

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA



ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Denominación del Título a obtener:

Ingeniera Ambiental

Título del Proyecto de Investigación:

Diseño de un sistema de alcantarillado y depuración de aguas residuales domésticas mediante humedales artificiales en la comunidad Cotococha.

Autores:

Atiencia Grefa Josselyn Belen

Hernández Yarpaz Viviana Maribel

Tutor:

MS.c. Angélica Tasambay

Puyo - Ecuador

2020

Certificación de culminación del proyecto de investigación.

En mi calidad de Director del proyecto de investigación denominado: **“Diseño de un sistema de alcantarillado y depuración de aguas residuales domésticas mediante humedales artificiales en la comunidad Cotococha”** de los autores: Atiencia Grefa Josselyn Belen y Hernández Yarpaz Viviana Maribel, egresadas de la carrera de Ingeniería Ambiental, considero que reúnen los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a la evaluación del jurado examinador designado por el consejo directivo.



Msc. Angélica Tasambay
Directora de Proyecto



Oficio No. 159-SAU-UEA-2020

Puyo, 31 de enero de 2020

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Proyecto de Investigación correspondiente a las egresadas ATIENCIA GREFA JOSSELYN BELEN con C.I. 1501115974; y HERNÁNDEZ YARPAZ VIVIANA MARIBEL con C.I. 2100731781 con el Tema: "**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS MEDIANTE HUMEDALES ARTIFICIALES EN LA COMUNIDAD COTOCOCHA**", de la carrera, Ingeniería Ambiental. Directora del proyecto MSc. Angélica Tasambay S, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 1%, Informe generado con fecha 31 de enero de 2020 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

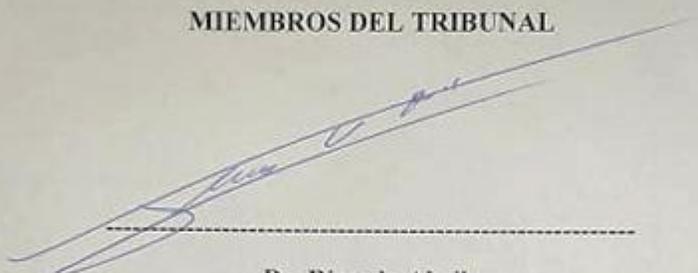
Ing. Italo Marcelo Lara Pilco MSc.

ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND - UEA - .

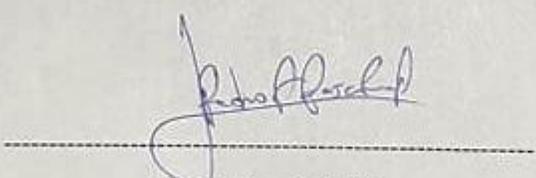
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El presente proyecto de investigación titulado: "Diseño de un sistema de alcantarillado y depuración de aguas residuales domésticas mediante humedales artificiales en la comunidad Cotococha", bajo la responsabilidad de Atiencia Greña Josselyn Belen y Hernández Yarpaz Viviana Maribel, fue aprobado por los siguientes miembros del tribunal:

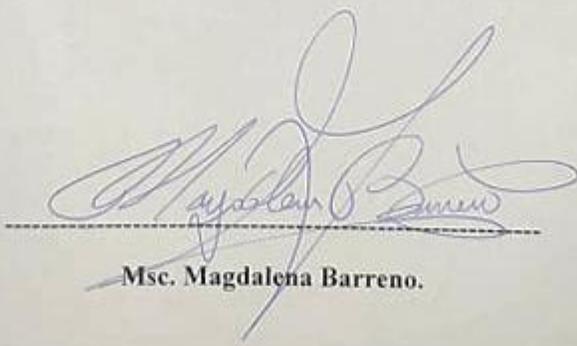
MIEMBROS DEL TRIBUNAL



Dr. Ricardo Abril.



Msc. Pedro Peñafiel.



Msc. Magdalena Barreno.

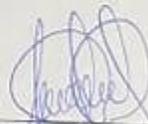
Declaración de auditoria y cesión de derechos

Atiencina Grefa Josselyn Belen y Hernández Yarpaz Viviana Maribel, egresadas de la Universidad Estatal Amazónica carrera de Ingeniería Ambiental libre y voluntariamente declaramos que los contenidos y resultados de la presente investigación titulada "Diseño de un sistema de alcantarillado y depuración de aguas residuales domésticas mediante humedales artificiales en la comunidad Cotococha" son auténticos y de exclusiva responsabilidad.

Y autorizamos a la Universidad Estatal Amazónica hacer uso, con fines docentes e investigativos de los resultados obtenidos de la misma.



Atiencina Grefa Josselyn Belen
50111597-4



Hernández Yarpaz Viviana Maribel
210073178-1

AGRADECIMIENTO.

Nuestro más sincero agradecimiento a Dios, el creador y motor de nuestras vidas.

Agradecemos a nuestros padres por encontrarse siempre a nuestro lado en todo momento, ayudándonos siempre incondicionalmente, sin hacernos faltar su amor y paciencia.

A nuestros docentes, que durante el transcurso de la carrera nos han compartido sus conocimientos haciéndonos crecer personal y profesionalmente.

A la Universidad Estatal Amazónica por abrirnos las puertas y darnos la oportunidad de realizar nuestros estudios y poder obtener nuestro título académico que conjunto con todos los conocimientos adquiridos nos ayudarán a defendernos en el mundo laboral.

A nuestro director de titulación Msc. Raúl Valverde y a la Msc. Angélica Tasambay por habernos brindado su tiempo y dedicación compartiendo sus conocimientos y guiándonos en todo el proceso de la elaboración de nuestro proyecto de titulación.

Al Presidente de la Junta Parroquial de la Tarqui Ing. Freddy Zavala por habernos brindado su ayuda con la gestión para la realización de la topografía y demás información necesaria para la realización de nuestro proyecto de titulación.

A nuestro amigo Luis Alvarado quien dejando de sus obligaciones nos brindó su ayuda en la recopilación de datos necesarios para realizar los respectivos cálculos para el diseño del humedal artificial. Al Ing. Israel Guamán por ser una persona muy amable y paciente para enseñarnos y guiarnos de la mejor manera con la realización del diseño del alcantarillado.

A los habitantes de la comunidad por colaborarnos con la información necesaria solicitada.

Al Gobierno Provincial de Pastaza por habernos ayudado con el personal profesional y equipos para la realización de la topografía del centro poblado de la comunidad, la cual es muy importante para el diseño del alcantarillado.

DEDICATORIA.

Este proyecto de titulación se lo ha realizado mediante la aplicación de todos los conocimientos adquiridos durante la carrera que ha sido fruto de dedicación y constancia.

Se lo dedicamos con mucho amor a nuestros padres, a quienes admiramos, respetamos y amamos, ellos que nos inspiran, apoyan e impulsan a diario para alcanzar nuestras metas y seguir adelante a pesar de las adversidades que se presenten.

A nuestros hermanitos que siempre han estado para nosotras en los buenos y malos momentos, brindándonos siempre su cariño incondicional a pesar de la distancia se hacen presentes sus mensajes de aliento.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo diseñar un sistema de alcantarillado y depuración de aguas residuales domésticas mediante humedales artificiales en la comunidad Cotococha, para de esta manera aportar a la comunidad a mejorar su calidad de vida.

La metodología que se utilizó es de tipo descriptiva-aplicada basada en el levantamiento de información mediante encuestas en el centro poblado de la comunidad y sus alrededores, misma que nos permitió determinar el número de la población actual de 186 habitantes, además se observó que las aguas residuales provenientes de los hogares son descargadas sin previo tratamiento, por ende se diseñó el sistema de alcantarillado sanitario que será construido con pozos de revisión de hormigón simple y tuberías de PVC-NOVAFORT, con un diámetro mínimo de 200mm, tendrá una vida útil de 25 años a partir de su construcción. El caudal de diseño que se obtuvo es de 1,70 L/s de agua residual, para tratar este caudal se diseñó un sistema de depuración que contiene un pretratamiento que es el desbaste con un canal de profundidad de 0,70m y de largo 1,50m, también un tanque de homogenización con un diámetro de 1,75m y una altura de 2,65m, el tratamiento primario consta de un tanque Imhoff con una altura de 5,25m y diámetro de 4,73m y el diseño de lechos de lodos, el tratamiento biológico consta del diseño de 2 humedales de flujo subsuperficial debido a su longitud permitiendo de esta manera descargar aguas tratadas al río Puyo.

Palabras clave: Aguas residuales, diseño, alcantarillado sanitario, humedales artificiales, comunidad, efluente, tratamiento.

ABSTRACT

The objective of this research project is to design a sewage system and purification of domestic wastewater using artificial wetlands in the Cotococha community, in order to contribute to the community to improve their quality of life. The methodology used is descriptive-applied based on the collection of information through surveys in the populated center of the community and its surroundings, which allowed us to determine the number of the current population of 186 inhabitants, it was also observed that the Wastewater from homes is discharged without prior treatment, therefore the sanitary sewer system was designed that will be built with simple concrete inspection wells and PVC-NOVAFORT pipes, with a minimum diameter of 200mm, will have a useful life of 25 years after its construction. The design flow that was obtained is 1.70 L / s of wastewater, to treat this flow a treatment system was designed that contains a pretreatment that is roughing with a depth channel of 0.70m and 1,50m, also a homogenization tank with a diameter of 1.75m and a height of 2.65m, the primary treatment consists of an Imhoff tank with a height of 5.25m and diameter of 4.73m and the bedding design of sludge, the biological treatment consists of the design of 2 subsurface flow wetlands due to its length allowing this way to discharge treated waters to the Puyo river.

Keywords: Wastewater, design, sanitary sewer, artificial wetlands, community, effluent, treatment.

TABLA DE CONTENIDO.

CAPITULO I.....	17
1.1 INTRODUCCIÓN.....	17
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	18
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	18
1.5 OBJETIVOS.....	19
1.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	19
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	19
CAPITULO II.....	16
2.1 ANTECEDENTES.....	20
2.2 FUNDAMENTO TEÓRICO.....	20
2.2.1 Aguas Residuales.....	20
2.2.2 Tratamiento de aguas residuales.....	20
2.2.3 Sistema de alcantarillado.....	21
2.2.4 Humedales.....	21
2.2.5 Humedales artificiales.....	21
2.2.6 Componentes del humedal:.....	21
2.2.7 Tipo de Humedal artificial.....	23
2.3 MARCO LEGAL.....	23
2.3.1 Constitución de la República del Ecuador del año 2008, establece:.....	23
2.3.2 Código Orgánico del Ambiental (COA) 2017, establece:.....	24
2.3.3 Norma CO 10.7-602 de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural.....	25
CAPITULO III.....	27
3.1 METODOLOGÍA.....	27
3.2 LOCALIZACIÓN.....	27
3.2.1 MEDIO ABIÓTICO.....	28
3.2.2 MEDIO BIÓTICO.....	32
3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	35
3.4 MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	35

3.4.1	Objetivo1.- Realizar la caracterización de la población y la determinación de la generación de aguas residuales.....	35
3.4.2	Objetivo 2.- Diseñar el sistema de alcantarillado de la comunidad Cotococha. .	38
3.4.3	Objetivo 3 Diseñar el sistema de depuración de aguas residuales domésticas a través de humedales artificiales en la comunidad Cotococha.	53
CAPITULO IV.....		65
4.1	RESULTADOS.....	65
4.1.1	Resultados del objetivo 1.....	65
4.1.2	Resultados del objetivo 2.....	66
4.1.3	Resultados del objetivo 3.....	59
4.1.3.1	Diseño del canal de desbaste.....	60
4.1.3.2	Diseño del tanque de homogenización.....	61
4.1.3.3	Diseño del tanque Imhoff.....	62
4.1.3.3.1	Diseño del sedimentador.....	62
4.1.3.3.2	Diseño del digestor.....	63
4.1.3.3.3	Dimensiones totales del tanque.....	64
4.1.3.4	Diseño de humedales artificiales de flujo subsuperficial.....	64
4.2	DISCUSIÓN	80
CAPITULO V		83
4.3	CONCLUSIONES.....	83
4.4	RECOMENDACIONES.....	84
CAPITULO VI.....		85
5.1	BIBLIOGRAFÍA.....	85
5.2	ANEXOS.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1.- Esquema de Humedal Artificial de Flujo Sub-superficial Horizontal.....	23
Figura 2 Localización de la comunidad Cotococha.....	27
Figura 3 Río Puyo.....	31
Figura 4 Efluente 1	31
Figura 5 Efluente 2	31
Figura 6 Comunidad Cotococha.....	32
Figura 7 Ubicación del ecosistema.....	32
Figura 8 Ara ararauna.....	35
Figura 9 Actividades turísticas de la Comunidad Cotococha.....	36
Figura 10 Pozo séptico.	37
Figura 11 Aguas residuales.....	37
Figura 12. Tubería con sección llena.....	47
Figura 13 Sección de una tubería parcialmente llena.....	48

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Plantas acuáticas emergentes utilizadas en el tratamiento de aguas residuales.....	22
Tabla 2. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.	25
Tabla 3.- Intervalos entre curvas de nivel.....	26
Tabla 4. Coordenadas de la zona de estudio.	28
Tabla 5. Matriz para descripción de unidades geomorfológicas	29
Tabla 6. Cultivos de la comunidad Cotococha.	30
Tabla 7. Descripción del Ecosistema de la zona de estudio.	32
Tabla 8. Matriz para el ecosistema.	33
Tabla 9. Principales servicios ambientales que proporcionan los ecosistemas.	33
Tabla 10. Plantas medicinales representativas de la zona.	34
Tabla 11. Plantas maderables representativas de la zona.	34
Tabla 12. Fauna representativa de la zona.....	34
Tabla 13.- Composición típica del agua residual domestica bruta.	38
Tabla 14. Distancias máximas entre pozos de revisión.	40
Tabla 15. Criterios de velocidad en los conductos.	40
Tabla 16 Tasas de crecimiento poblacional.	41
Tabla 17. Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.	42
Tabla 18. Porcentajes de fugas a considerarse en el diseño del sistema de alcantarillado.	43
Tabla 19. Valores de infiltración.	45
Tabla 20. Valores de coeficiente de rugosidad de Manning.....	47
Tabla 21. Cuadro de pendientes mínimas para las alcantarillas sanitarias	51
Tabla 22. Velocidades máximas en a tubo lleno y coeficiente de rugosidad recomendado.	52
Tabla 23. Criterios de diseño para rejillas finas.....	53
Tabla 24. Criterios para tanque Imhoff.	57
Tabla 25. Factor punta.	58
Tabla 26. Tiempo de digestión.	60
Tabla 27. Características típicas del medio para humedales de flujo subsuperficial.	62
Tabla 28. Criterios para humedales de flujo subsuperficial.	62
Tabla 29.- Caracterización de la población de la comunidad Cotococha.....	65
Tabla 30.- Composición típica del agua residual domestica bruta.	65
Tabla 31. Alcantarillado Sanitario, determinación de caudales.	69
Tabla 32. Cálculos de los parámetros hidráulicos de una red de alcantarillado.	72

ÍNDICE DE ECUACIONES.

(Ecuación 1).....	41
(Ecuación 2).....	42
(Ecuación 3).....	42
(Ecuación 4).....	43
(Ecuación 5).....	44
(Ecuación 6).....	44
(Ecuación 7).....	44
(Ecuación 8).....	45
(Ecuación 9).....	45
(Ecuación 10).....	46
(Ecuación 11).....	46
(Ecuación 12).....	46
(Ecuación 13).....	48
(Ecuación 14).....	48
(Ecuación 15).....	48
(Ecuación 16).....	48
(Ecuación 17).....	49
(Ecuación 18).....	49
(Ecuación 19).....	49
Ecuación 20	49
(Ecuación 21).....	49
(Ecuación 22).....	50
(Ecuación 23).....	50
(Ecuación 24).....	50
(Ecuación 25).....	50
(Ecuación 26).....	51
(Ecuación 27).....	52
(Ecuación 28).....	53
(Ecuación 29).....	54
(Ecuación 30).....	54
(Ecuación 31).....	54
(Ecuación 32).....	54
(Ecuación 33).....	55
(Ecuación 34).....	55
(Ecuación 35).....	55
(Ecuación 36).....	55
(Ecuación 37).....	55
(Ecuación 38).....	56
(Ecuación 39).....	56
(Ecuación 40).....	56
(Ecuación 41).....	56
(Ecuación 42).....	57
(Ecuación 43).....	57
(Ecuación 44).....	57
(Ecuación 45).....	58

(Ecuación 46).....	58
(Ecuación 47).....	58
(Ecuación 48).....	59
(Ecuación 49).....	59
(Ecuación 50).....	59
(Ecuación 51).....	60
(Ecuación 52).....	60
(Ecuación 53).....	61
(Ecuación 54).....	61
(Ecuación 55).....	63
(Ecuación 56).....	63
(Ecuación 57).....	63
(Ecuación 58).....	63
(Ecuación 59).....	64

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCIÓN.

Las aguas residuales domesticas que son vertidas directamente a los cuerpos hídricos conlleva a un problema en el ambiente, en la salud y seguridad de los seres humanos debido a que estas aguas tienen compuestos orgánicos, inorgánicos y microorganismos patógenos que al mezclarse conjuntamente en el agua son causantes de enfermedades para la población que usa el líquido vital para su consumo.

El centro poblado de la comunidad Cotococha ha basado su economía en el sector turístico, debido a los atractivos que posee en cuanto a sus recursos naturales y culturales que son los que atraen turistas tanto nacionales como extranjeros. Por esta razón ha incrementado la población de la comunidad, factor que influye en mayor generación de aguas residuales que son vertidas directamente en las descargas hacia el rio Puyo.

Por tal razón se propone el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario, el cual será realizado a partir de un análisis geográfico, económico y social de acuerdo a las necesidades que tiene la población, además el diseño de un sistema de depuración de aguas residuales domésticas a través de humedales artificiales, los cuales permitan que las descargas de las aguas tratadas al rio Puyo estén bajo los límites permisibles a un cuerpo de agua dulce, según (TULSMA, 2015).

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La comunidad Cotococha se sustenta de la agricultura y tiene una gran acogida de turistas como una manera de generar ingresos económicos, por lo tanto, los atractivos de la comunidad tienen acogida de turistas tanto extranjeros como nacionales, es importante mencionar que las aguas residuales que allí se generan, son descargadas directamente como efluentes al río Puyo sin previo tratamiento, considerando que el río es uno de los atractivos turísticos, está siendo contaminado con dichas aguas.

Hoy en día se conocen varias alternativas para contrarrestar este problema, la red de alcantarillado que permite la recolección y transporte de aguas residuales hacia un sistema de depuración mediante humedales artificiales de flujo subsuperficial utilizando macrófitas,

técnica considerada amigable con el ambiente, económica y eficaz en la eliminación de contaminantes.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

Las descargas de aguas residuales al río Puyo generadas por los habitantes y la actividad turística afecta a las condiciones del cuerpo receptor al no contar con un sistema de depuración de dichas aguas en la comunidad Cotococha.

1.4 JUSTIFICACIÓN.

El crecimiento poblacional ha creado un sin número de problemas, entre los cuales se da la evacuación de aguas servidas directamente al río ya que una gran parte de la población no cuenta con infraestructuras sanitarias, puesto que estas poblaciones se asientan en terrenos que no les pertenecen o se encuentran a largas distancias de las zonas urbanas, siendo así imposible la implementación de un servicio básico como es el alcantarillado sanitario y el tratamiento de las aguas servidas por parte de las autoridades competentes de la zona.

La falta de un alcantarillado sanitario y tratamiento de las aguas servidas conducidas por canales a la intemperie, produce la proliferación de vectores que son los principales causantes de enfermedades a los seres humanos incluyendo el cambio del paisaje.

La presente investigación se realizó con el fin de dar solución a las descargas provenientes de cada una de las viviendas de la comunidad Cotococha, por ello se diseña un sistema de alcantarillado y un sistema de depuración de estas aguas residuales implementando un humedal artificial.

Estos sistemas se realizaron de acuerdo a la normativa vigente y a las necesidades de la comunidad, en la que se da a conocer los parámetros y procedimientos que serán tomados en cuenta para los estudios y diseños de cada uno de los elementos que lo constituyen.

1.5 OBJETIVOS.

1.5.1 OBJETIVO GENERAL.

Diseñar un sistema de alcantarillado y depuración de aguas residuales domésticas mediante humedales artificiales en la comunidad Cotococha, Provincia de Pastaza.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Realizar la caracterización de la población y la determinación de la generación de aguas residuales.
- Diseñar el sistema de alcantarillado de la comunidad Cotococha.
- Diseñar el sistema de depuración de aguas residuales domésticas a través de humedales artificiales en la comunidad Cotococha.

CAPITULO II

2.1 ANTECEDENTES.

En el transcurso de los años se ha observado que el centro poblacional de la comunidad Cotococha ubicada en la Parroquia Tarqui, Provincia de Pastaza está creciendo, de igual manera la visita de turistas, por tal motivo el río Puyo está siendo contaminado debido a que se vierten aguas residuales directamente sin previo tratamiento para reducir la carga contaminante, es necesario realizar infraestructuras sanitarias en la comunidad Cotococha.

Actualmente en el centro poblado de la comunidad existe la necesidad de servicios básicos, por lo que se ve afectado su ecosistema y su bienestar, faltando así al artículo 14 de la constitución del Ecuador.

La comunidad no cuenta con un alcantarillado sanitario, solamente algunas de las viviendas de la comunidad cuentan con pozos sépticos, pero las aguas provenientes de sus actividades diarias son desechadas al ambiente sin ningún tratamiento y por esto surgen problemas de salubridad, malos olores, presencia de vectores los cuales dan una mala imagen y traen enfermedades.

2.2 FUNDAMENTO TEÓRICO.

2.2.1 Aguas Residuales.

Las aguas residuales municipales son las que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población. Después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias, son recogidas por una red de alcantarillado que las conducirá hacia el humedal (Espinoza, 2014).

2.2.2 Tratamiento de aguas residuales.

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado biosólido o lodo) convenientes para su disposición o reutilización. Es muy común llamarlo depuración de aguas residuales (Villacis, 2011).

2.2.3 Sistema de alcantarillado.

Un sistema de alcantarillado tiene la función de recoger y transportar aguas residuales, pluviales e industriales de una población determinada hasta el sitio en donde son tratadas o descargadas directamente. Una red de alcantarillado está constituida por estructuras hidráulicas que mayormente funcionan por gravedad mediante conductos generalmente circulares, que por lo general están enterrados bajo las vías públicas (Bravo D. & Solis E., 2018).

2.2.4 Humedales.

Tal como define la Convención Ramsar de la UNESCO (2014), son humedales las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros (Espinoza, 2014).

2.2.5 Humedales artificiales.

(Salas, 2018) Define: a los Humedales Artificiales como sistemas de depuración en los que se reproducen los procesos de eliminación de contaminantes, que tienen lugar en las zonas húmedas naturales. El carácter artificial de este tipo de humedales viene definido por las siguientes peculiaridades:

- El confinamiento del humedal se construye mecánicamente y se impermeabiliza para evitar pérdidas de agua al subsuelo.
- El empleo de sustratos diferentes al terreno original para el enraizamiento de las plantas.
- La selección del tipo de plantas que van a colonizar el humedal.

2.2.6 Componentes del humedal: Agua.

Es probable que se formen humedales en donde se acumule una pequeña capa de agua sobre la superficie del terreno y donde exista una capa del subsuelo relativamente impermeable que prevenga la filtración del agua en el subsuelo. Estas condiciones pueden crearse para construir un humedal casi en cualquier parte modificando la superficie del terreno para que pueda recolectar agua y sellando la cubeta para retener el agua (García, 2006).

Vegetación.

El mayor beneficio de las plantas es la transferencia de oxígeno a la zona de la raíz. Su presencia física en el sistema (tallos, raíces y rizomas) permite la penetración a la tierra o medio de apoyo y transporta el oxígeno de manera más profunda, de lo que llegaría naturalmente a través de la sola difusión. Lo más importante en los humedales artificiales es que las porciones sumergidas de las hojas y tallos muertos se degradan y se convierten en lo que hemos llamado restos de vegetación, que sirve como sustrato para el crecimiento de la película microbiana fija que es la responsable de gran parte del tratamiento que ocurre (Espinoza, 2014).

Tabla 1. Plantas acuáticas emergentes utilizadas en el tratamiento de aguas residuales.

Nombre común	Nombre científico	Distribución	Temperatura en °C		Máxima salinidad	Rango de pH efectivo
			Deseable	Germinación de la semilla	Tolerancia ppmil	
Totora	<i>Typha spp.</i>	En todo el mundo	10 – 30	12 – 24	30	4 – 10
Caña común	<i>Phragmites Communis</i>		12 – 23	10 - 30	45	2 – 8
Junco	<i>Juncus spp.</i>		16 – 26		20	5 – 7,5
Junco	<i>Scirpus</i>		18 – 27		20	4 – 9
Carrizo	<i>Carex spp.</i>		14 – 32			5 – 7,5

Fuente: (Llagas, 2006)

Sustrato.

En los humedales el sustrato está formado por el suelo: arena, grava, roca, sedimentos y restos de vegetación que se acumulan en el humedal debido al crecimiento biológico. La principal característica del medio es que debe tener la permeabilidad suficiente para permitir el paso del agua a través de él (Espinoza, 2014).

Microorganismos.

Los microorganismos se encargan de realizar el tratamiento biológico. En la zona superior del humedal, donde predomina el oxígeno liberado por las raíces de las plantas y el oxígeno proveniente de la atmósfera, se desarrollan colonias de microorganismos aerobios. En el resto del lecho granular predominarán los microorganismos anaerobios. Los principales procesos que llevan a cabo los microorganismos son la degradación de la materia orgánica, la eliminación de nutrientes, elementos traza y la desinfección (Espinoza, 2014).

2.2.7 Tipo de Humedal artificial.

Humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal.

Este tipo de humedal artificial consta de un canal grande relleno con grava y arena donde se planta vegetación acuática. Al fluir horizontalmente las aguas residuales por el canal, el material filtra partículas y microorganismos y degrada el material orgánico. Su nivel de agua se mantiene entre 5 y 15 cm para asegurar el flujo de superficie. El lecho debe ser ancho y poco profundo para que el flujo de agua sea maximizado. Se debe usar una ancha zona de entrada para distribuir uniformemente el flujo. Se debe usar un recubrimiento impermeable (arcilla o geotextil) para evitar la infiltración. Comúnmente se usa grava pequeña, redonda y de tamaño uniforme (3-32 mm de diámetro) para rellenar el lecho hasta una profundidad de 0.5 a 1 m (Saneamiento, s/f).

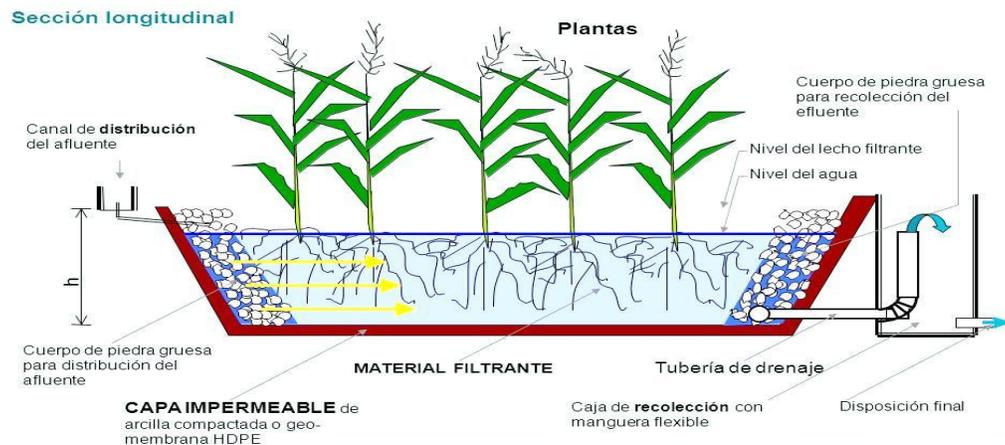


Figura 1.- Esquema de Humedal Artificial de Flujo Sub-superficial Horizontal

Fuente: (Pereyra, 2016)

2.3 MARCO LEGAL.

Las normas de calidad ambiental tienen como propósito establecer límites a aquellos elementos que provocan un grado de peligro para el ser humano o el ambiente.

2.3.1 Constitución de la República del Ecuador del año 2008, establece:

Título II: Derechos, Capítulo Segundo: Derechos del buen vivir, Sección Segunda: Ambiente sano.

Art. 14: Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 15: El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Título V: Organización territorial del estado, Capítulo Cuarto: Régimen de competencias:

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

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.

Título VII: Régimen del buen vivir, Capítulo Segundo: Biodiversidad y recursos naturales, Sección sexta: Agua

Art. 411: El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

2.3.2 Código Orgánico del Ambiental (COA) 2017, establece:

Capítulo 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. Cuando las aguas residuales no puedan llevarse al sistema de alcantarillado, su tratamiento deberá hacerse de modo que no perjudique las fuentes

receptoras, los suelos o la vida silvestre. Las obras deberán ser previamente aprobadas a través de las autorizaciones respectivas emitidas por las autoridades competentes en la materia.

Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua.

Tabla 2. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	250
Sólidos sedimentables	SS	ml/L	1,0
Sólidos suspendidos totales	SST	mg/L	100
Sólidos totales	ST	mg/L	1600
Potencial de Hidrógeno	pH	-	5-9

Fuente: (TULSMA, 2015)

2.3.3 Norma CO 10.7-602 de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural.

El objetivo de esta norma es el de proporcionar un conjunto de especificaciones básicas adecuadas para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en poblaciones rurales.

El alcance de esta norma es de carácter nacional. Todas las instituciones públicas o privadas, concejos municipales, concejos provinciales, empresas o juntas de agua potable y alcantarillado y otras instituciones que tengan a su cargo, o que contraten el diseño o fiscalización de proyectos de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos, deberán cumplir obligatoriamente las DISPOSICIONES de esta norma.

Levantamientos topográficos.

Antes de realizar el levantamiento topográfico se debe efectuar un reconocimiento del terreno y una investigación completa de los planos existentes. Se tendrá en cuenta la localización exacta de todas las calles y carreteras, quebradas, zanjas, cursos de agua, elevaciones, depresiones, parques públicos, campos de deporte y todos aquellos accidentes naturales o artificiales que guarden relación con el problema por resolver o que influyan en los diseños.

Detalles topográficos.

Se tomarán puntos de detalle en el terreno, de manera que se puedan obtener curvas de nivel que describan con suficiente exactitud la planimetría y altimetría del terreno en los sitios donde se construirán las obras.

La equidistancia o intervalo máximo entre curvas de nivel estará de acuerdo a lo establecido en la siguiente Tabla.

Tabla 3.- Intervalos entre curvas de nivel.

PENDIENTE MEDIA DEL TERRENO (%)	EQUIDISTANCIA (m)
<2	0.5
2 al 5	1.0
5 al 10	2.0
10 al 20	2.5
>20	5.0

Fuente: Norma INEN 602, (2014).

Sistema convencional de alcantarillado sanitario.

Redes de recolección.

Caudales de diseño.

-La red de recolección, se diseñará tramo por tramo, considerando el caudal de diseño acumulado para cada uno de ellos.

-Para el cálculo del caudal de diseño se considerará el caudal de aguas residuales, un aporte de aguas ilícitas y un caudal de aguas de infiltración hacia los colectores.

-El proyectista deberá justificar los parámetros y criterios adoptados para el cálculo de los caudales de diseño. Especial énfasis deberá darse a la estimación de caudales de aguas ilícitas (aguas de escorrentía pluvial que Ingresan al sistema de alcantarillado sanitario) y a la estimación del caudal de aguas de Infiltración, en base a las características pluviométricas de la zona, posición del nivel freático, material de la tubería, etc.

CAPITULO III

3.1 METODOLOGÍA.

3.2 LOCALIZACIÓN.

La comunidad Cotococha fue fundada hace 63 años, se dedican principalmente al turismo comunitario, se encuentra ubicada en la Región Amazónica Ecuatoriana, pertenece a la Provincia de Pastaza, Cantón Pastaza, Parroquia Tarqui, en la vía Puyo-Macas, kilómetro 16 a unos 40 minutos desde Puyo.

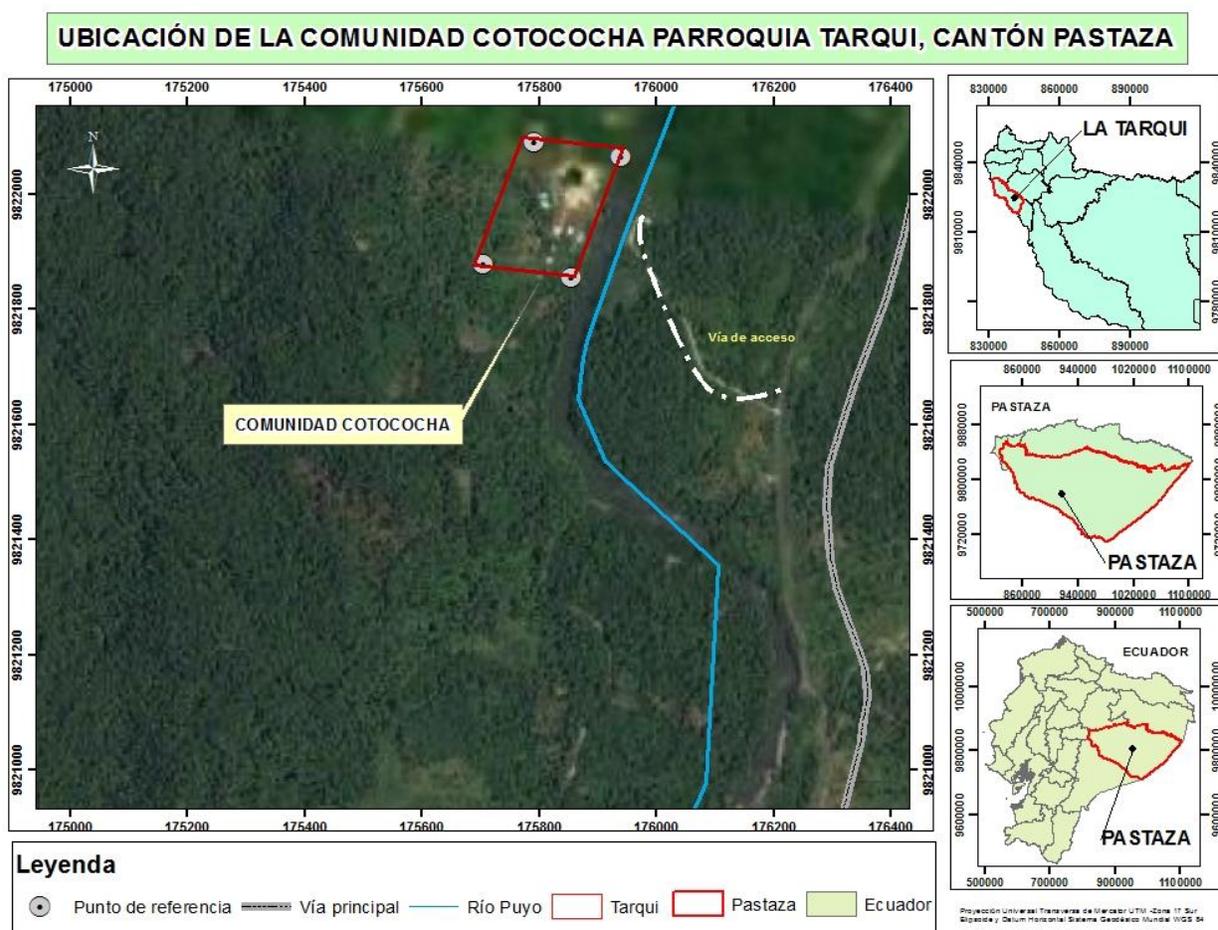


Figura 2 Localización de la comunidad Cotococha.

Fuente: (Autores, 2019)

Tabla 4. Coordenadas de la zona de estudio.

SISTEMA DE COORDENADAS: WGS_UTM_Zona_17S	
UBICACIÓN	
175940.09 E	9822065.32 N
175792.58 E	9822091.98N
175705.29 E	9821879.61 N
175855.53 E	9821857.06 N

Fuente: (Autores, 2019)

3.2.1 MEDIO ABIÓTICO.

FACTORES CLIMÁTICOS.

En la microcuenca del Río Puyo, los meses más lluviosos son abril, mayo y junio; los menos lluviosos son enero, febrero agosto y septiembre y la precipitación media anual es 418,3 mm. Las precipitaciones son permanentes durante todo el año debido al aporte de masas de aire húmedo provenientes de la Cuenca Amazónica.

En la microcuenca del Río Puyo donde pertenece la parroquia Tarqui presenta una temperatura que permanece estable casi todo el año con 21,5°C siendo en el mes de octubre donde se presenta la mayor intensidad de temperatura con 21,9°C. La humedad relativa media anual es de 86%; y los meses que registran menor humedad son agosto, septiembre y octubre. El clima en la parroquia Tarqui es cálido-húmedo (GADPRT, 2014).

GEOLOGÍA.

Las formaciones geológicas a las que pertenece la parroquia: son Arajuno con una litología de arcillas, areniscas y lignito y la formación de Mera formada de arcillas y arenas.

PROBLEMAS AMBIENTALES.

Se considera la creciente deforestación identificada en la mayoría de comunidades de la parroquia, el inadecuado manejo de desechos sólidos y su disposición final y ausencia de manejo de cuencas hidrográficas (GADPRT, 2014).

GEOMORFOLOGÍA.

- **Relieve:** El paisaje está dominado por colinas altas y medias de crestas agudas y redondeadas relacionadas con rocas volcánicas y sedimentarias de origen más reciente pertenecientes a las formaciones de Chalcana, Arajuno y Mera; las planicies se encuentran sobre relieves bajos de conglomerados y sin cobertura de cenizas; así mismo se localizan terrazas de sedimentos de terrazas y aluviales recientes con texturas estratificadas, que se hallan junto a los cauces de los ríos principales, cuyas alturas van aproximadamente desde los 400 a los 1600 msnm (GADPRT, 2014).
- **Pendientes:** La parroquia presenta una superficie de 9.820,76 ha, en el cual el terreno con pendientes de 5 a 40 % corresponden a 5796,53 ha, representan a las comunidades de Chuva Urku, *Cotococha*, Vencedores, Amazanga, Rosario Yacu, Chingushimi, Río Chico, Putuimi, Plaza Aray, El Placer, Huagrayacu, San Jacinto, Ilupungo, Mushuk Warmi, Chorreras; son suelos que permiten la siembra de especies de moderado o largo periodo vegetativo de tipo herbáceo o arbustivo con cobertura vegetal protectora, son tierras agropecuarias sobre suelos aptos para cultivos (GADPRT, 2014).

Tabla 5. Matriz para descripción de unidades geomorfológicas

Relieve	Localización	Pendiente y Altura Predominante (%)	Actividades
Mesetas	Chuva Urku, <i>Cotococha</i> , Vencedores, Amazanga, Rosario Yacu, Chingushimi, Río Chico, Putuimi, Plaza Aray, El Placer, Huagrayacu, San Jacinto, Ilupungo, Mushuk Warmi, Chorreras.	Pendientes de 5 a 40% altura de 600 a 1400 msnm	Cultivos, producción forestal.

Fuente: (GADPRT, 2014)

SUELOS.

Clase IV: A esta clase pertenecen los suelos de relieve plano a moderadamente ondulado, con pendientes inferiores al 12% en más del 80% de la superficie. En general, corresponden a las terrazas altas y medias de la red actual o de paleocauces. Eventualmente pueden estar sujetos a inundaciones ocasionales y de corta duración.

El relieve donde se ubican estos suelos es el fuertemente ondulado con pendientes que varían entre el 14 y 30%; en la mayoría de los casos la profundidad oscila entre moderadamente

profunda y moderadamente superficial (40-70 cm), con presencia de gravas y piedras; de textura generalmente arcillosa.

Estos suelos pueden ser adecuados para explotaciones de tipo permanente, o de ciertos cultivos anuales. Presentan susceptibilidad severa a la erosión y procesos erosivos fuertes como surcos, cárcavas, soliflucción y remociones en masa. Son suelos superficiales con poca profundidad efectiva, baja retención de humedad, muy baja fertilidad natural, drenaje impedido, texturas pesadas con problemas de sobresaturación aun después del drenaje, salinidad, alcalinidad o acidez severas y moderados efectos adversos de clima.

En zonas húmedas pueden cultivarse en ciclos largos de rotación, mientras que en zonas semiáridas solo son propicios para pastos (GADPRT, 2014).

USO Y COBERTURA DEL SUELO.

Las zonas urbanas destinadas a los asentamientos humanos de los colonos o mestizos y nacionalidades Kichwa y Shuar (Iwia) cubren una superficie de 626,42 hectáreas con un porcentaje del 7,02 % del territorio de la parroquia (GADPRT, 2014).

En la comunidad Cotococha aproximadamente 2 ha está ocupado por el centro poblado, el resto de territorio lo destinan para la siembra de cultivos como se indica en la tabla siguiente:

Tabla 6. Cultivos de la comunidad Cotococha.

Cultivos de ciclo corto	Cultivos perennes
Yuca Papa china Plátano Maní Maíz Zapallo	Morete Caimito Uva de monte Guaba bejuco

Fuente: (Autores, 2019)

HIDROLOGÍA.

- **Cuenca del Río Puyo.**

Este río cruza la parroquia por toda la zona norte hasta bajar al punto más sur y es el límite natural con las parroquias de Puyo, Veracruz y Pomona. Todos los ríos que confluyen al Puyo cubren una superficie de 5.162,94 hectáreas, con el 58% de cobertura parroquial. En la parroquia Tarqui la microcuenca recorre las comunidades de Ilupungo, Rosario Yacu,

Chorreras, Nuevo Mundo, San Pedro, **Cotococha** y Bellavista y por su intermedio se accede a Vencedores, Chingushimi y Wamak Urku.

Nace en las estribaciones de la cordillera central, no es muy caudaloso, pero por sus condiciones topográficas favorables, se han asentado en sus cercanías los principales centros poblados de colonos e indígenas. El río Puyo es utilizado para balnearios, paseos turísticos, entre otros.

Entre sus ríos afluentes está el Pindo Grande que viene desde la ciudad de Puyo, con su calidad degradada, debido a las descargas que recibe de las ciudades de Shell, Puyo y las zonas periurbanas. El río Salomé ubicado al noroeste de la parroquia y cruza los barrios de expansión urbana Plaza Aray, Playas del Estero Salomé y las lotizaciones de este a oeste, su nivel de contaminación también es alto, a pesar de servir como recreación para la población (GADPRT, 2014).



Figura 3 Río Puyo
Fuente: (Autores, 2019)

- **Impacto y niveles de Contaminación.**

En la zona de estudio se ha identificado dos efluentes, mismos que por medio de los análisis en laboratorio se puede mencionar que presentan baja contaminación de acuerdo a los límites permisibles de descarga que se encuentran en la normativa (ver tabla 2).



Figura 5 Efluente 1
Fuente: (Autores, 2019)



Figura 4 Efluente 2
Fuente: (Autores, 2019)

3.2.2 MEDIO BIÓTICO.

ECOSISTEMA.

Tabla 7. Descripción del Ecosistema de la zona de estudio.

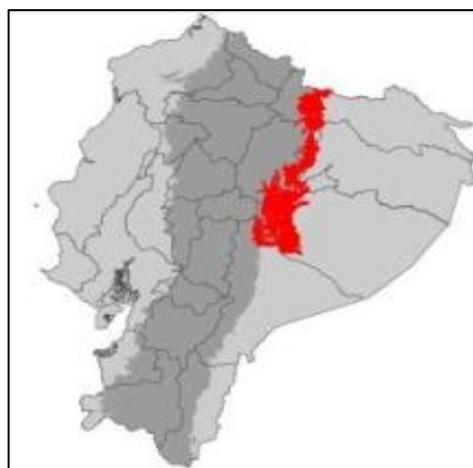
BsPn03 Bosque siempreverde piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	
Clasificación	Formación vegetal / ecosistema
Palacios <i>et al.</i> 1999	Bosque siempreverde piemontano, sector de las estribaciones de la cordillera oriental, subregión norte.
Josse <i>et al.</i> 2003	CES408.565 Bosque siempreverde subandino del oeste de la Amazonía
Factores diagnósticos:	
Fisonomía:	Bosque
Bioclima:	Pluvial, <i>Ombrotipo (Io)</i> : húmedo, hiperhúmedo.
Biogeografía:	Región: Andes, Provincia: Andes del Norte, Sector: Norte de la Cordillera Oriental de los Andes.
Fenología:	Siempreverde
Piso bioclimático:	Piemontano (400-1200 msnm), <i>Termotipo (It)</i> : termotropical inferior.
Geoforma:	Relieve general: De montaña, Macrorelieve: Piedemonte, Mesorelieve: Colinas, Cuestas, Crestas
Inundabilidad general:	Régimen de Inundación: no inundable.

Fuente: Guevara, Mogollón, Cerón, Josse y PMV (2013).



Fuente: (Autores, 2019)

Figura 7 Comunidad Cotococho.



Fuente: Guevara et al. (2013)

Figura 6 Ubicación del ecosistema

Tabla 8. Matriz para el ecosistema.

Ecosistema	Extensión	Intervención Humana	Amenazas	Prioridad de Conservación
Bosque siempreverde Piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes.	49,63 km ²		Especies introducidas agresivas sobre las especies nativas.	Alta

Fuente: (PDOT Tarqui, 2015).

Tabla 9. Principales servicios ambientales que proporcionan los ecosistemas.

Servicios de Soporte	Servicio de Provisión	Servicios de regulación del ecosistema	Servicios Culturales
Biodiversidad	Alimento	Regulación de emisiones	Belleza escénica
Ciclo de nutrientes	Materias Primas	Regulación del clima	Recreación
Formación de suelo	Recursos Genético	Prevención de disturbios	Información cultural y artística
Producción primaria	Recursos Medicinales	Regulación de agua	Información espiritual e histórica
Polinización	Recursos Ornamentales	Provisión de agua	Ciencia y educación
Control Biológico		Tratamiento de desechos	

Fuente: (PDOT Tarqui, 2015).

VEGETACIÓN.

Tabla 10. Plantas medicinales representativas de la zona.

Nombre común	Nombre científico
Guayusa	<i>Ilex guayusa</i>
Ajo de monte	<i>Mansoa alliaceae</i>
Ayahuasca	<i>Banisteriopsis caapi</i>
Sangre de drago	<i>Croton lechleri</i>
Jengibre	<i>Zingiber officinale</i>
Caña agria	<i>Cheilocosus speciosus</i>
Maria Panga	<i>Piper peltatum</i>

Fuente: (Autores, 2019)

Tabla 11. Plantas maderables representativas de la zona.

Nombre común	Nombre científico
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>
Sangre de gallina	<i>Otoba gordoniiifolia</i>
Guarumo	<i>Cecropia sciadophylla</i>
Pambil	<i>Iriartea deltoidea</i>
Balsa	<i>Ochroma pyramidale</i>
Canelo	<i>Ocotea javitensis</i>

Fuente: (Autores, 2019)

FAUNA.

Tabla 12. Fauna representativa de la zona.

Nombre común	Nombre científico
Armadillo de nueve bandas	<i>Dasyopus novemcinctus</i>
Guatusa	<i>Dasyprocta fuliginosa</i>
Guatín	<i>Myoprocta pratti</i>
Guacamayo azul amarillo	<i>Ara ararauna</i>
Guanta	<i>Cuniculus paca</i>
Mono chichico	<i>Saguinus (Leontocebus) lagonotus</i>
Mono machín	<i>Cebus apella</i>
Caternicas	<i>Pionus menstruus</i>
Sajino	<i>Pecari tajacu</i>

Fuente: (Autores, 2019)



Fuente: (Autores, 2019)

Figura 8 Ara ararauna

3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN.

La investigación pertenece a la línea Gestión y Conservación Ambiental puesto que se realizará el diseño del sistema de alcantarillado y del sistema de depuración de aguas residuales domésticas. El tipo de investigación es aplicada debido a que el objetivo está enfocado a resolver un problema, ya que se ve afectada la salud de los moradores y por ende el ambiente, e investigación descriptiva debido a que permite examinar las características y clasificar los datos necesarios para resolver el problema.

3.4 MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN.

3.4.1 Objetivo1.- Realizar la caracterización de la población y la determinación de la generación de aguas residuales.

CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN.

Para obtener la información de la comunidad Cotococha se realizó una encuesta por familia en la cual se determinó el número de habitantes, si el uso de sanitarios es en los baños comunitarios o en sus hogares, determinar el número de veces del uso de los sanitarios y cuantos litros se usa por descarga.

Turismo.

Una de las formas de obtener ingresos económicos es mediante las actividades turísticas que en la comunidad Cotococha se desarrollan, mismos que es visitada por turistas tanto nacionales como extranjeros, se describen a continuación:

- Danza.
- Shamanismo.
- Canotaje.
- Mirador.
- Cascada “Caimán”
- Senderismo.
- Artesanías.
- Pintada con achiote y huito.
- Cerbatana.
- Toma de chicha.
- Comida típica.



Figura 9 Actividades turísticas de la Comunidad Cotococha.

Fuente: (Autores, 2019)

Educación.

La comunidad Cotococha cuenta con un establecimiento educativo que ofrece desde 1° a 7° grado de Educación General Básica, considerando que es uno de los derechos constitucionales no pueden continuar sus estudios en la misma comunidad por lo tanto se ven en la necesidad de salir a lugares cercanos donde puedan acceder a los siguientes niveles de educación.

Servicios básicos.

- **Agua.**

La comunidad Cotococha no cuenta con agua potable, el servicio que ellos usan es agua entubada que proviene de un estero por medio de un tanque de almacenamiento, se distribuye

mediante tuberías hacia la comunidad, cabe recalcar que en días lluviosos el agua se vuelve turbia y en ocasiones se tapan las tuberías de conducción.

- **Saneamiento.**

La comunidad Cotococha no cuenta con una red pública de alcantarillado, los baños comunitarios cuentan con pozo séptico y algunas viviendas de la comunidad, mismos que no se encuentran en óptimas condiciones por lo que se puede observar la generación de lixiviados, el resto de aguas domésticas se descargan al suelo que por medio de filtración se conducen a un efluente y consecuente al Río Puyo.



Figura 10 Pozo séptico.
Fuente: (Autores, 2019)



Figura 11.- Aguas residuales.
Fuente: (Autores, 2019)

DETERMINACIÓN DE LA GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.

Una vez realizado el análisis de las aguas residuales se determinó que están bajo los límites permisibles que presenta la normativa vigente. Por lo tanto se tomaron los valores del anexo 3 del libro Ingeniería de Aguas Residuales (Metcalf & Eddy, 1995).

Tabla 13.- Composición típica del agua residual domestica bruta.

Contaminantes	Unidades	Concentración		
		Débil	Media	Fuerte
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	110	220	400
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	250	500	1000
Sólidos Totales (ST)	mg/L	350	720	1200
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	100	220	350
Sólidos Sedimentables (SS)	mg/L	5	10	20
Potencial de Hidrógeno (pH)	-			

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995).

3.4.2 Objetivo 2.- Diseñar el sistema de alcantarillado de la comunidad Cotococha.

El diseño del sistema de alcantarillado tuvo como primera etapa el levantamiento topográfico, ya que fue necesario para poder calcular los niveles del alcantarillado y determinar su trazado o alineación.

Plano de esquema general da el trazado por donde va el proyecto.

Plano de Datos hidráulicos, pendiente, velocidades y caudales.

Plano de Área de aportaciones.

Plano de Perfiles para ver los cortes y como esta trazado el diseño de la tubería.

El tipo de sistema de alcantarillado seleccionado es el sistema de alcantarillado sanitario que está diseñado exclusivamente para la recolección de las aguas residuales domésticas. La obra que lo integra es de conducción ya que su finalidad es conducir las aguas captadas al lugar de su tratamiento.

La red de alcantarillado sanitario está compuesta por tuberías, conexiones, anillos, obras como descargas domiciliarias y pozos de revisión.

Para el desarrollo del diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la comunidad Cotococha, se fundamentó en la norma CO 10.7-602 que es una norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural, donde los criterios de diseño y formulas a utilizar se plantearon a continuación:

Tuberías de conducción.

Las tuberías a utilizar son de PVC-NOVAFORT, pared exterior es corrugada y pared interior lisa para que permita la circulación de las aguas residuales sanitarias con facilidad.

Ubicación y configuración de la red.

Los colectores de la red de alcantarillado se localizan en el lado opuesto de las calles de aquel que se encuentran tuberías del sistema de agua potable. La red de alcantarillado deberá estar localizada por debajo de la red de agua potable y a una profundidad que garantice su seguridad a las cargas exteriores y que permita descargar libremente las conexiones domiciliarias. El diámetro mínimo de las tuberías de la red de alcantarillado será de 200mm y su distancia máxima entre pozos de revisión depende del diámetro de la tubería que los conecta, en la siguiente tabla se presentan los valores de tales distancias máximas.

Pozos de revisión.

Los pozos de revisión nos permitirán el acceso a las alcantarillas para su inspección y limpieza, serán construidos de hormigón simple y su tapa se encontrará a nivel de la calzada la cuál será fabricada con el mismo material que los pozos, a una distancia entre pozos de 100m cuya abertura superior de cada pozo será de 0,6m (Norma INEN 602, 2014).

Tabla 14. Distancias máximas entre pozos de revisión.

DIÁMETRO DE LA TUBERÍA (mm)	DISTANCIA MAXIMA ENTRE POZOS (m)
Menor a 350	100
400-800	150

Fuente: Norma INEN 602, (2014).

Acometidas.

Estas conexiones van desde la caja de revisión hasta la tubería del sistema de alcantarillado sanitario (Norma INEN 602, 2014).

Condiciones Hidráulicas.

Tabla 15. Criterios de velocidad en los conductos.

DETALLE	VELOCIDAD MINIMA (m/s)
Min. Tubo lleno	0,60
Vmin. Tubo parcialmente lleno	0,30
Vmin. Considerada	0,45

Fuente: Norma INEN 602, (2014).

El escurrimiento hidráulico en los colectores de la red no debe permitir la sedimentación de materia orgánica en el interior de dichos colectores ni tampoco su erosión. Por consiguiente la velocidad mínima de diseño será de 0.45 m/s y la velocidad máxima preferiblemente sea mayor a 0,60 m/s para impedir la acumulación de gas sulfhídrico en el líquido. Usualmente se calcula para trasportar un caudal de diseño, con una altura de flujo de 75% diámetro de la tubería, no permitiéndose en ningún momento que la alcantarilla trabaje a presión (Norma INEN 602, 2014).

Conexiones domiciliarias.

Las conexiones domiciliarias en sistemas de alcantarillado sanitario tendrán un diámetro mínimo de 100 cm y una pendiente mínima de 1% las cuales en su caja de revisión estarán provistas de sello hidráulico (Norma INEN 602, 2014).

FÓRMULAS Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO.

Período de diseño.

Para la Comunidad Cotococha, parroquia Tarqui, cantón y provincia Pastaza se asume un período de 25 años, ya que se toma en cuenta ciertas condiciones de ampliaciones y son períodos óptimos de diseño (Norma INEN 602, 2014).

Población actual.

Para determinar la población actual se realizó el conteo de viviendas en la Comunidad Cotococha, es necesario conocer el número de habitantes por hogar que es 4,41 para la parroquia Tarqui según la base de datos del último censo de población y vivienda (INEC, 2010).

Tabla 16 Tasas de crecimiento poblacional.

REGIÓN GEOGRÁFICA	r (%)
Sierra	1.0
Costa, Oriente y Galápagos	1.5

Fuente: Norma INEN 602, (2014).

Población de diseño.

Se determinó mediante un estudio demográfico de la zona. Para analizar la tasa de crecimiento se utilizó el método geométrico (Norma INEN 602, 2014).

Método Geométrico.

(Ecuación 1)

$$Pf = Pa(1 + r)^n$$

Donde;

Pf= Población futura (hab).

Pa= Población actual (hab).

r = Tasa de crecimiento poblacional.

n = Años a proyectar (25 años).

Densidad poblacional (Dpob).

Se refiere a la distribución del número de habitantes a través de un territorio o superficie. Mediante el levantamiento topográfico se ha determinado el área igual a 3.34 (Ha) y se utiliza la siguiente ecuación obtenida de la Norma INEN 602, 2014:

(Ecuación 2)

$$D_{pob} = \frac{P_f (hab)}{A (Ha)}$$

Donde;

D_{pob}= Densidad poblacional (hab/Ha).

P_f= Población futura (hab)

A= Área (Ha)

Dotación de agua Potable.

Es el consumo diario de agua por cada habitante, este valor va depender de factores como el clima, nivel de vida y tamaño de la población. Para la comunidad de Cotococha será de 100 L/hab.día de acuerdo a lo establecido en la siguiente tabla.

Tabla 17. **Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.**

NIVEL DE SERVICIO	Clima Frio (L/hab.día)	Clima Cálido (L/hab.día)
La	25	30
Lb	50	65
Lla	60	85
Llb	75	100

Fuente: Norma INEN 602, (2014).

Donde;

la= Letrinas con arrastre de agua.

lb=Letrinas sin arrastre de agua.

lla= Letrinas con o sin arrastre de agua.

llb= Sistema de alcantarillado sanitario.

Dotación futura (Df).

Ecuación obtenida de la Norma INEN 602, 2014:

(Ecuación 3)

$$D_f = (D_a + 1(L/hab. d) * n)$$

Dónde;

Df= Dotación futura (*L/hab. d*)

Da= Dotación actual =100 (*L/hab. d*)

n= Período de diseño=25 años

CAUDALES DE DISEÑO

Caudal medio (*Qm*).

Para el cálculo de los caudales se utiliza el concepto de fugas, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 18. Porcentajes de fugas a considerarse en el diseño del sistema de alcantarillado.

NIVEL DE SERVICIO	PORCENTAJE DE FUGAS
la y lb	10%
lla y llb	20%

Fuente: Norma INEN 602, (2014).

Donde;

la= Letrinas con arrastre de agua.

lb=Letrinas sin arrastre de agua.

lla= Letrinas con o sin arrastre de agua.

llb= Sistema de alcantarillado sanitario.

Ecuación obtenida de la Norma INEN 602, 2014:

$$Qm = \frac{f * (Pf * Df)}{86400}$$

(Ecuación 4)

Donde;

Qm= Caudal medio diario de agua potable.

Pf= Población futura (hab)

Df= Dotación futura (*L/hab. dia*)

f = factor de fugas (%)

Caudal Máximo Diario (*Qmd*).

Ecuación obtenida de la Norma INEN 602, 2014:

(Ecuación 5)

$$Q_{md} = KMD * Q_m$$

Donde;

Q_{md}= Caudal máximo Diario (L/s)

KMD= Factor de mayoración máximo diario.

Q_m= Caudal medio (L/s)

El factor de mayoración máximo diario (KMD) tiene un valor de 1.25, para todos los niveles de servicio.

Caudal Máximo Horario (Q_{mh}).

Ecuación obtenida de la Norma INEN 602, 2014:

(Ecuación 6)

$$Q_{mh} = KMH * Q_m$$

Donde;

Q_{mh}= Caudal máximo horario (L/s)

Q_m= Caudal medio (L/s)

KMD= Factor de mayoración máximo diario.

KMH= Factor de mayoración máximo horario.

El factor de mayoración máximo horario (KMH) tiene un valor de 3 para todos los niveles de servicio.

Caudal instantáneo (Q_i).

Es el caudal medio multiplicado por un factor de mayoración “M” y cuyo valor varía de acuerdo al criterio de autor de la formula. Este factor de mayoración transforma al caudal medio diario, en caudal máximo horario (Norma INEN 602, 2014).

(Ecuación 7)

$$Q_i = Q_m * M$$

Donde;

Q_i= Caudal Instantáneo (L/s)

Q_m= Caudal medio (L/s)

M= Factor de Mayoración.

Factor de mayoración (M).

Según Babit:

Se aplica para poblaciones de 1 a 1000 habitantes, por ello se utiliza la siguiente fórmula para calcular el coeficiente de punta:

$$M = \frac{5}{p^{0,2}} \quad \text{(Ecuación 8)}$$

Donde;

P= Población en miles.

Caudal por Infiltración. (Q_{inf}).

Cuando existe una rotura en la tubería o en la acometida, ingresa un caudal adicional, filtrándose por las mismas. Se calcula con valores de la siguiente tabla.

Tabla 19. Valores de infiltración.

Tipo de tubo	Tubo de cemento		Tubo de P.V.C	
	Cemento	Caucho	Pegante	Caucho
N. Freático bajo	0,0005	0,0002	0,0001	0,00005
N. Freático alto	0,0008	0,0002	0,00015	0,0005

Fuente: Norma Boliviana NB 688 (2007)

Ecuación obtenida en la norma Boliviana:

$$Q_{inf} = I * L \quad \text{(Ecuación 9)}$$

Donde;

Q_{inf} = Caudal por Infiltración (L/s)

I= Valor de infiltración en tuberías (L/s)

L= Longitud del tramo de tubería (m)

Caudal por conexiones erradas.

Se refiere al incremento de volumen por aporte pluviométrico en las viviendas, a través de rejillas del piso. Se calcula con el 5% al 10% del caudal instantáneo.

Ecuación obtenida de (Moya, 2014):

$$Q_e = (5\% - 10\%) * Q_i \quad \text{(Ecuación 10)}$$

Donde;

Q_e = Caudal por conexiones erradas (L/s)

Q_i = Caudal instantáneo (L/s)

Caudal de Diseño (Q_d).

Ecuación obtenida de (Moya, 2014):

$$Q_d = Q_i + Q_{inf} + Q_e \quad \text{(Ecuación 11)}$$

Donde;

Q_d = Caudal de diseño (L/s)

Q_i = Caudal instantáneo (L/s)

Q_{inf} = Caudal de Infiltración (L/s)

Q_e = Caudal por conexiones erradas (L/s)

FÓRMULAS PARA EL DISEÑO DE REDES DE ALCANTARILLADO.

Para el diseño de las tuberías del alcantarillado se realiza el cálculo de la velocidad mediante la siguiente fórmula empírica de Manning.

(Ecuación 12)

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

Donde:

V = Velocidad (m/s)

R = Radio hidráulico (m)

S = Gradiente hidráulica (m/m)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning.

En la siguiente tabla se dan valores para la gradiente hidráulica:

Tabla 20. Valores de coeficiente de rugosidad de Manning.

TIPO DE CONDUCTO	VALOR DE “n” RECOMENDADO	VALOR DE “n” RECOMENDADO
Tubería de hormigón simple	0,012 - 0,015	0,013
Tubería de plástico o PVC corrugada.		0,013
Tubería de termoplástica de interior liso o PVC		0,010
Colectores y tuberías de hormigón armado, fundido en sitio	0,013 - 0,015	0,015
Canal en roca sin revestir	0,030 - 0,045	0,038
Canal revestido con hormigón	0,013 - 0,015	0,015
Túnel en roca sin revestir	0,025 - 0,040	0,033
Túnel revestido con hormigón	0,014 - 0,016	0,015

Fuente: (Giñín, 2016)

Para la conducción de las aguas residuales se debe considerar la condición de tener una tubería llena y una tubería parcialmente llena.

Flujo en tuberías con sección llena.

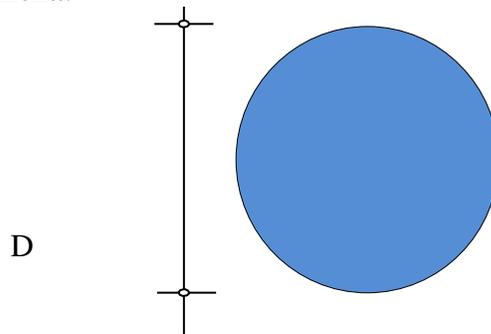


Figura 12. Tubería con sección llena.

Autor: (Giñín, 2016)

Ecuación radio hidráulico para tuberías con sección llena.

(Ecuación 13)

$$R_{tll} = \frac{D}{4}$$

Donde;

R_{tll}= Radio hidráulico (m)

D= Diámetro interior (m)

Sustituyendo en la fórmula de Manning tenemos la velocidad para conducciones en tuberías a sección llena (V_{tll}) se tiene:

(Ecuación 14)

$$V_{tll} = \frac{0.397}{n} * D^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

Donde;

V_{tll}= Velocidad en tuberías a sección llena (m/s)

n= Coeficiente de rugosidad de Manning

D= Diámetro (m)

S= Gradiente hidráulica (m/m)

El caudal en función de la velocidad.

(Ecuación 15)

$$Q_{tll} = V_{tll} * A$$

Donde;

Q_{tll}= Caudal en tuberías a sección llena (m³/s)

V_{tll}= Velocidad en tuberías a sección llena (m/s)

A= Área sección circular (m²)

Al reemplazar la velocidad y el área en la ecuación se obtiene el caudal para la tubería a sección llena.

(Ecuación 16)

$$Q_{tll} = \frac{0.312}{n} * D^{\frac{8}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Ecuación radio hidráulico para tuberías con sección parcialmente llena.

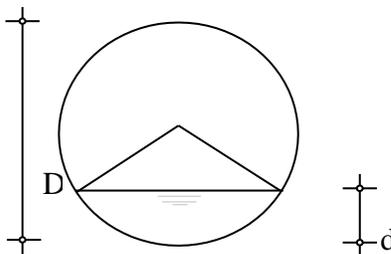


Figura 13 Sección de una tubería parcialmente llena.

Fuente: (Giñín, 2016)

Ecuación del ángulo central θ se expresa en grados sexagesimales.

(Ecuación 17)

$$\theta = 2 \arccos \left(1 - \frac{2h}{d} \right)$$

Ecuación del radio hidráulico parcialmente lleno.

(Ecuación 18)

$$R = \frac{D}{4} = \left(1 - \frac{360 \operatorname{sen} \theta}{2\pi\theta} \right)$$

Ecuación de la velocidad parcialmente llena.

(Ecuación 19)

$$V_{pll} = \frac{0.397 D^{2/3}}{n} * \left(1 - \frac{360 \operatorname{sen} \theta}{2\pi\theta} \right)^{2/3} * S^{1/2}$$

Ecuación del Caudal parcialmente lleno.

(Ecuación 20)

$$Q_{pll} = \frac{D^{8/3}}{7257.15(n)(2\pi\theta)^{2/3}} * (2\pi\theta - 360 \operatorname{sen} \theta)^{5/3} * S^{1/2}$$

Donde;

Qpll=Caudal a sección parcialmente llena (m³/s)

D=Diámetro (m)

n= Coeficiente de rugosidad de Manning

θ = Ángulo theta en grados sexagesimales.

S= Gradiente hidráulica (m/m)

PROPIEDADES HIDRÁULICAS DE LOS CONDUCTOS CIRCULARES.

Las relaciones hidráulicas fundamentales surgen a partir de que la conducción, se puede trabajar parcialmente llena o totalmente llena, por lo que se aplicó las ecuaciones tiene:

(Ecuación 21)

$$V = \frac{1}{n} \times r_h^{1/2} S^{2/3}$$

Donde;

V=Velocidad (m/s).

n= Coeficiente de rugosidad de Manning

S= Gradiente hidráulica (m/m)

rh= Radio a tubo parcialmente lleno.

(Ecuación 22)

$$\frac{v}{V} = \frac{N}{n} \times \left(\frac{r_h}{R_H} \right)^{2/3} \times \left(\frac{j}{S} \right)^{1/2}$$

Donde;

V=Velocidad (m/s).

n= Coeficiente de rugosidad de Manning

S= Gradiente hidráulica (m/m)

rh= Radio a tubo parcialmente lleno.

Rh= Radio a tubo lleno.

(Ecuación 23)

$$\frac{q}{Q} = \frac{N}{n} \times \frac{a}{A} \times \left(\frac{r_h}{R_H} \right)^{1/6}$$

Donde;

q= Sección a tubo parcialmente lleno.

Q=Sección a tubo lleno.

a= Sección a tubo parcialmente lleno.

A= Sección a tubo lleno.

n= Coeficiente de rugosidad de Manning

CRITERIOS DE DISEÑO PARA DIÁMETROS EN LAS TUBERÍAS.

Diámetro mínimo.

Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario se utilizó un diámetro mínimo de 200mm.

Determinación del diámetro de la tubería.

Será calculado mediante el caudal de diseño en cada uno de los tramos, si el diámetro calculado es menor a 200mm se utilizara el valor del diámetro mínimo ya mencionado.

(Ecuación 24)

$$Qtll = \frac{0,312}{n} * D^{\frac{8}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Despejamos D:

(Ecuación 25)

$$D = \left(\frac{Qd * n}{0,312 * S^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Donde;

Qtll= Caudal a tubo lleno.

D= Diámetro.

Qd= Caudal de diseño para el tramo (m³/s)

n= Coeficiente de rugosidad de Manning.

S= Gradiente hidráulica (m/m)

PENDIENTE DE TUBERÍAS.

Tabla 21. Cuadro de pendientes mínimas para las alcantarillas sanitarias

D	Smín	Smáx
Mm	%	%
150	0.9	19.50
200	0.5	13.29
250	0.4	9.87
300	0.3	7.74

Fuente: Norma INEN 602, 2014

Pendiente mínima.

Esta pendiente en la tubería garantizará la condición de auto limpieza, desde el inicio hasta el fin del periodo del diseño. Es conveniente aplicar esta pendiente para no hacer demasiada excavación cuando es pequeño el desnivel total disponible. Además es adecuada para conductos pequeños en la red de saneamiento.

Pendiente máxima.

Esta pendiente es calculada en función de la velocidad máxima permitida en el diseño de las tuberías.

(Ecuación 26)

$$S_{max} = \left(\frac{V_{max} * n}{0.397 * D^{2/3}} \right) * 100$$

Donde;

Smax= Gradiente hidráulica máxima (m/m).

V_{max}= Velocidad máxima.

n= Coeficiente de rugosidad de Manning.

D= Diámetro (m)

VELOCIDAD EN LAS TUBERÍAS.

En las tuberías las velocidades máximas admisibles dependen del material de fabricación, por esta razón se debe utilizar valores de la siguiente tabla.

Tabla 22. Velocidades máximas en a tubo lleno y coeficiente de rugosidad recomendado.

MATERIAL	VELOCIDAD MAXIMA A TUBO LLENO (m/s)	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD
H.S. con uniones mortero	2,0	0,013
H.S. con uniones mecánicas	3,5 - 4,0	0,013
Asbesto cemento	4,5 - 5,0	0,011
Plástico	4,5	0,011
PVC-NOVALOC	8,0	0,009

Fuente: Norma INEN 601, (2014).

TENSIÓN TRACTIVA.

Es la resultante de las fuerzas que permite que la materia orgánica se desplace.

(Ecuación 27)

$$\tau = \rho * g * R * S$$

Donde;

τ = Tensión tractiva (Pa)

ρ = Densidad (1000kg/m³)

g= Gravedad (9.8m/s²)

R= Radio hidráulico (m)

S= Gradiente hidráulica (m/m)

La tensión tractiva deberá ser mayor a 1.00 Pa y en los tramos iniciales 0.60Pa para garantizar el arrastre de los materiales.

3.4.3 Objetivo 3 Diseñar el sistema de depuración de aguas residuales domésticas a través de humedales artificiales en la comunidad Cotococha.

Diseño del sistema de depuración de aguas residuales domésticas.

3.4.3.1 DISEÑO DE REJAS FINAS (DESBASTE).

El diseño de estas rejillas va a permitir que los sólidos gruesos no pasen a los demás sistemas y puedan obstruir su funcionamiento, antes de empezar el cálculo es necesario conocer el caudal medio y con algunos criterios de diseño que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 23. Criterios de diseño para rejillas finas.

Criterio de diseño	Rango usual	Valor recomendado	Unidad
Velocidad de paso entre barrotes a Q_d con rejilla sucia (V_m).	0.8 a 1.0	0.9	m/s
Espesor de los barrotes	5 a 10	6	mm
Distancia entre barrotes	5 a 20	10	mm
Máxima colmatación entre dos limpiezas	20 a 40	30	%
Ángulo de inclinación de los barrotes.	45 a 90	60	°
Resguardo del canal	0.3 a 0.6	0.3	m
Relación profunda útil/anchura del canal	1	0.3	m
Metros cúbicos de residuos por 1000 metros cúbicos de agua residual a caudal de diseño.	0.003 a 0.09	0.01	-
Metros cúbicos de residuos por 1000 metros cúbicos de agua residual con tormenta.	0.09 a 0.5	-	-

Fuente: (Juana, 2005)

Caudal de diseño por línea (m^3/h).

Se considera el criterio de diseño de la tabla y calcular con la siguiente ecuación:

(Ecuación 28)

$$Q_{dl} = \frac{Q_d}{N^{\circ}lineas}$$

Donde;

Q_{dl} = Caudal de diseño por línea (m^3/h)

Q_d = Caudal de diseño (m^3/h)

Caudal máximo (m^3/h).

Primero se debe calcular el caudal máximo, tomando en cuenta el factor de mayoración máximo diario de 3 (SENAGUA, 2014).

(Ecuación 29)

$$Q_{mx} = Q_d * KMX$$

Donde;

Q_{mx} = Caudal máximo (m³/h)

Q_d = Caudal de diseño (m³/h)

KMX= factor de mayoración máximo diario

Caudal máximo por línea (m³/h).

(Ecuación 30)

$$Q_{mxl} = \frac{Q_{mx}}{N^{\circ} \text{ líneas}}$$

Donde;

Q_{mx} = Caudal máximo (m³/h)

Q_{mxl} = Caudal máximo por línea (m³/h)

Superficie útil del canal (m²).

(Ecuación 31)

$$S = \left(\left(\frac{Q_{dl}}{3600} \right) / v_p \right) * \left(\frac{D_{eb} + E_b}{D_{eb}} \right) * \left(\frac{1}{\left(1 - \frac{max_c}{100} \right)} \right) * \sin \left(\frac{A_{ib} * 2 * \pi}{360} \right)$$

Donde;

Q_{dl} = Caudal de diseño por línea (m³/h)

v_p = Velocidad de paso entre barrotes (m/s)

D_{eb} =Distancia entre barrotes (mm)

E_b =Espesor de los barrotes (mm)

max_c =Máxima colmatación entre dos limpiezas (%)

A_{ib} =Ángulo de inclinación de los barrotes (grados)

Velocidad de paso entre barrotes a caudal de diseño con reja limpia (m/s).

(Ecuación 32)

$$v_{Qd.rl} = \left(v_p * \left(\frac{100 - max_c}{100} \right) \right)$$

Donde;

v_p = Velocidad de paso entre barrotes (m/s)

max_c =Máxima colmatación entre dos limpiezas (%)

Velocidad de paso entre barrotes a caudal máximo con reja limpia (m/s).

(Ecuación 33)

$$v_{Q_{mx.rl}} = \left(v_{Q_{d.rl}} * (Q_{mxl}/Q_{dl}) \right)$$

Donde;

$v_{Q_{d.rl}}$ = Velocidad de paso entre barrotes a caudal de diseño con reja limpia (m/s)

Q_{mxl} = Caudal máximo por línea (m³/h)

Q_{dl} = Caudal de diseño por línea (m³/h)

Velocidad de paso entre barrotes a caudal máximo con reja colmatada (m/s).

(Ecuación 34)

$$v_{Q_{mx.rc}} = \left(v_p * (Q_{mxl}/Q_{dl}) \right)$$

Donde;

v_p = Velocidad de paso entre barrotes (m/s)

Q_{mxl} = Caudal máximo por línea (m³/h)

Q_{dl} = Caudal de diseño por línea (m³/h)

Velocidad de aproximación por el canal a caudal de diseño (m/s).

(Ecuación 35)

$$v_{ac.Qd} = (Q_{dl}/3600)/S$$

Donde;

S = Superficie útil del canal (m²)

Anchura del canal (m).

(Ecuación 36)

$$A = \left(\frac{S}{R \frac{P}{A}} \right)^{0,5}$$

Donde;

S = Superficie útil del canal (m²)

$R \frac{P}{A}$ = Relación profundidad útil/anchura del canal (m)

Profundidad útil del canal (m).

(Ecuación 37)

$$P_{uc} = \frac{S}{A}$$

Donde;

S= Superficie útil del canal (m²)

A= Anchura del canal (m)

Profundidad total del canal (m).

(Ecuación 38)

$$P_{tc} = \left(\frac{S}{A}\right) + R_c$$

Donde;

R_c= Resguardo del canal (m)

Producción normal de residuos (Gruesos + finos) (m³/d).

Metros cúbicos de residuos que se separan en las rejillas por cada 1000 m³ de agua residual que pasa por las rejillas, en este caso el valor recomendado es de 0,01 según la tabla:

(Ecuación 39)

$$P_{nr} = \frac{Q_d * 0,01 * 24}{1000}$$

Producción máxima de residuos (Gruesos + finos) (m³/h).

Metros cúbicos de residuos que se separan en las rejillas por cada 1000 m³ de agua residual que pasa por las rejillas cuando hay tormenta, en este caso el valor recomendado es de 0,3 según la tabla:

(Ecuación 40)

$$P_{mxr} = \frac{Q_{mx} * 0,3}{1000}$$

DISEÑO DEL TANQUE DE HOMOGENIZACIÓN.

Su objetivo principal es enviar un caudal de agua de manera constante a las siguientes unidades del sistema de tratamiento, se obtiene con las siguientes ecuaciones:

Volumen máximo (m³).

(Ecuación 41)

$$V_{max} = Q_d * t$$

Donde;

V_{max}= Volumen máximo (m³)

Q_d= Caudal de diseño (m³/h)

t= tiempo (h)

Volumen del tanque de homogenización (m³).

El porcentaje de amortiguación se considera del 20% (Carrión, 2010).

(Ecuación 42)

$$V_{Tan} = (\%amortiguación * V_{max}) + V_{max}$$

Donde;

V_{Tan}= Volumen del tanque de homogenización (m³)

V_{max}= Volumen máximo (m³)

Área del tanque (m²).

Por lo general se usa una altura de hasta 6m.

(Ecuación 43)

$$A = \frac{V_{Tan}}{H}$$

Donde;

A= Área del tanque (m²)

V_{Tan}= Volumen del tanque (m³)

H=Altura (m)

Diámetro del tanque (m)

(Ecuación 44)

$$D = \sqrt{\frac{A * 4}{\pi}}$$

3.4.3.2 DISEÑO DEL TANQUE IMHOFF.

Por un lado, permite la sedimentación de los sólidos sedimentables y por otro la digestión de los mismos, es conocido también como tanque de doble cámara, se realizará el diseño de un sedimentador y de un digestor, considerándose los siguientes criterios para su diseño:

Tabla 24. Criterios para tanque Imhoff.

Criterio	Valor	Valor recomendado	Unidad
Número de habitantes equivalentes	<200	182	Ha9b.
Número de líneas	2	-	-
Producción de fangos	40 a 150	80	L/hab.año
Meses transcurridos entre dos limpiezas de fangos	6 a 12	6	mes
Porcentaje de fangos eliminados en cada limpieza	66,6	-	%

Fuente: (Juana, 2005)

Caudal punta (m³/d).

Tabla 25. Factor punta.

Habitantes	Fp
Núcleos pequeños	≥2,4
>100000	1,8 a 2,4
> 800000	1,4 a 1,8

Fuente: (UGR, s/f)

El factor punta se considera de acuerdo a la población para la cual se realizará el diseño y se obtiene según la siguiente ecuación:

(Ecuación 45)

$$Q_p = Q_d * F_p$$

Donde;

Q_p= Caudal punta (m³/d)

Q_d= Caudal de diseño (m³/d)

F_p=Factor punta

• **Diseño del sedimentador.**

Área del sedimentador (m²).

Se toma en cuenta la carga superficial de 24 a 50 m/d (Romero, 1999) y se calcula con la siguiente ecuación:

(Ecuación 46)

$$A_{sed} = \frac{Q_p}{C_s}$$

Donde;

A_{sed}= Área del sedimentador (m²)

Q_p= Caudal punta (m³/d)

C_s=Carga superficial (m/d)

Volumen del sedimentador (m³).

Se considera el TRH de 1 a 4 h (Romero, 1999).

(Ecuación 47)

$$V_{sed} = Q_p * TRH$$

Donde;

V_{sed} = Volumen del sedimentador (m^3)

Q_p = Caudal punta (m^3/d)

TRH= Tiempo de retención hidráulico (d)

Diámetro del sedimentador (m).

(Ecuación 48)

$$D_{sed} = 2 \sqrt{\frac{A_{sed}}{\pi}}$$

Donde;

D_{sed} = Diámetro del sedimentador (m)

A_{sed} = Área del sedimentador (m^2)

Altura cilíndrica útil del sedimentador (m).

Se obtiene de la siguiente ecuación:

(Ecuación 49)

$$H_{sed} = \frac{TRH * Q_d}{(\pi * (D_{sed})^2 / 4)}$$

Donde;

H_{sed} = Altura cilíndrica útil del sedimentador (m).

TRH= Tiempo de retención hidráulico (h).

Q_d = Caudal de diseño (m^3/h)

D_{sed} = Diámetro del sedimentador (m)

- **Diseño del digestor.**

Volumen útil de la cámara de digestión (m^3).

Para el compartimento de digestión y almacenamiento de los lodos, se consideran los criterios de la tabla **

(Ecuación 50)

$$V_{dig} = P_{fan} * \left(\frac{h - eq}{N^{\circ} \text{ líneas}} \right) * t_{lf} * \left(\frac{100}{f_{elim}} \right)$$

Donde;

V_{dig} = Volumen útil de la cámara de digestión (m^3)

P_{fan} =Producción de fangos (L/hab.año)

h_{eq} = Habitantes equivalentes (hab.)

t_{if} = Tiempo de limpiezas de fangos (año)

f_{elim} = Fangos eliminados en cada limpieza (%)

Altura útil de la cámara de digestión (m).

(Ecuación 51)

$$H_{dig} = \frac{V_{dig}}{\pi * \left(\frac{DTI}{2}\right)^2}$$

H_{dig} = Altura útil de la cámara de digestión (m)

V_{dig} = Volumen útil de la cámara de digestión (m³)

Las paredes laterales de la tolva tendrán una inclinación de 15° a 30° con respecto a la horizontal y la altura máxima de los lodos deberá estar 0,50m por debajo del fondo del sedimentador (OPS/CEPIS, 2005).

Volumen para almacenar los lodos.

Tabla 26. Tiempo de digestión.

Temperatura °C	Tiempo de digestión (d)
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: (OPS/CEPIS, 2005).

El volumen necesario para almacenar los lodos se calcula considerando una velocidad de emisión de 100 L/hab.año, (García & Ludizaca, 2017) y el tiempo de digestión de los lodos de acuerdo a la tabla 28:

La siguiente ecuación se tomó de referencia de (García & Ludizaca, 2017).

(Ecuación 52)

$$V_{lodos} = \frac{VEU * T_d * N}{1000}$$

Donde;

V_{lodos} =Volumen ocupado por los lodos (m³).

VEU= Velocidad de emisión unitaria de lodos (L/hab.año).

T_d = Tiempo de digestión (año).

N= Número de habitantes (hab.)

Diámetro del tanque Imhoff (m)

Por lo general el ancho de compartimento de lodos es >60 cm (Romero, 1999), se obtiene de la siguiente ecuación:

$$D_{TI} = D_{sed} + 0,6m + 0,6m$$

(Ecuación 53)

Donde;

D_{TI} = Diámetro del tanque Imhoff (m)

D_{sed} = Diámetro del sedimentador (m)

Altura útil del tanque Imhoff (m).

El borde libre se considera de 45 – 60 cm (Romero, 1999).

$$H_{TI} = H_{sed} + \left(\frac{D_{sed}}{2}\right) + H_{dig} + BL$$

(Ecuación 54)

Donde;

H_{TI} = Altura útil del tanque Imhoff (m)

H_{sed} = Altura cilíndrica útil del sedimentador (m)

D_{sed} = Diámetro del sedimentador (m)

H_{dig} = Altura útil de la cámara de digestión

BL =Borde libre (m)

Extracción de lodos.

El diámetro mínimo de la tubería para la remoción de lodos será de 0.20 m y deberá estar ubicado 0.15m por encima del fondo del tanque (OPS/CEPIS, 2005).

Lechos de secado de lodos.

Para pequeñas comunidad como es el caso de Cotococha, considerado como método simple y económico es los lechos de secado para deshidratar los lodos digeridos provenientes del tanque Imhoff.

Según (OPS/CEPIS, 2005), menciona que pueden ser construidos de mampostería, de concreto o de tierra (con diques), con profundidad total útil de 50 a 60 cm. El ancho de los lechos de secado es generalmente de 3 a 6m, pero para instalaciones grandes pueden sobrepasar los 10m. El medio de drenaje es generalmente de 0.30m de espesor y deberá tener los siguientes componentes:

- El medio de soporte recomendado está constituido por una capa de 0.15m formada por ladrillos colocados sobre el medio filtrante, con una separación de 0.02 a 0.03m llena de arena.
- La arena es el medio filtrante y deberá tener un tamaño efectivo de 0.3 a 1.3 mm
- Debajo de la arena se deberá colocar un estrato de grava graduada hasta .20m de espesor.

3.4.3.3 DISEÑO DE HUMEDALES ARTIFICIALES DE FLUJO SUBSUPERFICIAL.

Este tipo de humedal permite que el agua fluya debajo del medio poroso filtrante sembrado con macrófitas, para el diseño es necesario considerar ciertos criterios y otras especificaciones que se detallan a continuación:

Tabla 27. Características típicas del medio para humedales de flujo subsuperficial.

Medio	Tamaño efectivo, mm	Porosidad	Conductividad hidráulica (m/d)
Arena media	1	0,30	500
Arena gruesa	2	0,32	1000
Arena y grava	8	0,35	5000
Grava media	32	0,40	10000
Grava gruesa	128	0,45	100000

Fuente: (Romero, 1999)

El medio es comúnmente grava gruesa y arena en espesores de 0,45 a 1 m (Romero, 1999).

Tabla 28. Criterios para humedales de flujo subsuperficial.

Criterio	Valor	Unidad
Tiempo de retención	3 – 4	d
Carga hidráulica superficial	470 – 1870	m ³ /ha.d
Carga orgánica	< 112	kg DBO/ha.d
Carga de SST	390	kg/ha.d
Profundidad del agua	0,3 – 0,6	m
Profundidad del medio	0,45 – 0,75	m
Control de mosquitos	No requiere	-
Programa de cosecha	No requiere	-
Calidad esperada del efluente DBO/SST	<20/20	mg/L

Fuente: (Romero, 1999)

Volumen (m³)

Es necesario conocer el volumen que tendrá el humedal, se determina según la ecuación:

(Ecuación 55)

$$V = Q * TRH$$

Donde;

Q= Caudal (m³/d)

TRH= Tiempo de retención hidráulico (d)

Área superficial (m²).

Una vez obtenido el volumen y la profundidad según el criterio de diseño, calcular con la siguiente ecuación:

(Ecuación 56)

$$A_s = \frac{V}{P}$$

Donde;

A_s= Área superficial (m²).

V= Volumen (m³)

P=Profundidad del agua (m)

Área transversal (m²).

Se considera la conductividad hidráulica ya que de esta depende la pendiente del medio del humedal y una pendiente del 2% o mayor (Romero, 1999).

(Ecuación 57)

$$A_t = \frac{Q}{K \left(\frac{\Delta h}{\Delta L} \right)}$$

Donde;

Q=Caudal (m³/d)

K=Conductividad (m/d)

$\frac{\Delta h}{\Delta L}$ = pendiente del lecho

Dimensionamiento del humedal.

- **Ancho:** Se calcula el ancho del humedal según la ecuación:

(Ecuación 58)

$$a = \left(\frac{A_t}{P} \right)$$

Donde;

a=Ancho(m)

A_s = Área superficial (m^2)

P=Profundidad de agua (m)

- **Largo:** Se calcula la longitud del humedal:

$$l = \frac{A_s}{a}$$

(Ecuación 59)

l= Longitud (m)

a= Área superficial (m)

A_s = Área superficial (ha)

CAPITULO IV

4.1 RESULTADOS.

4.1.1 Resultados del objetivo 1.- Realizar la caracterización de la población y la determinación de la generación de aguas residuales.

CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN.

Tabla 29.- Caracterización de la población de la comunidad Cotococha.

Criterio	Nº
Familias encuestadas	29
Habitantes de la comunidad.	128
Uso de baños comunitarios.	12 familias 55 personas
Uso de baños en el hogar	17 familias 73 personas
Promedio de uso del baño/día	4 veces/hab.día
Litros por descarga de los inodoros	6,0 Lpf

Fuente: (Autores, 2019)

Una vez que se realizó la encuesta se determinó un total de 29 familias y 128 habitantes entre niños, jóvenes y adultos en la comunidad Cotococha, el 42,97% de los habitantes usan los baños comunitarios y el 57,03% tienen baños en sus hogares, también se pudo determinar un promedio general de uso del baño al día que es de 4 veces.

DETERMINACIÓN DE LA GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.

Se ha tomado como referencia la concentración débil de la tabla del anexo 3 del libro Ingeniería de Aguas Residuales.

Tabla 30.- Composición típica del agua residual doméstica bruta.

Contaminantes	Unidades	Concentración
		Débil
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	110
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	250
Sólidos Totales (ST)	mg/L	350
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/L	100

Sólidos Sedimentables (SS)	mg/L	5
Potencial de Hidrógeno (pH)	-	-

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995).

4.1.2 Resultados del objetivo 2.- Diseñar el sistema de alcantarillado de la comunidad Cotocochoa.

DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO.

Población actual (Pa).

- Se realizó un conteo de **29** viviendas en la Comunidad Cotocochoa.
- Adicionalmente se consideran **6** casas de un barrio cercano el cual se va a conectar a la red en un futuro.
- La sumatoria de: $29 + 6 = \mathbf{35}$ viviendas
- Se considera que en cada vivienda existe un promedio de 4,41 personas por hogar para la parroquia Tarqui según la base de datos del último censo de población y vivienda.
- Se realiza la multiplicación de: $35 \times 4,41 = \mathbf{155}$ habitante.
- En el sector existe una escuela lo cual se considera el 20% adicional como población flotante.
- La población actual es la siguiente:

$$Pa = (155 + 0,2 * 155)hab$$

$$Pa = \mathbf{186hab}$$

Ver anexo esquema general lamina 1.

Población de diseño.

Método geométrico;

$$Pf_{2044} = 186 * (1 + 1,5\%)^{25}$$

$$Pf_{2044} = \mathbf{270 hab.}$$

-La población futura de la comunidad será de 270 habitantes. Población que es utilizada para realizar el diseño del alcantarillado, mismo que cuenta con un periodo óptimo de funcionamiento de 25 años.

Densidad Poblacional (Dpob).

$$Dpob = \frac{270(hab)}{3.34 (Ha)}$$

$$D_{pob} = 56 \text{ hab/Ha}$$

-La densidad poblacional es de 56 hab/Ha, población que se distribuirá a en toda el área de la comunidad.

Dotación Futura (Df).

$$Df = (100 + 1(L/hab * dia) * 25)$$

$$Df = 125 (L/hab * dia)$$

-La dotación futura es 125 L/hab*día, promedio de agua potable que utilizará cada habitante por día.

CAUDALES DE DISEÑO.

Caudal medio (Qm).

-Se utiliza el 20% que es el factor de fugas.

$$Qm = \frac{20\% * (270(hab) * 125(\frac{L}{dia}))}{86400s}$$

$$Qm=0.078 \text{ L/s}$$

-El caudal medio es de 0.078 L/s, cantidad de agua residual producida en un día y descargada al sistema de alcantarillado.

Caudal máximo diario (Qmd).

-Se utiliza el factor de mayoración KMD=1.25

$$Qmd = 1.25 * 0,078(Ap)$$

$$Qmd = 0.098 \text{ L/s}$$

-El caudal máximo diario es de 0.098 L/s, considerado como la mayor cantidad de agua residual producida en un día y descargada al sistema de alcantarillado.

Caudal máximo horario (Qmh).

-Se utiliza el factor de mayoración KMH=3

$$Qmh = 3 * 0.078(Ap)$$

$$Qmh = 0.234 \text{ L/s}$$

-El caudal máximo horario es de 0.234 L/s, considerado como la mayor cantidad de agua residual producida en una hora y descargada al sistema de alcantarillado.

Caudal instantáneo (Qi).

Coefficiente de Babbit;

$$M = \frac{5}{0.270^{0.2}}$$

$$M=6.50$$

P= Población en miles

$$Qi = 6.50 * 0.234$$

$$Qi = 1.52L /s$$

-El caudal instantáneo es de 1.52 L/s, cantidad considerada de agua residual que se determina en un lapso de tiempo determinado.

Caudal por infiltración. (Qinf).

$$Qinf = I(L/s/m) * L(m)$$

$$Qinf = 0,00005(L/s/m) * 305.36(m)$$

$$Qinf = 0.0025 L/s$$

-El caudal por infiltración es de 0.0025 L/s, cantidad de agua adicional que ingresa a la tubería a causa de una ruptura o en la acometida.

Caudal por conexiones erradas.

-Se utiliza el 10 % del Porcentaje del caudal instantáneo

$$Qe = (10\%) * 0.84 L/s$$

$$Qe = 0.152(L/s)$$

-Caudal por conexiones erradas es de 0.152 L/s, cantidad de agua residual adicional incluida por accesorios mal conectados.

Caudal de Diseño (Qd)

$$Qd = 1.52 + 0.0025 + 0,152$$

$$Qd = 1.70L/s$$

-El caudal de Diseño es de 1,70 L/s, cantidad de agua residual saliente del sistema de alcantarillado sanitario hacia el sistema de depuración.

DETERMINACIÓN DE CAUDALES.

Tabla 31. Alcantarillado Sanitario, determinación de caudales.

IDENTIFICACIÓN TRAMO (CALE)	No POZO	REFERENCIA DEL AGUA POTABLE				ALCANTARILLADO SANITARIO						CAUDAL ACUMULADO (L/s)
		ÁREA DE APOORTE PARCIAL (Ha)	DENSIDAD POBLACIÓN hab/Ha	POBLACIÓN DISEÑO hab	DOTACIÓN FUTURA L/hab/d	CAUDAL MEDIO (Qmd) L/s	FACTOR MAYORA. MAX.DIARIO KMD	FACTOR MAYORA. M	CAUDAL INSTANTÁNEO (L/s)	CAUDAL MÁXIMO EXTRAORDINARIO (L/s)	Q diseño tramo (L/s)	
CALLE 1	P1											
	P2	0,83	56	47,00	125,00	0,07	1,25	6,50	0,57	0,86	1,43	1,43
	P3	0,34	56	19,00	125,00	0,03	1,25	6,50	0,22	0,33	0,55	1,98
	P4	0,05	56	3,00	125,00	0,00	1,25	6,50	0,00	0,00	0,00	4,64
	P5	0,54	56	31,00	125,00	0,04	1,25	6,50	0,33	0,50	0,83	5,47
CALLE 2	P6											
	P7	1,12	56	63,00	125,00	0,09	1,25	6,50	0,73	1,10	1,83	1,83
	P8	0,50	56	28,00	125,00	0,04	1,25	6,50	0,33	0,50	0,83	2,66
	ÁREA=	3,38		191,00								

Fuente: (Autores, 2019)

En la tabla 35 se indica la determinación de caudales, se realizó el cálculo para cada pozo de revisión y así se determinó el área de aporte parcial.

Área de aportación.

Para los pozos de revisión de la calle 1 y calle 2, el área de aporte parcial es la cantidad de área que ocupa cada tramo, sumando así todo el área de la comunidad que es 3 Ha.

Densidad poblacional.

Para los pozos de revisión de la calle 1 y calle 2, la densidad poblacional es 56 habitantes, cantidad obtenida aplicando la ecuación 2.

Población de diseño.

Para los pozos de revisión de la calle 1 y calle 2, la población de diseño se obtiene mediante la multiplicación del área de aporte parcial y la densidad poblacional, teniendo que dar el valor de 186 habitantes que es la población actual o a su vez el valor obtenido debe ser similar.

Dotación Futura.

Para cada uno de los pozos de revisión de la calle 1 y calle 2, la dotación futura es la cantidad obtenida aplicando la ecuación 3.

Caudal medio diario.

Para cada uno de los pozos de revisión de la calle 1 y calle 2, el caudal diario se obtiene multiplicando la población de diseño por la dotación futura dividido para 86400s.

Factor de mayoración máximo diario.

Para cada uno de los pozos de revisión de la calle 1 y calle 2, el factor de mayoración es de 1,25.

Factor de mayoración según Babit.

Para cada uno de los pozos de revisión de la calle 1 y calle 2, el factor de mayoración es de 6,50.

Caudal instantáneo.

Para cada uno de los pozos de revisión de la calle 1 y calle 2, el caudal máximo extraordinario se lo obtiene multiplicando el caudal medio por los factores de mayoración 1,25 y 6,50.

Caudal máximo extraordinario.

Para cada uno de los pozos de revisión de la calle 1 y calle 2, el caudal extraordinario se toma el valor de 1.5 más veces del caudal instantáneo.

Caudal de diseño.

Para cada uno de los pozos de revisión de la calle 1 y calle 2, el caudal de diseño es la suma del caudal instantáneo más el caudal extraordinario.

Caudal acumulado.

Para cada uno de los pozos de revisión de la calle 1, el caudal que sale por la tubería de cada trama se va sumando hasta el último pozo de revisión de la calle, teniendo así un caudal acumulado de 5,42 L/s.

Para cada uno de los pozos de revisión de la calle 2, el caudal que sale por la tubería de cada trama se va sumando hasta el último pozo de revisión de la calle, teniendo así un caudal acumulado de 2,66 L/s.

Tabla 32. Cálculos de los parámetros hidráulicos de una red de alcantarillado.

FECHA:		dic-19				DENSIDAD=	1.000,00	kg/m ³	TIPO DE TUBERÍA=	PVC-NOVAFORT	V _{min} =	0,45	m/sg.	V _{máx} =	4,50	m/sg.	COEFICIENTE MANNING (n)=	0,011				
CALLE	POZO	LONGITUD ENTRE EJES POZOS	DATOS TOPOGRÁFICOS			GRADIENTE HIDRÁULICA (S)					DIÁMETRO		SECCIÓN A TUBO LLENO				SECCIÓN A TUBO PARCIALMENTE LLENO					
			COTA			PENDIENTE TERRENO i(%)	ASUMIDA S(%) %	PERMISIBLES		NOTA	CALCULADO mm	ASUMIDO mm	CAUDAL Q _{TLL} lt/sg	VELOCIDAD		RADIO HIRÁULICO R _{TLL} (mm)	CAUDAL q _{PLL} lt/sg	VELOCIDAD		RADIO HIRÁULICO R _{PLL} (mm)	CALADO	
			TERRENO mnm	PROYECTO mnm	ALTURA POZO(m)			MÍNIMO %	MÁXIMA %					V _{TLL} m/sg	NOTA			V _{PLL} m/sg	NOTA		AGUA h (mm)	NOTA
CALLE1	P1		834,55	833,35	1,20																	
		51,03				2,90	2,50	0,50	13,29	SI	48,85	200	61,30	1,95	SI	50,00	1,43	0,81	SI	13,40	21,10	SI
	P2		833,07	832,07	1,00																	
	P2		833,07	832,07	1,00																	
		75,04				-1,40	0,60	0,50	13,29	SI	72,12	200	30,00	0,96	SI	50,00	1,98	0,54	SI	21,30	34,80	SI
	P3		834,12	831,62	2,50																	
	P3		834,12	831,62	2,50																	
		9,83				9,87	0,70	0,50	13,29	SI	96,43	200	32,40	1,03	SI	50,00	4,64	0,73	SI	29,90	51,10	SI
	P4		833,15	831,55	1,60																	
	P4		833,15	831,55	1,60																	
	48,54				0,37	0,57	0,50	13,29	SI	106,59	200	29,30	0,93	SI	50,00	5,47	0,71	SI	33,50	58,60	SI	
P5		832,97	831,27	1,70																		
CALLE2	P6		834,68	833,78	0,90																	
		69,73				0,76	0,98	0,50	13,29	SI	63,87	200	38,40	1,22	SI	50,00	1,83	0,63	SI	18,40	29,70	SI
	P7		834,15	833,10	1,05																	
	P7		834,15	833,10	1,05																	
		48,18				0,06	1,00	0,50	13,29	SI	73,21	200	38,80	1,24	SI	50,00	2,66	0,71	SI	21,70	35,50	SI
P8		834,12	832,62	1,50																		

Fuente: (Autores, 2019)

En la tabla 36 se indica los cálculos de los parámetros hidráulicos de una red de alcantarillado:

-Existen saltos de pozos en la línea principal

Para el diseño de los alcantarillados se sigue la pendiente del terreno, pero se tiene un terreno sin mucha pendiente por eso se le hace menor a la pendiente %.

-Siempre va tener la misma pendiente, no debe tener curvas para que no se tapone la tubería con sólidos.

Longitud.

Para cada uno de los pozos de revisión de la calle 1 y calle 2, la longitud se determina entre ejes desde la mitad de un pozo a otro pozo.

Cota terreno.

Para cada uno de los pozos de revisión de la calle 1 y calle 2, la cota de terreno viene dada en el levantamiento topográfico.

Cota proyecto.

Para cada uno de los pozos de revisión de la calle 1 y calle 2, la cota del proyecto es la diferencia existente entre la cota terreno y la altura del pozo.

Pendiente máxima.

Para cada uno de los pozos de revisión de la calle 1 y calle 2, considerada como la diferencia entre las cotas del terreno de cada pozo, tomando en cuenta que los pozos estén al mismo nivel.

Gradiente hidráulica y diámetro.

Considerada como pendiente de la red de tubería de acuerdo al diámetro de la tabla 23, considerando los criterios de diseño, se ha asumido la gradiente para cada pozo.

Sección a tubo lleno.

Depende de la velocidad calculada, se considera solo en casos que exista lluvias extremas.

Sección a tubo parcialmente lleno.

Se determina mediante la velocidad y radio hidráulico, cuando el conducto fluye a sección parcialmente llena (condiciones reales), es decir el paso de caudal en cada tramo.

Calado.

Altura a la recorre el caudal de agua residual por la red de tubería de acuerdo a cada tramo.

4.1.3 Resultado del Objetivo 3.- Diseñar el sistema de depuración de aguas residuales domésticas a través de humedales artificiales en la comunidad Cotococha.

4.1.3.1 DISEÑO DEL CANAL DE DEBASTE.

Caudal de diseño por línea (m^3/h).

$$Qdl = \frac{6,12 \text{ m}^3/h}{2}$$

$$Qdl = 3,06 \text{ m}^3/h$$

Caudal máximo (m^3/h).

$$Qmx = 6,12 \text{ m}^3/h * 3$$

$$Qmx = 18,36 \text{ m}^3/h$$

El factor de mayoración horario es de 3, mismo que determina el consumo de medio a máximo, ya usado en cálculos anteriores.

Caudal máximo por línea (m^3/h).

$$Qmxl = \frac{18,36 \text{ m}^3/h}{2}$$

$$Qmxl = 9,18 \text{ m}^3/h$$

Superficie útil del canal (m^2).

$$S = \left(\left((3,06 \text{ m}^3/h / 36000s) / 0,9 \text{ m/s} \right) * \left((5mm + 8mm) / 5mm \right) \right) * (1 / (1 - 30/100))$$
$$* \sin((60 * 2 * 3,14) / 360)$$

$$S = 0,00304m^2$$

El espesor de los barrotes para la reja es de 8mm y la distancia que hay entre barrotes es de 5mm, considerando una máxima colmatación del 30%.

Velocidad de paso entre barrotes a caudal de diseño con reja limpia (m/s).

$$v_{Qdrj} = (0,9 \text{ m/s} * ((100 - 30) / 100))$$

$$v_{Qdrj} = 0,63 \text{ m/s}$$

Velocidad de paso entre barrotes a caudal máximo con reja limpia (m/s).

$$v_{Qmax.rl} = (0,63 \text{ m/s } (5,13 \text{ m}^3/\text{h}/3,06 \text{ m}^3/\text{h}))$$

$$v_{Qmax.rl} = 1,89 \text{ m/s}$$

Velocidad de paso entre barrotes a caudal máximo con reja colmatada (m/s).

$$v_{Qmx.rc} = (0,9 \text{ m/s} * (10,26 \text{ m}^3/\text{h}/3,06 \text{ m}^3/\text{h}))$$

$$v_{Qmx.rc} = 5,4 \text{ m/s}$$

Velocidad de aproximación por el canal a caudal de diseño (m/s).

$$v_{ac.Qd} = (3,06 \text{ m}^3/\text{h}/3600)/0,0017\text{m}^2$$

$$v_{ac.Qd} = 0,28 \text{ m/s}$$

Anchura del canal (m).

$$A = \left(\frac{0,0017\text{m}^2}{0,3\text{m}} \right)^{0,5}$$

$$A = 0,10 \text{ m}$$

Por facilidad de diseño el ancho del canal es de #m

Profundidad útil del canal (m)

$$P_{uc} = \frac{0,0017 \text{ m}^2}{0,08 \text{ m}}$$

$$P_{uc} = 0,03 \text{ m}$$

Considerada como profundidad útil del canal aquella que ocupa la reja, entonces se consideró para el diseño 0,40m puesto que el valor obtenido no favorece el diseño (Giñín, 2016).

Profundidad total del canal (m).

$$P_{tc} = \left(\frac{0,0017\text{m}^2}{0,08\text{m}} \right) + 0,3$$

$$P_{tc} = 0,33\text{m}$$

La profundidad total que tiene el canal es de 0,70m, se ha considerado el resguardo del canal del 0,30 permitiendo la facilidad en el diseño.

Producción normal de residuos (Gruesos + finos) (m³/d).

$$P_{nr} = \frac{6,12 \text{ m}^3/\text{h} * 0,01 * 24}{1000}$$

$$P_{nr} = 0,00147 \text{ m}^3/\text{d}$$

Considerada como los residuos que se separan en las rejillas.

Producción máxima de residuos (Gruesos + finos) (m^3/h).

$$P_{mrx} = \frac{18,36 m^3/h * 0,3}{1000}$$
$$P_{mrx} = 0,0055 m^3/h$$

Cantidad máxima de residuos que separan las rejillas.

4.1.3.2 DISEÑO DEL TANQUE DE HOMOGENIZACIÓN.

Volumen máximo (m^3).

$$V_{max} = 6,12 m^3/h * 1h$$
$$V_{max} = 6,12 m^3$$

El tanque de homogenización abarca un volumen máximo de $6,12 m^3$, mismo que se obtuvo del caudal medio de diseño.

Volumen del tanque de homogenización (m^3).

$$V_{Tan} = (0,20 * 6,12 m^3) + 6,12 m^3$$
$$V_{Tan} = 7,34 m^3$$

El volumen del tanque de homogenización será de $7,34 m^3$, con un porcentaje de amortiguación del 20% para las fluctuaciones con respecto al valor medio.

Área del tanque (m^2).

$$A = \frac{7,34 m^3}{6m}$$
$$A = 2,94 m^2$$

El área requerida es de $2,94 m^2$, por lo general se usa una altura de 6m.

Diámetro del tanque (m)

$$D = \sqrt{\frac{2,94 m^2 * 4}{\pi}}$$
$$D = 1,93 m$$

Las dimensiones del tanque serán: A= $2,94 m^2$; H=6m; D=1,93m

4.1.3.3 DISEÑO DEL TANQUE IMHOFF.

Caudal punta (m^3/d).

$$Q_p = 146,88m^3/d * 2,4$$

$$Q_p = 352,51 m^3/d$$

Considerando el factor punta de 2,4 debido al tamaño de la comunidad, de esta manera se obtiene un caudal punta de $352,51 m^3/d$.

4.1.3.3.1 Diseño del sedimentador.

Área del sedimentador (m^2).

$$A_{sed} = \frac{352,51 m^3/d}{24m/d}$$

$$A_{sed} = 14,69 m^2$$

La carga superficial es de $24m/d$ y utilizando el caudal punta se obtiene el área de $14,69m^2$

Volumen del sedimentador (m^3).

$$V_{sed} = 352,51 \frac{m^3}{d} * 0,083d$$

$$V_{sed} = 29,38m^3$$

Utilizando el caudal punta y el tiempo de retención hidráulico de $2h = 0,083d$, se obtiene el volumen del sedimentador de $29,38m^3$.

Diámetro del sedimentador (m).

$$D_{sed} = 2 \sqrt{\frac{14,69 m^2}{\pi}}$$

$$D_{sed} = 5,52m$$

De acuerdo al área del sedimentador que es $14,69m^2$ y como resultado del diámetro se obtuvo $5,52m$.

Altura cilíndrica útil del sedimentador (m).

$$H_{sed} = \frac{2h * 6,12 m^3/h}{(\pi * (4,32m)^2 / 4)}$$

$$H_{sed} = 0,83m$$

En este caso se usa el caudal de diseño de 6,12 m³/h y el TRH de 2h usado anteriormente

4.1.3.3.2 Diseño del digestor.

Volumen útil de la cámara de digestión (m³).

$$V_{dig} = 0,08 \frac{m^3}{hab.año} * \left(\frac{182hab}{2}\right) * 0,5año * \left(\frac{100}{66,6}\right)$$

$$V_{dig} = 5,47m^3$$

La producción de fangos es de 0,08m³/hab.año, la limpieza de fangos se realizará cada 6 meses=0,5 año, obteniendo así el volumen de la cámara de digestión de 5,47m³.

Altura útil de la cámara de digestión (m).

$$H_{dig} = \frac{6,83m^3}{\pi * \left(\frac{5,52m}{2}\right)^2}$$

$$H_{dig} = 0,29m$$

El fondo de la cámara de digestión tendrá la forma de una tolva para que facilite el retiro de los lodos digeridos. Las paredes laterales de esta tolva tendrán una inclinación de 30° con respecto a la horizontal.

Volumen para almacenar los lodos.

$$V_{lodos} = 100 \frac{L}{hab.año} * 0,11año * 270hab * \frac{1m^3}{1000L}$$

$$V_{lodos} = 3m^3$$

Los lodos del tanque se encuentran en el fondo, habrá un solo punto de recogida de lodos, obteniendo un volumen de 3m³.

4.1.3.3 Dimensiones totales del tanque.

Diámetro del tanque Imhoff (m)

$$D_{TI} = 4,32m + 0,6m + 0,6m$$
$$D_{TI} = 4,43m$$

El diámetro total que tiene el tanque Imhoff es de 4,43m, en el cual se incluye el diámetro de la cámara de sedimentación y la distancia que hay entre ésta y las paredes del tanque Imhoff es de 0,6m.

Altura útil del tanque Imhoff (m).

$$H_{TI} = 0,83m + \left(\frac{4,32m}{2}\right) + 0,23m + 0,45m$$
$$H_{TI} = 3,67m$$

La altura del tanque se obtuvo con datos ya calculados, incluyendo el borde libre de 0,45m.

4.1.3.4 DISEÑO DE HUMEDALES ARTIFICIALES DE FLUJO SUBSUPERFICIAL.

Volumen (m³).

$$V = 146,9m^3/d * 3d$$
$$V = 440,60m^3$$

Es necesario conocer este dato ya que permite obtener los siguientes cálculos, mediante el caudal de diseño y el tiempo de retención que es 3 días.

Área superficial (m²).

$$A_s = \frac{440,60m^3}{0,6m}$$

$$A_s = 734,4m^2$$

El área superficial corresponde al área que ocupa el humedal artificial que es de 734,4m², utilizando una profundidad del agua 0,60m pero por facilidad de mantenimiento y operación, se diseñan dos humedales, por lo que la superficie de cada uno será de:

$$A_{humedal} = \frac{734,4m^2}{2}$$

$$A_{humedal} = 367,2m^2$$

Área transversal (m²).

$$A_t = \frac{146,9m^3/d}{10000\frac{m}{d}*0,1*0,02}$$

$$A_t = 7,34m^2/2$$

El área transversal corresponde al área que ocupa el medio en este caso se usó grava gruesa, tomando en cuenta su conductividad hidráulica y la pendiente del lecho.

4.1.3.4.1 Dimensionamiento del humedal.

- **Ancho.**

$$a = \left(\frac{7,34m^2}{0,6m} \right)$$

$$a = 12,24m$$

El ancho de cada humedal es de 12,24m.

- **Largo:**

$$l = \frac{367,2m^2}{12,24m}$$

$$l = 30m$$

El largo de cada humedal es de 30m.

La calidad esperada del efluente para DBO y SST es menor a 20 mg/L, lo cual garantiza que las descargas sean bajo los límites permisibles (Romero, 1999).

4.2 DISCUSIÓN.

- Para (Guñín, 2016) el diseño del sistema de alcantarillado sanitario realizado para la comunidad Sintinís, provincia de Morona Santiago, garantiza un ambiente sano, libre de enfermedades infecciosas en la zona rural, para realizar el diseño fue importante partir desde la situación sanitaria que estaban viviendo los habitantes de esa comunidad de acuerdo a la información obtenida se inició el diseño empezando por hacer un levantamiento topográfico de toda la comunidad ya que con el mismo se determinó la superficie de la zona irregular, con presencia de elevaciones y depresiones, longitudinales medianas, siendo así un área apta para aplicar el diseño, a partir de este punto se aplican criterios de diseño y ecuaciones para realizar los cálculos de acuerdo a normativa nacional y referencias de autores, propuestos por la misma norma ecuatoriana, el diseño fue realizado para una población de 160 habitantes con una

duración de 25 años desde que es construido. Todos los valores obtenidos son adecuados para implementar el diseño del alcantarillado. En el presente proyecto se realizó el diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la comunidad Cotococha, misma que cuenta con una población actual de 186 habitantes y de igual manera la duración del mismo será de 25 años a partir de su construcción, para su realización se aplicaron los criterios de diseño y ecuaciones para cálculos de acuerdo a la normativa nacional y referencias de autores, propuestos por la misma norma ecuatoriana, donde una vez obtenido el caudal de diseño con el mismo se procede a diseñar el sistema de depuración de aguas residuales domésticas mediante la aplicación de humedales artificiales.

- Para (García & Ludizaca, 2017) el diseño de un sistema de humedales artificiales para el tratamiento de las aguas residuales en la comunidad del Tabacay, provincia de Cañar resultó un tratamiento muy eficaz, tomando en cuenta las características de las aguas residuales de origen doméstico de la Comunidad, corresponden a un agua biodegradable que si puede ser tratada por medios naturales, se ha considerado también la flora, parámetros ambientales y demográficos del lugar, la eficacia del tratamiento de estos sistemas consiste en el tipo de vegetación que se usa, se ha tomado en cuenta que pertenece al lugar y cumple con las condiciones de remoción de contaminantes previsto para los humedales, con un dimensionamiento de 34,43m de ancho y 9,84m de largo, cabe mencionar que se usó un sistema combinado de humedales artificiales de flujo sub superficial vertical y horizontal con un tiempo de vida útil de 25 años contando con un manual de operación para de este modo garantizar su correcto funcionamiento. En nuestro proyecto, para el tratamiento biológico se diseñó un humedal artificial de flujo sub superficial horizontal, con un dimensionamiento de cada humedal de 12,24m de ancho y 30m de largo, de acuerdo a la caracterización de las aguas residuales domésticas realizada en la Comunidad Cotococha se obtuvo resultados favorables ya que antes se ha diseñado un pretratamiento que permitió la eliminación de sólidos y otros, aunque las cargas contaminantes no superan los límites permisibles de acuerdo a la normativa de esta manera se garantiza que las descargas al río Puyo sean aceptables y no perjudique la vida acuática y la salud de los moradores.
- La propuesta de la planta de tratamiento de aguas residuales de una empresa envasadora de leche del cantón Rumiñahui (Buenaño, 2015), considerando que los análisis de los efluentes líquidos no cumplen con los límites permisibles de la norma en cuanto a pH, DB, DQO,

sólidos suspendidos y totales, se realizó la planta que consta de 5 operaciones: Homogenización, clarificación, filtración, desinfección y secado de lodos, actuando conjuntamente y obteniendo como resultado la disminución de la concentración de dichos parámetros y mantenerlos bajos los límites permisibles, contribuyendo al mejoramiento de la producción y el ambiente. En el presente proyecto, se realizó el diseño de un sistema de depuración de aguas residuales básico para el pretratamiento se diseñó rejillas de desbaste para evitar el paso de sólidos gruesos y de un tanque de homogenización que permite enviar un caudal constante a los demás sistemas, como tratamiento primario se realizó el diseño de un tanque Imhoff, su efectividad depende del pretratamiento y del tamaño de la comunidad que va de 5000 habitantes o menos, en este caso la Comunidad Cotococha cuenta con una población de 270 habitantes, con un dimensionamiento de 5,25m de altura y su diámetro de 4,43m. Para el tratamiento biológico se diseñó 2 humedales de flujo subsuperficial debido a su longitud, cada uno con 2,15m de ancho y de largo 30m, técnica sencilla y económica en comparación a otras técnicas, a diferencia de otras plantas de tratamiento en ésta no se han usado otras etapas puesto que la caracterización de agua no lo amerita.

CAPITULO V

5.1 CONCLUSIONES.

- Se realizó la caracterización de la población actual mediante una visita de campo, en la que se aplicó un censo de 35 viviendas y se multiplicó por el promedio de personas por hogar que es 4,41 para la Parroquia Tarqui, la comunidad cuenta con un 20% de población flotante, obteniendo así una población actual de 186 habitantes, además se realizó un análisis físico-químico de las aguas residuales provenientes de las viviendas, cuyos resultados evidenciaron que el agua residual doméstica generada contiene carga contaminante que descarga directamente en el río Puyo sin previo tratamiento.
- El sistema de alcantarillado en la comunidad Cotococha será construido con tuberías de PVC-NOVAFORT, con un diámetro mínimo de 200mm, a una distancia entre pozos de 100m cuya abertura superior de cada pozo será de 0,6m. Se obtuvo el caudal de diseño de 1,70 L/s considerado como el caudal de agua residual doméstica que sale del alcantarillado para posteriormente ser tratada en el sistema de depuración.
- Considerando que la comunidad Cotococha no es extensa tanto en territorio como en población, se realizó el diseño de un sistema de depuración de aguas residuales básico, como pretratamiento se realizó el desbaste con un canal de profundidad de 0,70m y de largo 1,50m y también un tanque de homogenización con un diámetro de 1,75m y una altura de 2,65m siendo de hormigón de 0,15m de espesor, el tratamiento primario consta de un tanque Imhoff para facilidad de diseño se realizó con una altura total del tanque de 5,25m y diámetro de 4,73m, la inclinación de la tolva a 30° y del diseño de lechos de lodos, el tratamiento biológico consta del diseño de 2 humedales de flujo subsuperficial debido a su longitud, luego de la geo membrana el medio filtrante consta de grava gruesa que presenta una porosidad de 0,45 sobre el cual se encuentran las macrófitas, cada humedal con 12,24m de ancho y de largo 30m y que todo el sistema de depuración permita la eliminación de los contaminantes y que las descargas al cuerpo de agua dulce estén bajo los límites permisibles que menciona la normativa.

5.2 RECOMENDACIONES.

- Sería importante que la Universidad Estatal Amazónica establezca nuevos convenios con más entidades públicas y privadas de la provincia para que colaboren con información, material y equipo para la realización o ejecución de proyectos planteados por los estudiantes.
- Al GADM Pastaza impartir información a las comunidades sobre la ejecución de proyectos que ayuden a reducir la contaminación del ambiente en el que habitan aplicando alternativas amigables con el ambiente y beneficiándoles en la mejora de su calidad de vida.
- Motivar y comprometer a los habitantes de la comunidad que soliciten, se ejecute el proyecto de investigación ya que es para su beneficio, además de esta forma previenen riesgos sanitarios.
- Estudiantes de la Universidad, deberían proponer más investigaciones similares en diferentes lugares de la Amazonía que carezcan de servicios básicos sanitarios para contribuir a mejorar su calidad de vida.

CAPITULO VI

6.1 BIBLIOGRAFÍA.

Buenaño, M. (2015). *Propuesta de la planta de tratamiento de aguas residuales de una empresa envasadora de leche del cantón Rumiñahui, para que cumpla con la norma técnica Ambiental (T.U.L.A.S).* (tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

Carrión, S. (2010). *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para una empresa procesadora de camarón.* (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

Castellon, M. (2014). *Métodos de aforo de fuentes superficiales* . Obtenido de <https://es.slideshare.net/mariocastellon/mtodos-de-aforo>

COA. (2017). *Capítulo V: Calidad de los componentes abióticos y estado de los componentes bióticos.* Obtenido de: http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf

Constitución de la República del Ecuador. (2008).

Espinoza, C. (2014). *Factibilidad del diseño de un humedal de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales municipales de 30.000 habitantes.* Obtenido de <https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/114/1/Espinosa%20Ortiz%2c%20Camilo%20Eduardo%20-%202014.pdf>

GADPRT. (2014). *ACTUALIZACIÓN DE PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE TARQUI 2014-2019.* Puyo, Pastaza, Ecuador.

GADPRT. (2015). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA TARQUI.* Puyo, Pastaza, Ecuador.

García, D. (2006). *Desarrollo de un Humedal Artificial Piloto con Especies no Convencionales para Mitigar la Contaminación Generada por el Vertimiento de Aguas Residuales Provenientes del Centro de Visitantes del Parque Nacional Natural Amacayacu – Amazonas.* Obtenido de

<http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/14844/T41.06%20G165d.pdf?sequence=1>

García, A., & Ludizaca, W. (2017). *Diseño de un sistema de humedales artificiales para el tratamiento de las aguas residuales en la comunidad del Tabacay, cantón Azogues, provincia de Cañar*. (tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

Giñín, M. (2016). *Diseño de un sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales domésticas, mediante humedales artificiales para la comunidad de Sintinís, Cantón Pablo Sexto, Provincia de Morona Santiago*. Obtenido de: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Tesis%201077%20%20Gi%C3%B1%C3%ADn%20Buest%C3%A1n%20Maritza%20Jesenia.pdf>

Guevara, J., Mogollón, H., Cerón, C.; Josse, C.; y PMV. (2013). Página 108 en: Ministerio del Ambiente del Ecuador 2012. *Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental*. Ministerio del Ambiente del Ecuador. Quito.

INEC. (2010). *ecuadorencifras*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/page/17/?s=Poblaci%C3%B3n>

INEN 601. (2014). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Obtenido de: https://www.agua.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2014/04/norma_urbana_para_estudios_y_disenos.pdf

INEN 602. (2014). *Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural*. Obtenido de: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/norma_rural_para_estudios_y_disenos.pdf

Juana, R. I. (2005). *Proyecto de plantas de tratamiento de aguas: Aguas de procesos, residuales y de refrigeración*. Madrid: Bellisco.

Llagas, W. (2006). *Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en al UNMSM*. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dise%C3%B1o-de-humedales-artificiales.pdf>

- Metcalf & Eddy. (1995). *Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización*. Editor: McGraw-Hill.
- Norma Boliviana NB 688. (2007). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial (Tercera revisión)*. Obtenido de: <https://es.slideshare.net/mascabreado/nb-688-diseo-de-sist-alcantarillado-sanitario-y-pluvial-2007>
- Moya, D. (2014). *Metodología de diseño del drenaje urbano*. Obtenido de <file:///F:/Metodolog%C3%ADa%20Impresi%C3%B3n-2.pdf>
- OPS/CEPIS. (2005). *Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización*. Lima.
- Pereyra, N. (2016). *Sistemas condicionales, agua potable y alcantarillado sanitario*. Obtenido de Humedales artificiales tratamiento y reuso de aguas residuales municipales.: <https://slideplayer.es/slide/10583173/>
- Romero, J. A. (1999). *Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño*. Colombia: ECI.
- Salas, J. (2018). *Introducción a los Humedales Artificiales como tratamiento de las aguas residuales*. Obtenido de Diálogos del agua: <https://www.iagua.es/blogs/juan-jose-salas/introduccion-humedales-artificiales-como-tratamiento-aguas-residuales>
- Saneamiento, C. d. (s/f). *Humedal artificial de flujo de horizontal subsuperficial*. Obtenido de <http://alianzaporelagua.org/Compendio/tecnologias/t/t6.html>
- SENAGUA. (abril de 2014). *agua.gob.ec*. Obtenido de https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_rural_para_estudios_y_disenos.pdf
- Solis, D. B. (2018). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el barrio Los Laureles, comunidad de Nero, de la parroquia Baños, cantón Cuenca*. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31523/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>

Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (2015) *Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de efluentes al recurso agua, Anexo I del Libro VI*. Quito: Autor.

UGR. (s/f). *Redes de saneamiento (II): Diseño de conducciones en redes separativas sanitarias*. Recuperado de: https://www.ugr.es/~iagua/LICOM_archivos/Tema_SA2.pdf

Villacis, A. (2011). *Estudio de un Sistema de Depuración de Aguas Residuales para reducir la contaminación de Río Ambato y los sectores aledaños, en el sector de Pisocucho, de la parroquia Izamba, del Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua*. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Tesis%20620%20-%20Villac%20C3%ADs%20Proa%20C3%B1o%20Alex%20Guillermo.pdf

6.2 ANEXOS.

SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

