepage&q&f=true>
- Secretaría del agua. (1992). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*.

- Quito. Recuperado el 28 de 11 de 2019, de <https://archive.org/details/ec.cpe.5.9.1.1992/page/n1/mode/2up>
- Secretaría del agua. (2014). *Norma de diseño para el abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural*. Recuperado el 28 de 11 de 2019, de <https://www.agua.gob.ec/>: https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_rural_para_estudios_y_disenos.pdf
- Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond , P., Schertenleib, R., & Zurbrügg, C. (2018). *Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox*. Recuperado el 15 de 12 de 2019, de <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-saneamiento/recoleccion-y-almacenamiento/filtro-anaerobio-de-flujo-ascendente>
- Torres, P. (2012). Perspectivas del tratamiento anaeróbico de las aguas residuales domésticas en países en desarrollo. *Escuela de Ingeniería de Antioquia*, p. 115 - 129. Recuperado el 15 de 12 de 2019
- UNESCO. (2017). *Aguas residuales el recurso desaprovechado*. París. Recuperado el 20 de 11 de 2019, de https://unesdoc.unesco.org/in/rest/annotationSVC/DownloadWatermarkedAttachment/attach_import_1d789121-19f2-41a2-95eb-d848cdf39fd0?_=247647spa.pdf
- UNESCO. (2019). *Informe mundial de las naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2019: No dejar a nadie atrás*. París. Recuperado el 21 de 11 de 2019, de <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>
- Zaldumbide, F. (2018). *Fundamento y operación de tratamiento de agua potable municipal e industrial*. Ambato: Consecam. Recuperado el 22 de 12 de 2019
- Zambrano , N. (2015). *Recolección de aguas residuales*. Bogotá: Memoine Editores. Recuperado el 27 de 11 de 2019

CAPÍTULO VII

7. ANEXOS

7.1. CÁLCULO DE CAUDALES

7.1.1. CAUDAL MEDIO DIARIO (L/S)

$$Q_{md} = 0.81 L/s + 0.40L/s + 0,27L/s$$

$$Q_{md} = 1,48L/s$$

CAUDAL DOMÉSTICO

$$Q_{dom} = \frac{300 L/hab * día * 291hab * 0,80}{86.400s}$$

$$Q_{dom} = 0,81 L/s$$

CAUDAL DE INFILTRACIÓN

$$Q_{inf} = 0,3 \frac{L}{s * ha} * 1,3472ha$$

$$Q_{inf} = 0,40 L/s$$

CAUDAL DE CONEXIONES ERRADAS

$$Q_{cerr} = 0,2L/s * ha * 1,3472ha$$

$$Q_{cherr} = 0,27 L/s$$

7.1.2. CAUDAL MÍNIMO

$$Q_{min} = 0,30 * 1,48L/s$$

$$Q_{min} = 0,44L/s$$

7.1.3. CAUDAL PUNTA

$$Q_p = 5 * 1,48L/s$$

$$Q_p = 7,4L/s$$

7.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA REJILLA

ÁREA ÚTIL

$$A_u = \frac{0,0078 m^3/s}{0,1 m/s}$$

$$A_u = 0,078 \text{ m}^2$$

7.2.1. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CRIBADO

ÁREA DEL CANAL

$$A_R = 0,9\text{m} * \frac{0,03\text{m}}{0,03\text{m} + 0,025\text{m}} * \left(1 - \frac{30}{100}\right)$$
$$A_R = 0,3436 \text{ m}^2$$

PROFUNDIDAD O ANCHO DE LA ZONA DE REJILLA

$$P = 7,4\text{m}^3/\text{s} * \frac{0,025 \text{ m} + 0,03\text{m}}{\left(1 - \frac{30}{100}\right) * 0,1 * 0,03\text{m} * 0,9\text{m}}$$
$$P = 0,1858 \text{ m}$$

PÉRDIDA DE CARGA POR LA REJILLA

$$\Delta H = \frac{0,1^2}{9,1}$$
$$\Delta H = 0,010204 \text{ m}$$

NÚMERO DE BARROTOS

$$N = \frac{0,9\text{m} - 0,03\text{m}}{0,025\text{m} + 0,03\text{m}}$$
$$N = 15,81$$
$$N = 16 \text{ barrotes}$$

7.2.2. DIMENSIONAMIENTO DEL DESARENADOR

ÁREA

$$A = \frac{0,0074 \text{ m}^3/\text{s}}{0,1 \text{ m/s}}$$
$$A = 0.074 \text{ m}^2$$

ANCHO

Para la sección propuesta el área hidráulica es:

$$B = \frac{0,074m^2}{0,9 m}$$

$$B = 0,082 m$$

LONGITUD DEL DESARENADOR

$$L_{Util} = 1,20m * 0,9m(0,1/0,085)m/s$$

$$L_{Util} = 1,27 m$$

Longitud adoptada: 1,50 m

7.3. DIMENSIONAMIENTO DE LA FOSA SÉPTICA

VOLUMEN ÚTIL DE LA FOSA SÉPTICA

$$V_U = 1000 + 291hab(300 L/hab * día * 0,5días) + (57días * 1 L/ha * día)$$

$$V_U = 1000 + 35.502L$$

$$V_{UTOTAL} = 36.502L$$

$$V_{U DE CADA FOSA} = 18.251L$$

DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LA FOSA SÉPTICA

Relación Longitud/Ancho $L/b \geq 2 < L/b < 4 = 3$

Profundidad útil $> 1,20m$ (h) = 2,2m

ANCHO

$$b = \left(\frac{18.251L}{3(2,2m) * 1000} \right)^{0,5}$$

$$b = \left(\frac{18.251}{6.600m} \right)^{0,5}$$

$$b = \left(\frac{18.251}{6.600m} \right)^{0,5}$$

$$b = 1,66m$$

LONGITUD TOTAL DE LA FOSA

$$L = 3(1,66m)$$

$$L = 5m$$

LONGITUD DEL PRIMER COMPARTIMENTO O CÁMARA

$$L_1 = 5m * 2/3$$

$$L_1 = 3,3m$$

LONGITUD DEL SEGUNDO COMPARTIMENTO O CÁMARA

$$L_2 = 5m * 1/3$$

$$L_2 = 1,66m$$

BORDE INFERIOR DE LOS ORIFICIOS DE PASO

$$B_1 = 2,2m * 2/3$$

$$B_1 = 1,46m$$

BORDE SUPERIOR DE LOS ORIFICIOS DE PASO

$$B_s = 2,2m - 0,3m$$

$$B_s = 1,9m$$

CÁLCULOS ADICIONALES DEL RESGUARDO DEL EQUIPO

Altura total

$$H_T = 2,2m + 0,3$$

$$H_T = 2,5m$$

7.4. DIMENSIONAMIENTO DEL FILTRO PERCOLADOR

PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE DBO₅

$$\% = \frac{200\text{mg/L} - 50\text{mg/L}}{200\text{mg/L}} * 100$$

$$\% = \frac{150\text{mg/L}}{200\text{mg/L}} * 100$$

$$\% = 75\%$$

CARGA TOTAL DE DBO₅

$$C_T DBO_5 = \frac{50g DBO_5}{hab * día} * 291hab$$

$$C_T DBO_5 = 14.550g DBO_5/día$$

$$C_T DBO_5 = 14,55Kg DBO_5/día$$

VOLUMEN DEL EQUIPO

$$V_1 = \frac{(0,44 * 75)^2 14,55Kg DBO_5/día}{(100-75)^2 1}$$

$$V_1 = \frac{15.844,95}{625}$$

$$V_1 = 25,35m^3$$

$$V_1 = 40m^3$$

ÁREA DEL FILTRO

$$A_f = \frac{40m^3}{2,35m}$$

$$A_f = 17m^2$$

DIÁMETRO DEL FILTRO

$$d = 2 * \frac{\sqrt{17m^2}}{\pi}$$

$$d = 4,6m$$

VOLUMEN DEL RELLENO NECESARIO

$$V_R = 17m^2 * 1,85m$$

$$V_R = 31,45m^3$$

7.5. DIMENSIONAMIENTO DEL LECHO SECADO DE LODOS

$$C = 7,4L/s * 220mg/L * 0,0864$$

$$C = \frac{140,65mg}{s}$$

$$C = 12,15 KgSS/día$$

CONTRIBUCIÓN PERCÁPITA

$$C = \frac{291\text{hab} * 90 \text{ grSS}/\text{hab} * \text{día}}{1000}$$

$$C = 26,2 \text{ grSS}/\text{hab} * \text{día}$$

MASA DE SÓLIDOS QUE CONFORMAN LOS LODOS

$$Msd = (0,5 * 0,7 * 0,5 * 12\text{KgSS}/\text{día}) + (0,5 * 0,3 * 12\text{KgSS}/\text{día})$$

$$Msd = 3,94\text{KgSS}/\text{día}$$

VOLUMEN DIARIO DE LODOS DIGERIDOS

$$Vld = \frac{3,94\text{KgSS}/\text{día}}{1,04\text{Kg}/\text{L} * (8 \% S/100)}$$

$$Vld = 47,35\text{L}/\text{día}$$

VOLUMEN DE LODOS A EXTRAERSE DEL TANQUE

$$Vel = \frac{47,35\text{L}/\text{día} * 30\text{días}}{1000}$$

$$Vel = 1,42\text{m}^3$$

ÁREA DEL LECHO DE SECADO

$$Als = \frac{1,42\text{m}^3}{0,20\text{m}}$$

$$Als = 7,1\text{m}^2$$

7.6. COSTOS DE LA INFRAESTRUCTURA

7.6.1. LUGAR DE ESTUDIO



Figura 6. Área de la lotización.



Figura 7. Levantamiento de datos geográficos.

7.6.2. COTIZACIÓN DE LA FOSA SÉPTICA

2/1/2020

Consulta Detallada de Pedidos

ROMAN HERMANOS CIA. LTDA. -- HOME CENTER
PATENTE Provedatos del Ecuador S.A.

Del: 02/Jan/2020 Al: 02/Jan/2020 Jueves, 02 de Enero de 2020

DESPACHOHO pe61

PEDIDO

PEDIDO NUMERO:	006-001-000012812	ESTADO:	REGISTRADO
CLIENTE:	CONSUMIDOR FINAL	FECHA del PEDIDO:	02/Jan/2020 12:31:25
CODIGO de CLIENTE:	9999999999	DIRECCION de ENTREGA:	QUITO KM 2 1/2 . LAGO AGRIO
TELEFONO:		LOCALIDAD:	QUITO
USUARIO que REGISTRA:	DESPACHOHO	VENDEDOR:	OFICINA
CONDICION de PAGO:	CONTADO	DESPACHA BODEGA:	HOME CENTER
FORMA de PAGO:	???		
		FECHA sugerida de DESPACHO:	02/Jan/2020 00:00
USUARIO que CALIFICA:	???	FECHA que CALIFICA:	02/Jan/2020 12:31
HISTORIAL:	DESPACHOHO --> REGISTRADO		

PRODUCTOS

RG	CANT	FACT	TRANS	PEND	U.M.	CODIGO	REFERENCIA	PRODUCTO	MEDIDAS	P.VENTA	% D	P.NETO	TOTAL
01	35.00	0.00	0.00	35.00	UNI	00009109	N-EXHIBIDO	CEMENTO ROCAFUERTE 50 KL.	HC.AREA.CEMENTE	7.50	0.00	7.5000	262.50 *
02	78.00	0.00	0.00	78.00	UNI	00005184	N-EXHIBIDO	HIERRO ANTISIS, SOLDABLE 10 mm X 12 M(6)	HC.AREA.CEMENTE	6.70	0.00	6.6964	522.32 *
TOTAL PEDIDO 006-001-000012812										0.00%		784.82	
SUBTOTAL NETO:												784.82	
DSCTO.PROD :0.00% :												0.00	
SUBTOTAL:												784.82	
I.V.A. 12.00%:												94.18	
T O T A L:												879.00	
INSTRUCCIONES GENERALES:													
OBSERVACIONES:													

7.6.3. COTIZACIÓN DEL DESARENADOR

2/1/2020

Consulta Detallada de Pedidos

ROMAN HERMANOS CIA. LTDA. -- HOME CENTER
PATENTE Provedatos del Ecuador S.A.

Del: 02/Jan/2020 Al: 02/Jan/2020 Jueves, 02 de Enero de 2020

DESPACHOHO pe61

PEDIDO

PEDIDO NUMERO:	006-001-000012811	ESTADO:	REGISTRADO
CLIENTE:	CONSUMIDOR FINAL	FECHA del PEDIDO:	02/Jan/2020 12:30:01
CODIGO de CLIENTE:	9999999999	DIRECCION de ENTREGA:	QUITO KM 2 1/2 . LAGO AGRIO
TELEFONO:		LOCALIDAD:	QUITO
USUARIO que REGISTRA:	DESPACHOHO	VENDEDOR:	OFICINA
CONDICION de PAGO:	CONTADO	DESPACHA BODEGA:	HOME CENTER
FORMA de PAGO:	???		
		FECHA sugerida de DESPACHO:	02/Jan/2020 00:00
USUARIO que CALIFICA:	???	FECHA que CALIFICA:	02/Jan/2020 12:30
HISTORIAL:	DESPACHOHO --> REGISTRADO		

PRODUCTOS

RG	CANT	FACT	TRANS	PEND	U.M.	CODIGO	REFERENCIA	PRODUCTO	MEDIDAS	P.VENTA	% D	P.NETO	TOTAL
01	5.00	0.00	0.00	5.00	UNI	00009109	N-EXHIBIDO	CEMENTO ROCAFUERTE 50 KL.	HC.AREA.CEMENTE	7.50	0.00	7.5000	37.50 *
02	15.00	0.00	0.00	15.00	UNI	00005184	N-EXHIBIDO	HIERRO ANTISIS, SOLDABLE 10 mm X 12 M(6)	HC.AREA.CEMENTE	6.70	0.00	6.6964	100.45 *
TOTAL PEDIDO 006-001-000012811										0.00%		137.95	
SUBTOTAL NETO:												137.95	
DSCTO.PROD :0.00% :												0.00	
SUBTOTAL:												137.95	
I.V.A. 12.00%:												16.55	
T O T A L:												154.50	
INSTRUCCIONES GENERALES:													
OBSERVACIONES:													

7.6.4. COTIZACIÓN DEL LECHO DE SECADO DE LODOS

21/02/2020 Consulta Detallada de Pedidos
 ROMAN HERMANOS CIA. LTDA. - HOME CENTER Del: 02/Jan/2020 Al: 02/Jan/2020 Jueves, 02 de Enero de 2020 DESPACHOHO.pdf

PEDIDO

PEDIDO NUMERO:	008-001-000012813	ESTADO:	REGISTRADO
CLIENTE:	CONSUMIDOR FINAL	FECHA del PEDIDO:	02/Jan/2020 12:33:08
CODIGO de CLIENTE:	888888888	DIRECCION de ENTREGA:	QUITO KM 2 1/2 LAGO AGRO
TELEFONO:		LOCALIDAD:	QUITO
USUARIO que REGISTRA:	DESPACHOHO	VENDEDOR:	DFICNA
CONDICION de PAGO:	CONTADO	DESPACHA BODEGA:	HOME CENTER
FORMA de PAGO:	???	FECHA sugerida de DESPACHO:	02/Jan/2020 00:00
USUARIO que CALIFICA:	???	FECHA que CALIFICA:	02/Jan/2020 12:33
HISTORIAL:	DESPACHOHO -> REGISTRADO		

PRODUCTOS

RD	CANT	FACT	TRANS	PEND	U.M.	CODIGO	REFERENCIA	PRODUCTO	MEDIDAS	PVENTA	% D	PNETO	TOTAL
01	6.00	0.00	0.00	6.00	UN6	00009108	N-EXHIBIDO	CEMENTO ROCAFUERTE 50 KL	HC.AREA.CEMENTE	7.90	0.00	7.9000	45.00
02	12.00	0.00	0.00	12.00	UN6	00005184	N-EXHIBIDO	HERRO ANTIBS. SOLDABLE 16 mm x 12 MR)	HC.AREA.CEMENTE	6.71	0.00	6.6964	80.36
TOTAL PEDIDO 008-001-000012813											8.00%	125.36	
												SUBTOTAL NETO	125.36
												DISCTO.PROD 8.00%	0.00
												SUBTOTAL	125.36
												I.V.A. 12.00%	15.04
												TOTAL	140.40
INSTRUCCIONES GENERALES:													
OBSERVACIONES:													

7.6.5. COTIZACIÓN DE LÁMPARA UV – 12GPM



SANITRON
Ingeniería de Purificación







RUC: 1791955153001 **COTIZACION: 2290**
 Dirección: Cotacallao / De Los Eucaliptos E8-76

Teléfono: 02-2805528 / 02-2808128 Fecha de Cotización: Quito, 26/12/2019
 Pagina web: www.sanitron.ec.com

Cliente: SALAMBAY ERICK
 RUC: N1108
 Dirección:

Código	Descripción	Cant.	Precio Unit.	Descuento	Precio Total
UVST0010	SISTEMA AGUA UV 12 GPM 1" MNPT 110-220 VAC 30 W (ANALOGICO)	1	602.36	27.50 %	581.71
TOTAL EFECTIVO					651,52
SUBTOTAL					581,71
DESC.					0,00
I.V.A 12 %					69,81
TOTAL					651,52

El valor es: SEISCIENTOS CINCUENTA Y UN CON 52 / 100.

Forma de pago : contado
 Elaborado por: Gladelys Vasquez Correo: g.vasquez@sanitron.ec.com
 Observación: SISTEMA UV DE 12 GPM

ESTA PROPUESTA NO INCLUYE:
 . Instalación
 . Transporte
 . Váticos
 Tiempo de entrega: según disponibilidad de Stock

VALIDEZ DE PROFORMA 8 DIAS

7.7. REGISTROS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

ANEXO 8. REGISTRO Y CLASIFICACIÓN DE USUARIOS

MESES	RESIDENCIAL	COMERCIAL	INDUSTRIAL	ESTATAL	TOTAL	CRECIM MEN
ENERO	9348	1573	16	167	11104	
FEBRERO	9406	1577	16	168	11167	0,005673631
MARZO	9466	1576	16	167	11225	0,005193875
ABRIL	9521	1570	44	168	11303	0,006948775
MAYO	9544	1567	44	168	11323	0,001769442
JUNIO	9561	1568	44	168	11341	0,001589685
JULIO	9578	1568	44	168	11358	0,001498986
AGOSTO	9601	1566	44	168	11379	0,001848917
SEPTIEMBRE	9627	1565	44	168	11404	0,00219703
OCTUBRE	9654	1564	44	168	11430	
NOVIEMBRE						
DICIEMBRE						
PROMEDIO	9531	1569	36	168	11303	
TOTAL	95306	15694	356	1678	113034	
PORCENTAJE	-84,32%	13,88%	0,31%	1,48%		



FUENTE: SISTEMA EMA/SISTEMA SIIM/DIRECCIÓN COMERCIAL



Ing. Vivian Maura - Técnico EMAPAST

MES	PLANTA SAN VICENTE				PLANTA LA PALESTINA				PLANTA EL ROSAL				
	A	B	A+B	m3	A	B	C	A+B+C	A	B	C	A+B+C	
ENERO	236800,80	236800,80	201280,88	6709,38	191042,23	137184,18	48708,10	376334,53	348227,75	11540,83	164217,60	157708,80	5284,96
FEBRERO	211939,20	211939,20	180148,32	6004,94	203122,01	139663,81	41537,84	374323,66	344306,16	11479,87	126297,60	121060,80	4035,38
MARZO	242669,95	242669,95	206289,48	6875,65	202294,76	137184,19	35847,79	375326,74	345300,62	11510,62	160954,00	145663,20	4885,44
ABRIL	198529,06	198529,06	170870,18	5955,87	206921,63	137407,37	31923,74	381953,34	351387,07	11713,34	134784,00	123301,44	4116,08
MAYO	211075,20	211075,20	179413,82	5880,46	220888,12	145848,38	36130,75	410867,25	377997,87	12599,93	152925,60	139384,80	4846,16
JUNIO	236659,97	236659,97	201160,97	6705,37	233197,06	133614,30	38098,16	404910,58	372517,72	12417,28	138836,00	124869,60	4162,32
JULIO	198303,95	198303,95	168558,02	5618,60	217991,34	123918,70	39346,58	400957,00	368880,44	12294,01	142840,80	129880,80	4329,36
AGOSTO	196300,80	196300,80	168558,02	5618,60	196503,63	121712,58	40335,62	364751,23	368880,44	12294,01	140292,00	129880,80	4329,36
SEPTIEMBRE	171796,29	171796,29	148558,02	5618,60	234205,62	122911,9	36380,38	393503,90	368880,44	12294,01	140292,00	129880,80	4329,36
OCTUBRE	191300,28	191300,28	148558,02	5618,60	168418,82	177037,00	88417,87	434873,69	368880,44	12294,01	126398,40	129880,80	4329,36
NOVIEMBRE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DICIEMBRE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



7.8. MATRIZ DE PONDERACIÓN DE ALTERNATIVAS

Tabla 44. Eficiencia de remoción.

Eficiencia de Remoción					
	A1	A2	A3	Suma α	FP'
A1	0	10	1	11	0,64
A2	0,1	0	0,2	0,3	0,02
A3	1	5	0	6	0,35
Total				17,3	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45. Análisis de costo de inversión.

Costo de Inversión					
	A1	A2	A3	Suma α	FP'
A1	0	1	0,2	1,2	0,10
A2	1	0	0,2	1,2	0,10
A3	5	5	0	10	0,81
Total				12,4	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46. Análisis de mantenimiento.

Mantenimiento					
	A1	A2	A3	Suma α	FP'
A1	0	10	5	15	0,73
A2	0,1	0	5	5,1	0,25
A3	0,2	0,2	0	0,4	0,02
Total				20,5	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47. Análisis de Espacio.

Espacio					
	A1	A2	A3	Suma α	FP'
A1	0	10	5	15	0,87
A2	0,1	0	1	1,1	0,06
A3	0,2	1	0	1,2	0,07
Total				17,3	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 48. Análisis de operatividad.

Operatividad					
	A1	A2	A3	Suma α	FP'
A1	0	0,2	5	5,2	0,25
A2	5	0	10	15	0,73
A3	0,2	0,1	0	0,3	0,01
Total				20,5	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 49. Análisis de consumo energético.

Consumo Energético					
	A1	A2	A3	Suma α	FP'
A1	0	0,2	5	5,2	0,25
A2	5	0	10	15	0,73
A3	0,2	0,1	0	0,3	0,01
Total				20,5	

Fuente: Elaboración propia.

7.9. PLANIMETRÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO



7.10. ESQUEMA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

