



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES

**Diseño de la Red del Alcantarillado Sanitario y Planta de
Tratamiento de Aguas Residuales para la Comunidad de
Zhipta de la Parroquia Jima, Cantón Sígsig,
Provincia del Azuay.**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

**INGENIERO CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

Autor:

ISMAEL FERNANDO VALLEJO BARROS

Director:

CAZAR ALMACHE FABIÁN EDUARDO

CUENCA – ECUADOR

2018

DEDICATORIA

A Dios por haberme amado primero, es quien me ha dado palabras de vida, ha dado sentido de caminar cada día y sobre todo de servir y amar al prójimo como él lo hizo por mí.

A mis padres por sin pedir algo a cambio, dedicaron e invirtieron tiempo y amor en mi para ser quien soy ahora.

A mi hermana y mis sobrinos quienes siempre son un haz de luz en medio de días terribles y la cereza del pastel en días increíbles.

A mi iglesia y las personas quienes han dejado que los pueda liderar, levantado como un líder e inculcado el amor y el servicio al prójimo y por sobre todo hacer las cosas con una visión de excelencia, eficiencia y por sobre todo amor.

AGRADECIMIENTOS

Siempre mis agradecimientos serán primero para Dios por siempre haber puesto a las personas correctas en medio de todo este proyecto y el tiempo perfecto.

A mis padres por no haber escatimado ningún recurso con tal de seguir con este importante proyecto.

A mi hermana y sobrinos por siempre apoyarme a no desenfocarme y poder culminar con excelencia este trabajo.

Mis líderes Joel y Karyn Guido y sus hijas, por siempre apoyarme e incentívarme a culminar con este proyecto con excelencia y ser un pilar en mi vida.

A mi director Ingeniero Fabián Eduardo Cazar Almache, por su aporte en conocimientos y apoyo para el desarrollo de este proyecto.

Al GAD Municipal del Cantón Sigsig y su equipo técnico que depositó su confianza en mí para poder realizar este proyecto.

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
INDICE DE TABLAS	x
INDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes.	2
Justificación.....	2
Objetivos	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos.	2
 CAPITULO I : DESCRIPCION DE LA ZONA	 4
1.1. Descripción general de la zona.....	4
1.2. Ubicación geográfica.....	5
1.3. Área del proyecto y vías de acceso.....	5
1.4. Temperatura.....	7
1.5. Hidrología.....	8
1.6. Tendencia de crecidas.....	9
1.7. Topografía y pendientes	10
1.8. Uso de suelo	13
1.9. Amenaza de deslizamientos	14
1.10. Aspectos demográficos.....	15

1.11. Situación actual	16
1.12. Vivienda	16
1.13. Infraestructura y servicio	18
1.14. Socioeconómico	20

CAPÍTULO II : PARÁMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑO PARA ALCANTARILLADO SANITARIO

.....	22
-------	----

2.1. Alcantarillado	22
2.1.1. Alcantarillado sanitario	22
2.1.2. Alcantarillado pluvial.....	22
2.1.3. Alcantarillado combinado	22
2.2. Criterios de diseño.....	22
2.2.1. Población.....	22
2.2.2. Tasa de crecimiento poblacional.....	23
2.2.3. Población futura.	24
2.2.4. Periodo de diseño	24
2.2.5. Determinación de aporte de población.....	25
2.3. Parámetro de diseño	25
2.3.1. Ecuación de manning	25
2.3.2. Velocidad	26
2.3.3. Coeficiente de rugosidad.....	27
2.3.4. Pendiente	27
2.3.5. Diámetro mínimo	28
2.3.6. Profundidad	28
2.4. Hidráulica del alcantarillado.....	29

2.4.1.	Relación calado de agua y diámetro de la tubería.....	29
2.4.2.	Flujo de tuberías a sección llena	29
2.4.3.	Flujo de tuberías parcialmente llenas	30
2.5.	Caudales de diseño.	36
2.5.1.	Caudal sanitario (Qs).....	36
2.5.2.	Caudal de conexiones erradas o ilícitas (Qill).	41
2.5.3.	Caudal por infiltración (Qinf).	42
2.6.	Red condominial.....	42
2.7.	Obras complementarias	43
2.7.1.	Pozos de revisión	43
2.7.2.	Brocales y tapas de hormigón	44
2.7.3.	Conexiones domiciliarias	44
CAPÍTULO III : DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO		46
3.1.	Generalidades	46
3.2.	Determinación de población parcial y cálculo de población acumulada para cada tubería.....	47
3.3.	Calculo de población futura	47
3.4.	Calculo de población futura para cada tubería	49
3.5.	Sistema de red de alcantarillado sanitario y condominial.	49
CAPÍTULO IV : PARÁMETROS Y DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES		54
4.1.	Generalidades	54
4.2.	Tratamiento de aguas residuales.....	54

4.2.1.	El tratamiento preliminar	55
4.2.2.	El tratamiento primario	55
4.2.3.	Tratamiento secundario.....	56
4.3.	Características del agua residual	57
4.3.1.	Características físicas	58
4.3.2.	Características químicas.....	58
4.3.3.	Características biológicas.....	58
4.4.	Diseño de las unidades de tratamiento	58
4.4.1.	Características del agua residual de Zhipta.....	58
4.4.2.	Diseño de tratamiento preliminar (cajón de entrada).....	59
4.4.3.	Diseño de tratamiento primario (fosa séptica)	59
4.4.4.	Diseño de tratamiento secundario (filtro biológico anaerobio).....	66
4.4.5.	Determinación de las características finales del efluente primario y secundario	70
4.5.	Ubicación.....	72
 CAPÍTULO V: PRESUPUESTO ECONÓMICO DEL PROYECTO		73
5.1.	Análisis de precios unitarios (APU).....	73
5.1.1.	Costos directos	73
5.1.2.	Costos indirectos	73
5.2.	Presupuesto.....	73
5.3.	Formula de reajuste de precios	75
5.4.	Cronograma valorado	77
5.5.	Especificaciones técnicas	77

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
BIBLIOGRAFIA	81
ANEXOS	83

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Mapa de límites políticos de la parroquia Jima.	4
Figura 1.2. Mapa de las comunidades de la parroquia Jima y sus vías de acceso. ..	7
Figura 1.3. Mapa de zonas de la temperatura de la parroquia Jima.	8
Figura 1.4. Mapa de la división hidrográfica de la parroquia Jima.....	9
Figura 1.5. Tendencia de crecidas de la parroquia Jima.	10
Figura 1.6. Mapa de pendientes de la parroquia Jima.....	13
Figura 1.7. Mapa de la cobertura vegetal y uso de la tierra de la parroquia Jima..	14
Figura 1.8. Mapa de amenaza por deslizamiento de la parroquia Jima.	15
Figura 1.9. Estructura de la población por sexo y edad.	16
Figura 1.10. Tipo de edificación de las viviendas encuestadas.....	17
Figura 1.11. Materiales usados en las edificaciones.	17
Figura 1.12. Uso de las edificaciones.....	18
Figura 1.13. Abastecimiento de agua potable a las viviendas.....	18
Figura 1.14. Abastecimiento de saneamiento de aguas residuales.....	19
Figura 1.15. Tipo de vía más cercana a la vivienda.	19
Figura 1.16. Conexión a red eléctrica.	20
Figura 1.17. Número de miembros de familia.	20
Figura 1.18. Frecuencia de los ingresos económicos de la familia.....	21
Figura 1.19. Tipo de trabajo del jefe del hogar.	21
Figura 2.1. Tres edificaciones se pueden conectar a los tramos 1-2 y 3-4, la única edificación fuera del sistema de alcantarillado.	25
Figura 2.2. Relación altura de fluido y diámetro interno de tubería.	29
Figura 2.3. Parámetros hidráulicos de las alcantarillas de sección circular.	32
Figura 2.4. Red condominial dirección norte-sur se conecta al pozo de la red principal dirección oeste-este.....	43
Figura 2.5. Conexión domiciliar a 45 ^a	45
Figura 2.6. Conexión domiciliar a 60 ^a	45
Figura 3.1. Sectorización de las zonas a brindar servicio de alcantarillado sanitario.....	46
Figura 4.1. Terreno para la planta de tratamiento de aguas residuales.	72
Figura 5.1. Cronograma valorado del proyecto.	77

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Ubicación geo-referencial de las comunidades.....	5
Tabla 1.2. Longitud vial en base a sus capas de rodadura.	6
Tabla 1.3. Descripción del Tipo, porcentaje y extensión de pendientes de la parroquia de Jima.	11
Tabla 1.4. Limitación y uso recomendado de pendientes en la parroquia de Jima	12
Tabla 1.5. Cobertura y uso del suelo de la parroquia de Jima.	13
Tabla 1.6. Grado de deslizamientos de la parroquia de Jima.....	14
Tabla 1.7. Distribución de la población por edad y sexo.....	15
Tabla 2.1. Tasa de crecimiento poblacional.....	23
Tabla 2.2. Formulas para los diferentes métodos para el cálculo de población futura.	24
Tabla 2.3. Velocidades máximas en base al tipo de material.....	26
Tabla 2.4. Coeficiente de rugosidad en base al tipo de material.....	27
Tabla 2.5. Tuberías con diámetros internos en el mercado.....	28
Tabla 2.6. Relaciones hidráulicas para tuberías parcialmente llenas en función de q/Q	33
Tabla 2.7. Dotación de aguas para los diferentes niveles de servicio.	38
Tabla 2.8. Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.	39
Tabla 2.9. Caudal de agua residual industrial.	40
Tabla 2.10. Niveles de complejidad.....	40
Tabla 2.11. Distancia entre pozos en base al diámetro de la tubería.:	43
Tabla 2.12. Diámetro de pozo en función de diámetro de tubería.	44
Tabla 3.1. Valores considerados para el cálculo de población futura.....	47
Tabla 3.2. Población futura de la comunidad de Zhipta.	48
Tabla 3.3. Parámetros y criterios de diseño de alcantarillado sanitario.....	51
Tabla 3.4. Parámetros y criterios de diseño de alcantarillado condominial.....	52
Tabla 4.1. Porcentajes de remoción recomendados.	56
Tabla 4.2. Parámetros de remoción y grados de remoción.	57
Tabla 4.3. Periodo de retención en tanques sedimentables.....	59
Tabla 4.4. Eficiencias de remoción de DBO5.....	60
Tabla 4.5. Eficiencias de remoción de sólidos en suspensión.....	61

Tabla 4.6. Contribución de aguas residuales y de lodos.	62
Tabla 4.7. Parámetros de diseño de la fosa séptica.	63
Tabla 4.8. Dimensionamiento de la fosa séptica.	64
Tabla 4.9. Medidas constructivas de la fosa séptica.	64
Tabla 4.10. Tiempo requerido para digestión de lodos.	64
Tabla 4.11. Parámetro de diseño del lecho de secado.	65
Tabla 4.12. Dimensionamiento del lecho de secado.	66
Tabla 4.13. Dimensiones constructivas del lecho de secado.	66
Tabla 4.14. Clasificación de los lechos bacterianos.	67
Tabla 4.15. Características del lecho bacteriano.	67
Tabla 4.16. Contribución diaria de vertidos y carga orgánica por tipo de edificio y ocupantes.	68
Tabla 4.17. Parámetros para el diseño del filtro biológico anaerobio.	69
Tabla 4.18. Carga orgánica y dimensionamiento del filtro biológico anaerobio. ...	69
Tabla 4.19. Dimensiones constructivas del filtro biológico anaerobio.	69
Tabla 4.20. Resultados de caracterización de aguas residuales.	70
Tabla 4.21. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.	71
Tabla 4.22. Remoción en efluente en las diferentes unidades de la planta de tratamiento en base a datos recolectados en la comunidad de Zhipta.	71
Tabla 5.1 Resumen del presupuesto del alcantarillado sanitario para la comunidad de Zhipta.	75

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Encuesta de la comunidad de Zhipta.

Anexo 2 Presupuesto y análisis de precios unitarios.

Anexo 3 Análisis físicos químicos y biológicos del agua residual de la comunidad de Zhipta.

Anexo 4 Planos del sistema de alcantarillado.

Anexo 5 Planos de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Anexo 6 Manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Anexo 7 Estudio de la capacidad soportante del suelo en el lugar donde se va a implantar la planta de tratamiento.

Anexo 8 Cronograma del proyecto.

Anexo 9 Cálculos de diseño de la red de alcantarillado condominial y sanitario.

Anexo 10 Especificaciones técnicas.

Anexo 11 Coeficiente polinómico.

Anexo 12 Memoria fotográfica.

DISEÑO DE LA RED DEL ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE ZHIPTA DE LA PARROQUIA JIMA, CANTÓN SÍGSIG, PROVINCIA DEL AZUAY

RESUMEN

El presente trabajo plantea un proyecto hidrosanitario en la comunidad de Zhipta, perteneciente al cantón de Sígsig. Esta comunidad no cuenta con un adecuado proceso de depuración y evacuación de sus aguas residuales, lo que genera problemas para la salud de sus habitantes y ocasiona contaminación en el medio ambiente. El presente proyecto da cuenta del diseño del sistema de alcantarillado sanitario y condominial de la comunidad, y cubre dos zonas con alta densidad población de la comunidad actualmente separadas. Además, se diseña una planta de tratamiento de aguas residuales que conecta ambas redes principales, y está conformada por una fosa séptica de doble cámara y un filtro anaerobio de flujo ascendente.

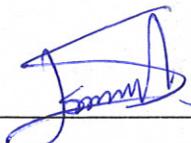
Palabras Clave: Depuración, evacuación, aguas residuales, condominial, alcantarillado, contaminación, fosa séptica, filtro anaerobio.



Ing. Cazar Almache Fabián Eduardo
Director Del Trabajo De Titulación



Ing. José Vázquez Calero
Coordinador De La Escuela



Ismael Fernando Vallejo Barros

Autor

**DESIGN OF THE SANITARY SEWAGE NETWORK AND WASTEWATER
TREATMENT PLANT FOR THE COMMUNITY OF ZHIPTA OF THE JIMA
PARISH FROM SÍGSIG CANTON, PROVINCE OF AZUAY.**

ABSTRACT

The present work proposed a hydro-sanitary project in the community of Zhipta from Sígsig. This community did not have an adequate process of purification and evacuation of its wastewater, which generated health problems in its inhabitants and caused pollution in the environment. This project addressed the design of the community sanitary and condominial sewer system. It covered two currently separate areas with high population density communities. A wastewater treatment plant was designed, it connected both main networks and was made up of a double-chamber septic tank and an up-flow anaerobic filter.

Keywords: Purification, evacuation, sewage, condominial, sewerage, pollution, septic tank, anaerobic filter.

X _____
Ing. Cazar Almache Fabián Eduardo
Thesis Director

Ing. José Vázquez Calero
Faculty Director

Ismael Fernando Vallejo Barros
Author



Translated by
Ing. Paul Arpi

Ismael Fernando Vallejo Barros

Trabajo de graduación

ING. CAZAR ALMACHE FABIÁN EDUARDO

**DISEÑO DE LA RED DEL ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA
DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD
DE ZHIPTA DE LA PARROQUIA JIMA, CANTÓN SÍGSIG, PROVINCIA
DEL AZUAY**

INTRODUCCIÓN

La comunidad de Zhipta no cuentan con infraestructura adecuada para la evacuación de aguas residuales, ni tampoco con ningún sistema de depuración y disposición final. dando como consecuencia que el medio ambiente y la población presentan altos riesgos de contaminación y afecciones en la salud respectivamente, impidiendo de esta forma una adecuada calidad de vida y desarrollo.

Es por ello que dentro de un convenio el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Sigsig y la Universidad del Azuay se establece que se realice un estudio del diseño de alcantarillado sanitario y la planta de tratamiento para las aguas residuales de la comunidad de Zhipta de la parroquia Jima, cantón Sigsig, provincia del Azuay.

Con estas obras se generará mejores condiciones de vida y desarrollo de la comunidad beneficiada de estos servicios básicos como también se preservará de mejor manera el medio ambiente del lugar.

Antecedentes

El Gobierno Descentralizado Municipal del Sígsig, en se afán de mejorar las condiciones de vida de los habitantes de la comunidad de Zhipta ubicada en la parroquia Jima en conjunto con la Universidad del Azuay en un convenio se estableció realizar un estudio del diseño de la red de alcantarillado sanitario y la planta de tratamiento para la comunidad.

Al momento la comunidad cuenta con servicios de luz y agua potable, y para la evacuación de excretas se usa pozos sépticos y en algunos casos por descarga directa a quebradas, contaminando el medio ambiente y afectando a los habitantes de la población.

Justificación

La comunidad de Zhipta perteneciente a la parroquia Jima, del cantón Sígsig no cuenta con infraestructura adecuada para la evacuación de aguas residuales, ni tampoco con ningún sistema de depuración y disposición final. En consecuencia, el medio ambiente y la población presentan riesgos de contaminación y afecciones en la salud respectivamente, impidiendo de esta forma una adecuada calidad de vida y desarrollo.

Objetivos

Objetivo general

Realizar el diseño de la red de alcantarillado sanitario y una planta de tratamiento de aguas residuales para la comunidad de Zhipta de la parroquia Jima, cantón Sígsig, provincia del Azuay.

Objetivos específicos

- Levantar y recopilar información de campo correspondiente a topografía, situación socioeconómica mediante encuestas y datos del sistema existente necesaria para el diseño.

- Diseñar los elementos de las redes de alcantarillado sanitario al igual que la planta de aguas residuales junto con sus debidos planos y memoria técnica.
- Elaborar un presupuesto basado en la cuantificación de cantidades de obra, presupuesto, análisis de precios unitarios, cronograma valorado, fórmula polinómica y especificaciones técnicas.

CAPITULO I

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

1.1. Descripción general de la zona

La comunidad de Zhipta se encuentra ubicada en la parroquia de Jima, cantón Sigsig provincia del Azuay, esta parroquia está delimitada políticamente de la siguiente manera:

- Al Norte con la parroquia San José de Raranga y parte de la parroquia Ludo.
- Al Sur con el cantón Nabón al Suroeste y con el cantón Gualaquiza (provincia Morona Santiago) al Sureste.
- Al Este con la parroquia Cuchil.
- Al Oeste con el cantón Girón y parte del cantón Cuenca al Noroeste.

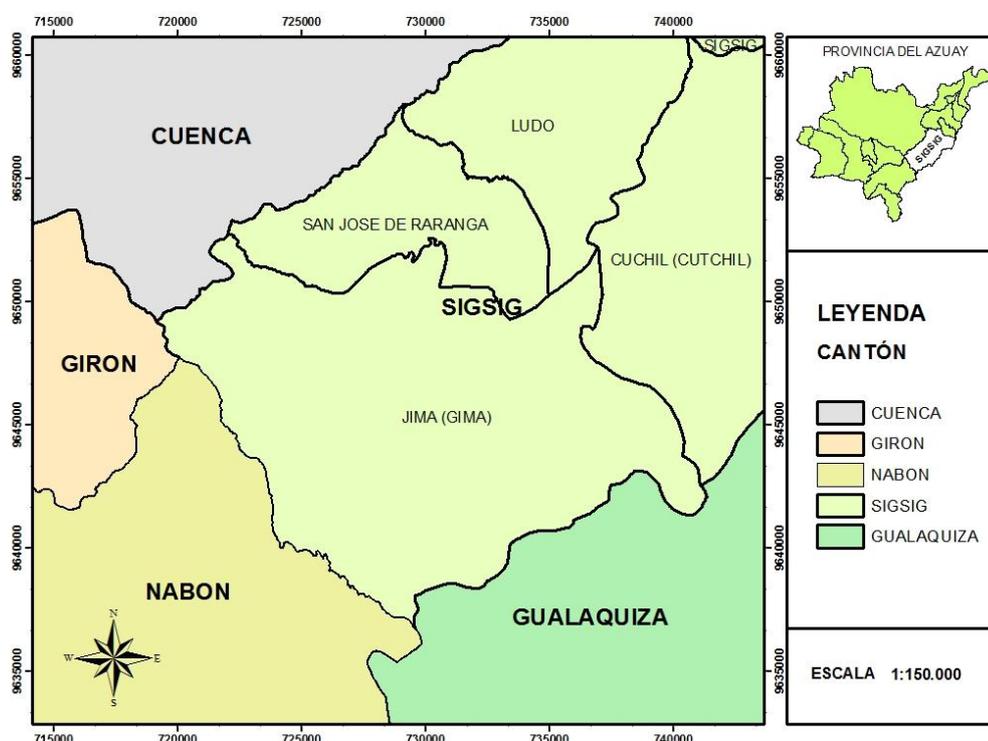


Figura 1.1. Mapa de límites políticos de la parroquia Jima.

Fuente: (INEC, 2007)

1.2. Ubicación Geográfica

La comunidad de Zhipta ubicada en la parroquia Jima, parroquia Sigsig, provincia del Azuay; se encuentra situada geográficamente en las coordenadas (WGS84) Latitud Norte: 9°645.286N, Latitud Sur: 729.022E. (PDOT Jima, 2015)

1.3. Área del proyecto y vías de acceso

La parroquia de Jima comprende una extensión aproximada de 19245,74 ha. En la misma constan 17 comunidades dentro de sus fronteras, pero las mismas no cuentan con límites oficiales entre ellas. La ubicación geográfica de las comunidades esta mostrada en la tabla 1.1, las mismas son representadas en coordenadas WGS84. (PDOT Jima, 2015)

Tabla 1.1. Ubicación geo-referencial de las comunidades.

Comunidad rurales	X	Y
Pinzhuma	730785	9644323
Zhipta	729022	9645286
Moya	731517	9645579
San Vicente de Gulazhi	724001	9650814
Zhamar	721863	9646456
Ganillacta	728359	9646740
Chisicay	728956	9647596
Chiñaguña	725488	9647988
Tarapzha	726716	9648219
Pizata	727787	9648457
Cuzhig	731415	9648558
Tacadel	722943	9648625
Viola	724383	9649325
Iguila Corral	732730	9649469
Guavisay	728456	9649579
Guno	729063	9649764
San Francisco de Joyapa	722962	9649979

Fuente: (Equipo técnico PDOT Jima, 2015)

En cuanto a las vías de acceso que cuenta la parroquia de Jima, los habitantes para movilizarse hacia la cabecera cantonal de Sígsig tienen que recorrer 64,8 km de longitud en vía lastrada en su totalidad, el tiempo aproximado para que los vehículos para trasladarse desde la parroquia a la cabecera cantonal de Sígsig o viceversa por esta vía es alrededor de 125 minutos. (PDOT Jima, 2015)

También existen vías de acceso para la conexión con la ciudad de Cuenca encontrada a 48 km de distancia. Se puede acceder a Jima por la vía a Cumbe- San Vicente (vía lastrada) y la Cumbe- Tinajillas. (vía Loja)

La red vial interna de la parroquia tiene una longitud total de 93.770,58 m, de las cuales el 8% son vías urbanas y el otro 92% son rurales. (PDOT Jima, 2015)

En la tabla 1.2 se muestra las longitudes de las distintas capas de rodadura de la red vial con las que la parroquia de Jima cuenta, y en base a las mismas podemos ver que del total el 0,37% son vías adoquinadas, las vías lastradas alcanzan un 92,92% y vías de tierra corresponde al 6,71%. Viendo que existe una carencia de calidad en las vías inter parroquiales del lugar. (PDOT Jima, 2015)

Tabla 1.2. Longitud vial en base a sus capas de rodadura.

Capa de rodadura	Longitud vías (m)	%
Adoquinado	347,438	0,37%
Lastrado	87.132,11	92,92%
Tierra	6.291,03	6,71%
Total	93770,579	

Fuente: (Equipo técnico PDOT Jima, 2015)

En la figura 1.2 se puede distinguir las vías que cuenta la parroquia de Jima, así como la ubicación referencial de sus comunidades.

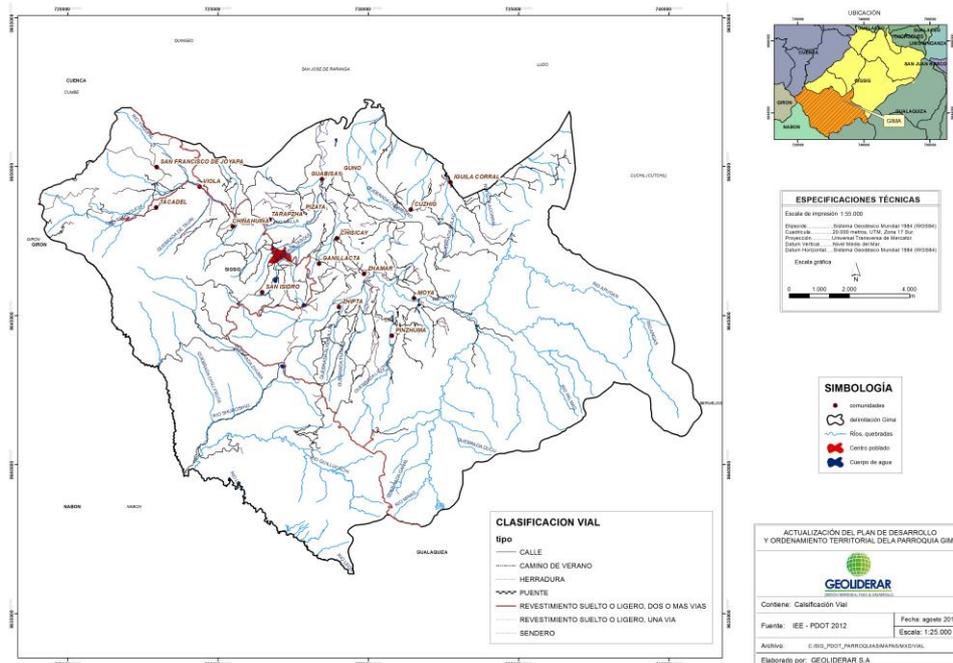


Figura 1.2. Mapa de las comunidades de la parroquia Jima y sus vías de acceso.

Fuente: (Equipo técnico PDOT. Jima, 2015)

1.4. Temperatura

En la figura 1.3, se representa las isotermas de la parroquia de Jima, pudiéndose observar las variaciones de temperatura en la misma. Las temperaturas varían desde 3°C hasta llegar a un máximo de 17°C como promedio anual en todo su contorno. (PDOT Jima, 2015)

Las zonas más cálidas son aquellas que son bañadas por el Río Bolo y Pamar cuyas temperaturas bajan a medida que la altitud aumenta, y en cuanto a las temperaturas más frías son aquellas que colindan con la parroquia de Gualaquiza de la provincia de Morona Santiago. (PDOT Jima, 2015)

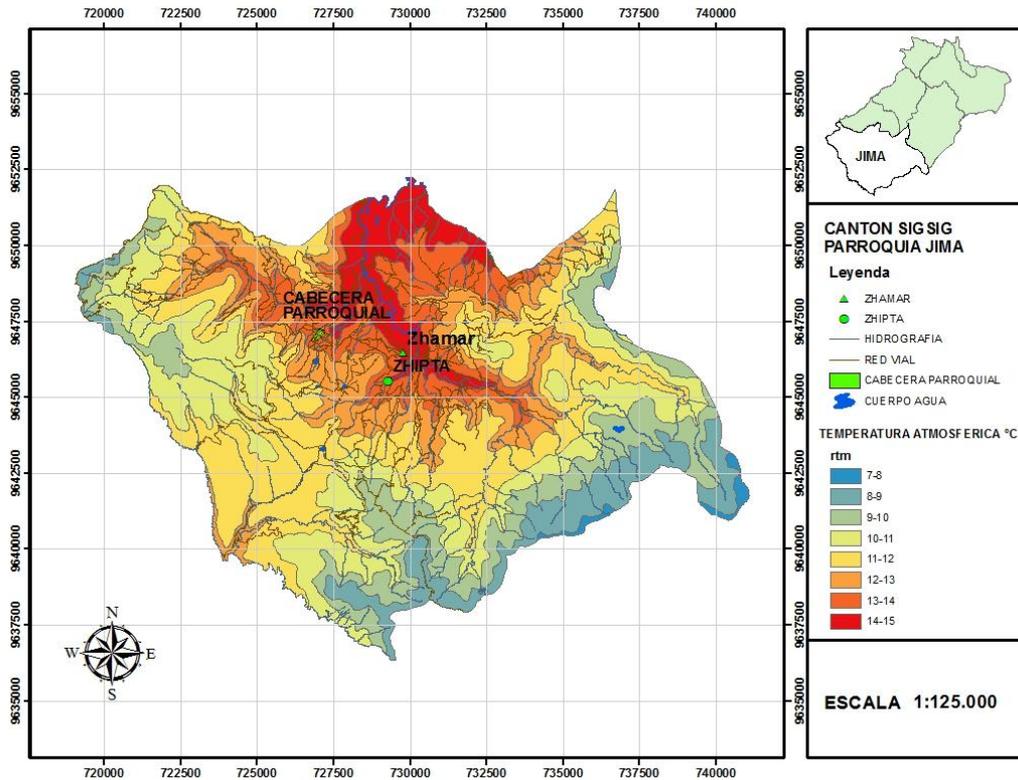


Figura 1.3. Mapa de zonas de la temperatura de la parroquia Jima.

Fuente: (IEE, 2013)

1.5. Hidrología

Hay varios parámetros a tomar en cuenta en un análisis hidrológico, pero nos enfocaremos específicamente en el análisis de las cuencas hidrográficas a la cual la parroquia de Jima pertenece.

Una cuenca hidrográfica es una unidad fisiográfica conformada por varios sistemas que tienen un curso de agua determinado por la topografía de la zona. La cuenca se divide en subcuenca y microcuenca. (Ramakrishna, B., 1997)

La parroquia de Jima se encuentra dentro de dos cuencas, la del Río Santiago, ubicada en la subcuenca del Río Paute que corresponde a la vertiente amazónica, es la que cubre la mayor parte de la parroquia. Y por otro lado el sector Sur corresponde a la cuenca del Río Jubones con la subcuenca del Río León cuyas aguas desembocan en el Pacífico. En el Figura 1.5 se puede apreciar de una manera más detallada las cuencas hidrográficas de la parroquia. (PDOT Jima, 2015)

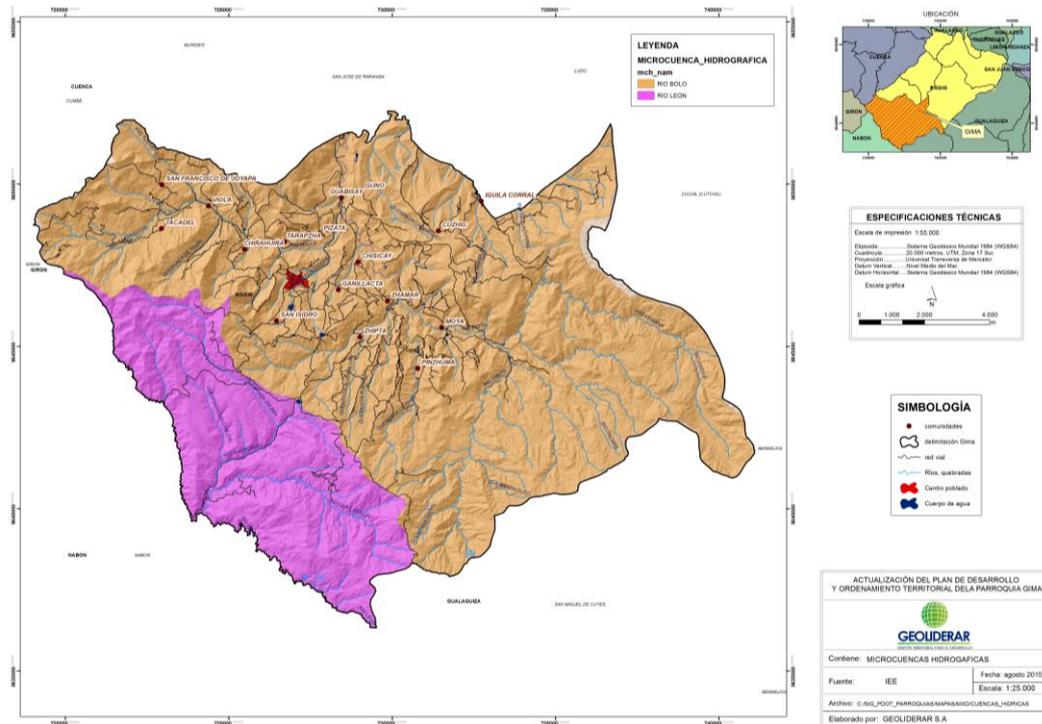


Figura 1.4. Mapa de la división hidrográfica de la parroquia Jima.

Fuente: (Equipo técnico PDOT. Jima, 2015)

1.6. Tendencia de crecidas

Las comunidades de la parroquia no tienen mayores problemas en cuanto a las crecidas de sus cuencas hídricas, como claramente se puede apreciar en la figura 1.5

La cuenca del Rio Bolo; que es en donde se ubica la mayor densidad de la población, y en la cuenca del Rio León tienen una tendencia de un nivel de crecida baja y media respectivamente, siendo los desastres naturales por inundación no una amenaza con trascendencia en la parroquia. (PDOT Jima, 2015)

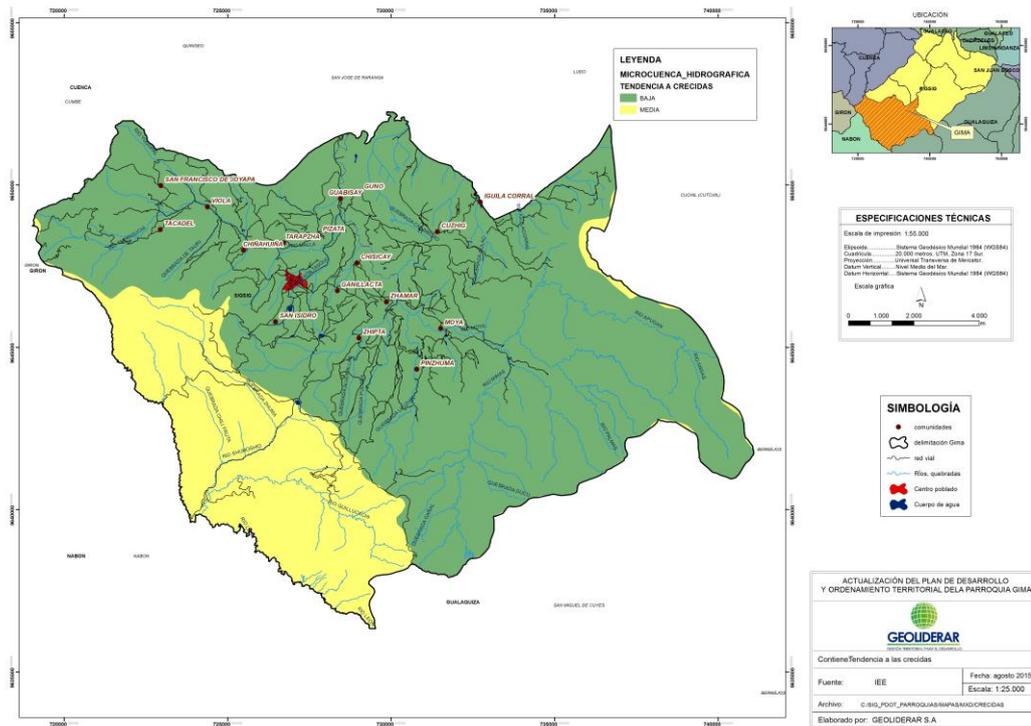


Figura 1.5. Tendencia de crecidas de la parroquia Jima.

Fuente: (Equipo técnico PDOT. Jima, 2015)

1.7. Topografía y pendientes

En toda la extensión del área que comprende la parroquia de Jima se puede claramente apreciar que es una zona con una topografía notoriamente accidentada en la mayor parte de su territorio. Para poder entender de una manera cuantitativa se considera las pendientes de un plano, que es una relación altura y distancia entre 2 puntos de la misma. En la tabla 1.3 se tiene todas las posibles pendientes de la parroquia y se las clasifico en rangos y a cada una de ellas se les dio una descripción respectiva según su detalle. Y en la tabla 1.4 en base a los mismos rangos, las autoridades pertinentes de la parroquia han realizado ciertas limitaciones y el uso recomendado adecuado de suelo para las mismas. (PDOT Jima, 2015)

La figura 1.6 interpreta de forma más visible ya mencionados rangos de pendientes siendo pendientes fuertes a muy fuertes más notorios.

Tabla 1.3. Descripción del tipo, porcentaje y extensión de pendientes de la parroquia de Jima.

Descripción	Pendiente	Porcentaje	Área (ha)
Muy suave	0-2	0,25	48,06
Muy suave	2-5	0,9	173,27
Suave	5-12	4,91	944,09
Media	12-25	19,02	3661,48
Media a fuerte	25-50	44,16	8499,76
Fuerte	50-70	20,48	3941,05
Muy fuerte	Mayor a 70	10,28	1978,03
Total		100	19245,74

Fuente: (Equipo técnico PDOT. Jima, 2015)

Tabla 1.4. Limitación y uso recomendado de pendientes en la parroquia de Jima

Pendiente	Limitaciones	Uso recomendado
Pendiente débil del 0 al 5%	Ninguna. Buena para todas las operaciones de mecanización, suelos sin piedras muy adecuado para riego	Agricultura sin limitaciones para todo tipo de cultivo
Pendiente suave del 5 al 12% con micro relieve con ondulaciones irregular	La mecanización es posible pero no para todas las operaciones o todos los tipos de máquinas, hay algunas restricciones para regar.	Agricultura sin limitaciones para todo tipo de cultivo
Pendiente regular del 12 al 25 %, o irregular con micro relieve.	La mecanización es posible pero solamente para algunos tipos de maquinaria, restricciones y dificultades para riego.	Cultivos con obras de conservación, terrazas de formación lenta (hortícola, papas maíz, frutales).
Pendiente fuerte 25 % y de menos del 50 %.	Posible mecanizar en algunos lugares pero dificultad para la mayoría, hay enormes dificultades para regar, hay peligro de erosión, cultivos con obras de conservación de alto costo, riego restringido goteo aspersión.	Cultivos con obras de conservación de terrazas de banco (frutales maíz, hortalizas) sistemas agroforestales.
Pendiente muy fuerte de 50 a 70 %.	Mecanización imposible para todas las operaciones de cultivo hay peligro de erosión y deslizamiento, son suelos mezclados de materiales varios sobre las pendientes, mejor reforestar y conservar.	Solo potreros naturales con sistemas silbo pasturas, y plantaciones forestales.

Fuente: (Equipo técnico PDOT. Jima, 2015)

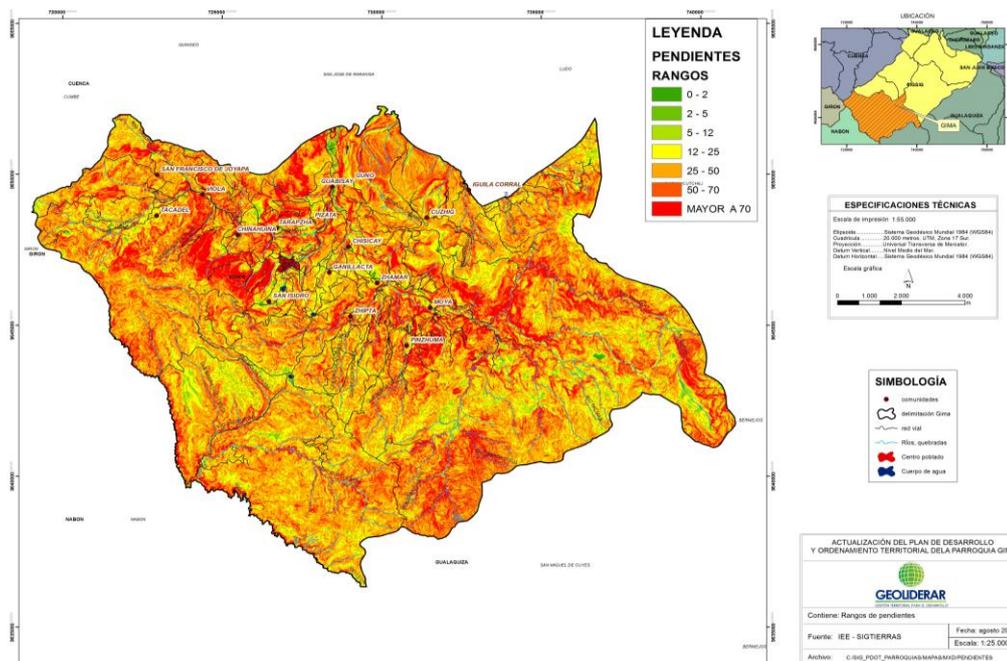


Figura 1.6. Mapa de pendientes de la parroquia Jima
Fuente: (Equipo técnico PDOT. Jima, 2015)

1.8. Uso de suelo

Como ya se ha mencionado anteriormente, el total del área de la parroquia de Jima oscila alrededor de 19.245,76ha. En la tabla 1.5 mostrada a continuación se encuentra detallado específicamente el uso del suelo que se le ha estado empleando, siendo el más común la conservación y protección natural. (PDOT Jima, 2015)

Tabla 1.5. Cobertura y uso del suelo de la parroquia de Jima.

Uso de suelo	Superficie ha.	%
Agrícola	301,11	1,56%
Agropecuario mixto	1.228,38	6,38%
Conservación y protección	13.432,49	69,79%
Pasto cultivado	3.334,11	17,32%
Montes y bosques	897,32	4,66%
Antrópico	25,62	0,13%
Erosionada	3,01	0,02%
Agua	23,72	0,12%
Total	19.245,76	100,00%

Fuente: (Equipo técnico PDOT. Jima, 2015)

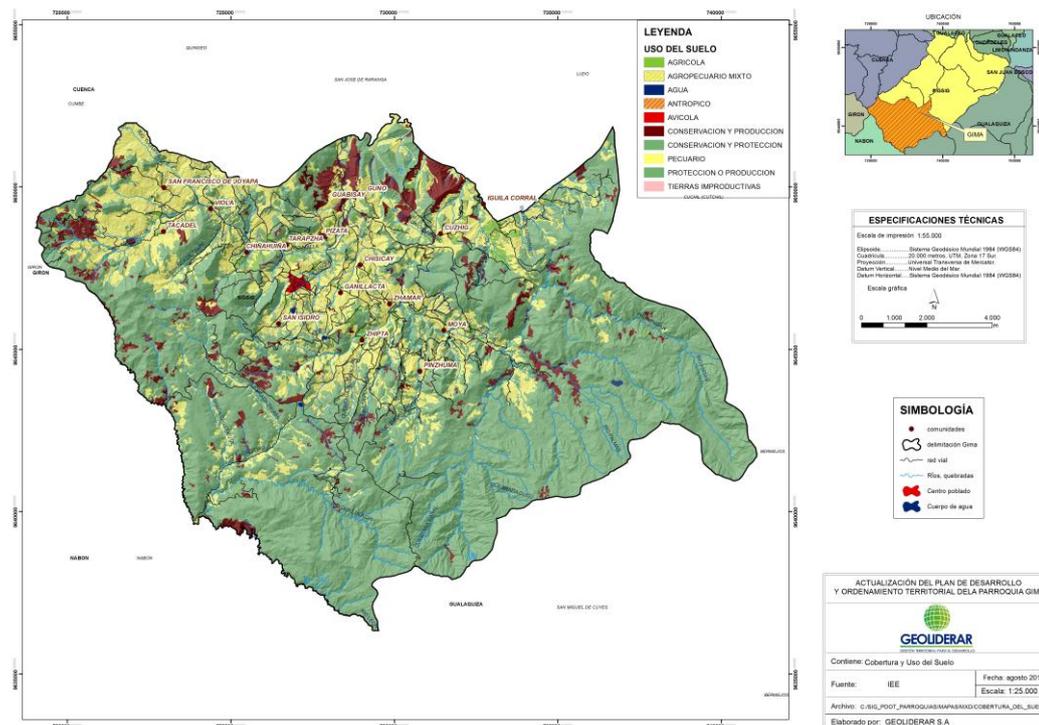


Figura 1.7. Mapa de la cobertura vegetal y uso de la tierra de la parroquia Jima.

Fuente: (Equipo técnico PDOT. Jima, 2015)

1.9. Amenaza de deslizamientos

Sabiendo que la topografía de la zona es bastante accidentada, los problemas más abundantes tienden a ser los de deslizamiento de terreno. La tabla 1.6 explica detalladamente el grado de impacto y en porcentaje el área de afección siendo "nulo" el 36,44% y beneficiosamente el rango de “alto nivel de deslizamiento” representa el 0,99% del territorio total. Cabe mencionar que la comunidad de Zhipta no corre peligro siendo “baja” la amenaza de deslizamiento.

Tabla 1.6. Grado de deslizamientos de la parroquia de Jima.

Grado	Área	Porcentaje
Alto	190,72	0,99
Medio	2361,6	12,27
Bajo	842,05	4,38
Nulo	7012,88	36,44
Total	10407,26	54,08

Fuente: (Equipo técnico PDOT. Jima, 2015)

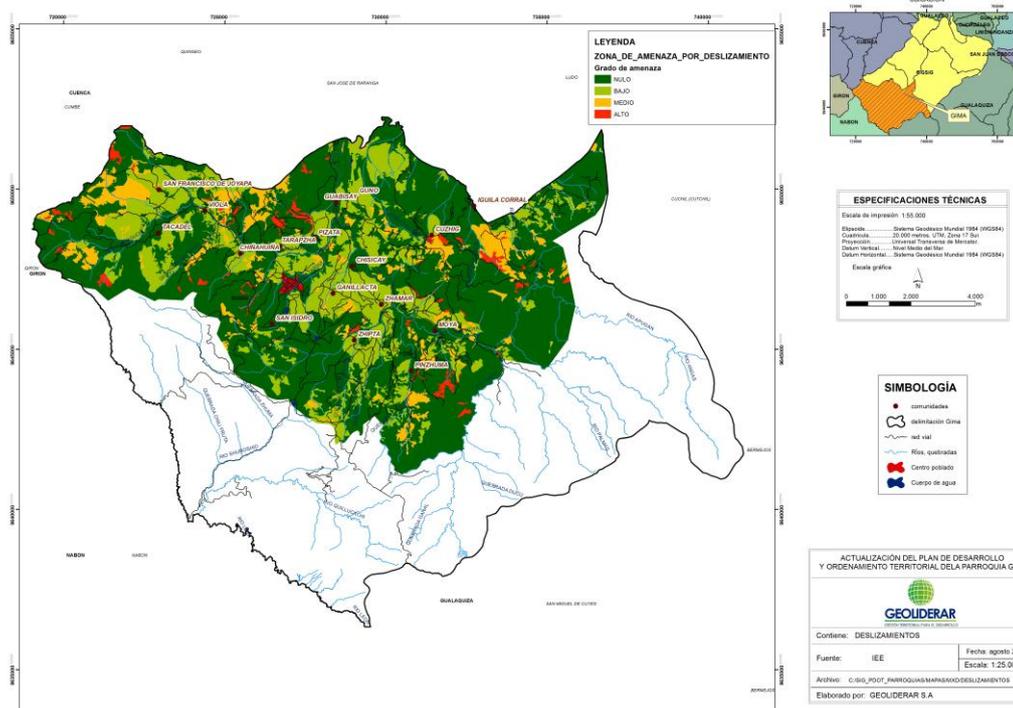


Figura 1.8. Mapa de amenaza por deslizamiento de la parroquia Jima.

Fuente: (Equipo técnico PDOT. Jima, 2015)

1.10. Aspectos demográficos

El total poblacional en la parroquia de Jima fue de 2.886 habitantes, de los mismos los hombres y mujeres representaron un 54,99% (1.587 personas) y un 45,01% (1.299 personas) respectivamente. En la tabla 1.10 se puede apreciar los ya mencionados datos.

Tabla 1.7. Distribución de la población por edad y sexo

	Sexo		Total
	Hombre	Mujer	
Total	1299	1587	2886
Porcentaje	45,01%	54,99%	

Fuente: (INEC,2010)

En base a datos de las edades de los habitantes de una ciudad se pueden realizar jerarquización en la tomar decisiones tales como la inversión en educación o en salud examinando si la población es más joven o de una edad avanzada. La figura 1.9 muestra de mejor manera el análisis de la estructura de la población, y viendo

claramente que la población tiene una gran cantidad de personas jóvenes entre 0 a 24 años, siendo el 51,04% del total de la población, después con un 35,20% es la población entre 24 a 64 años de edad, y la población de tercera edad o mayores a 65 años representan el 13,76%.

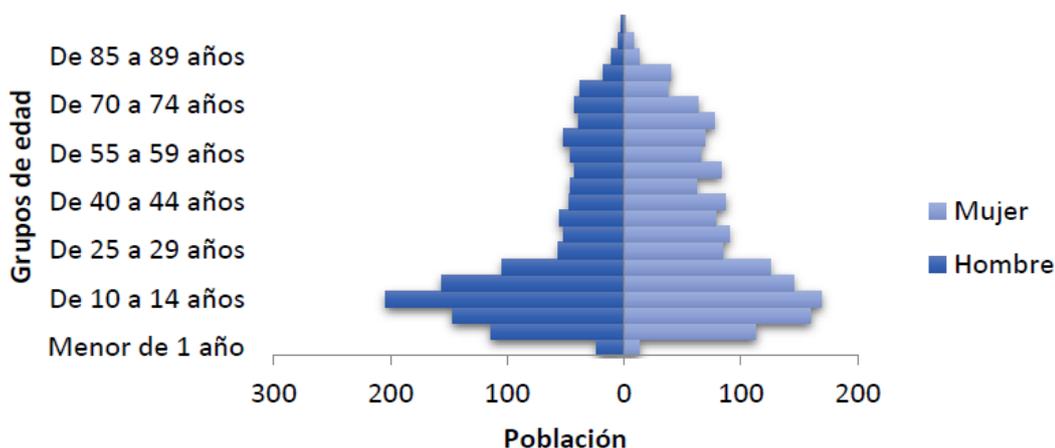


Figura 1.9. Estructura de la población por sexo y edad.

Fuente: (Equipo técnico PDOT. Jima, 2015)

1.11. Situación actual

En la comunidad de Zhipta se realizaron encuestas, adjuntas en el anexo 1, que nos ayudó a tener información más específica para el proyecto ya que la muestra fue tomada directamente de los habitantes del sector de estudio.

1.12. Vivienda

El tipo de vivienda que más existe en la zona es de una planta mostrado en la figura 1.10, y siendo con un 55% bahareque y tierra el material más frecuente para la construcción de edificaciones en la zona, pero llamativamente el segundo tipo de material más usado es hormigón armado con un 12% del total de las edificaciones como lo muestra la figura 1.12.

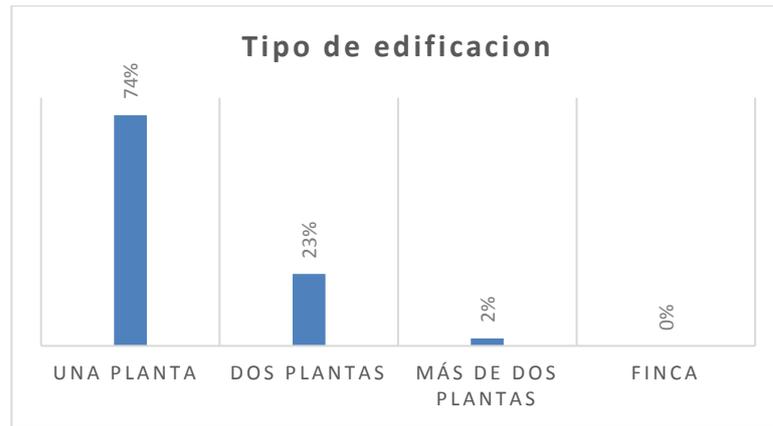


Figura 1.10. Tipo de edificación de las viviendas encuestadas.

Fuente: (Autor, 2017)

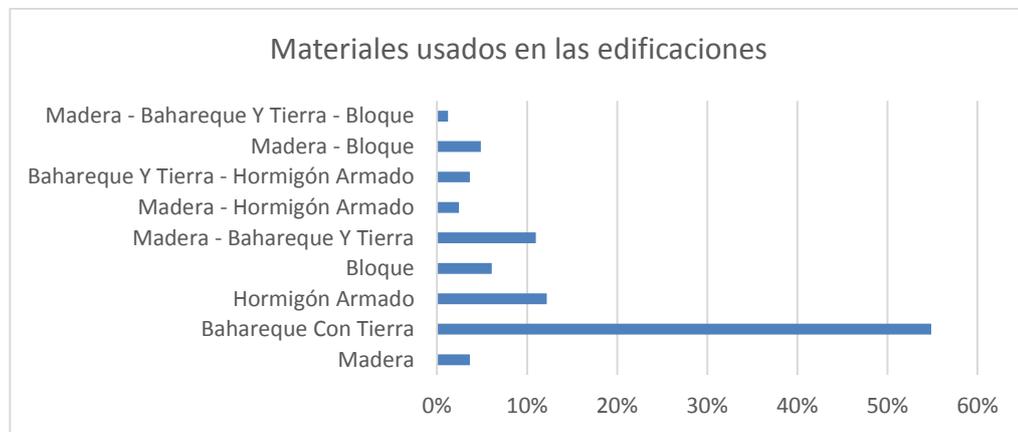


Figura 1.11. Materiales usados en las edificaciones.

Fuente: (Autor, 2017)

En base a la figura 1.12 las edificaciones son mayormente para vivienda, pero es notorio que, hablando con personas del lugar, ellos mismo afirman que las edificaciones para personas que desean vacacionar en el sector ha crecido.

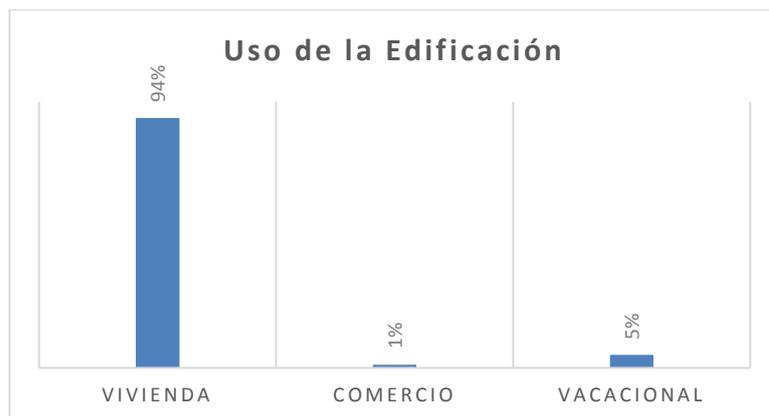


Figura 1.12. Uso de las edificaciones.

Fuente: (Autor, 2017)

1.13. Infraestructura y servicio

El abastecimiento a la comunidad de agua potable es bastante satisfactorio ya que cubre el 98% de las viviendas encuestadas, y para los habitantes del sector tiene un 71% de aprobación.

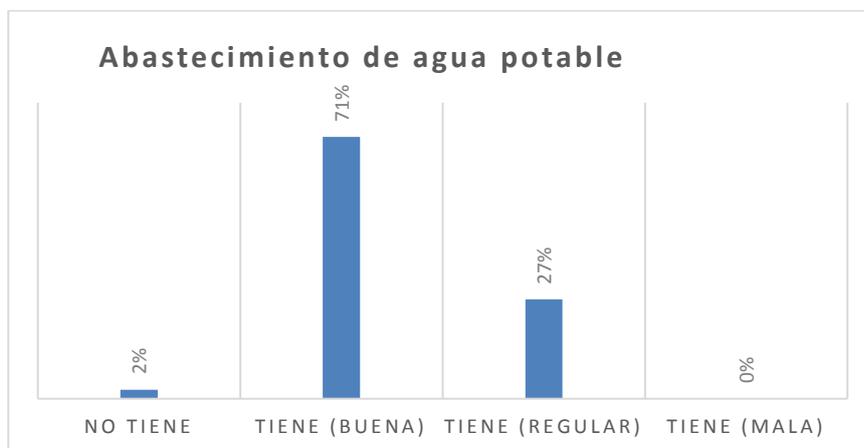


Figura 1.13. Abastecimiento de agua potable a las viviendas.

Fuente: (Autor, 2017)

Lo que contrasta la figura 1.14 es que una gran mayoría de habitantes de la zona tienen algún tipo de tratamiento a las aguas sanitarias, siendo no las más adecuadas ya que no se tiene ningún tipo de tratamiento posterior para las fosas sépticas después de su vida útil, siendo en la mayoría de casos la principal causa de enfermedades en los habitantes.

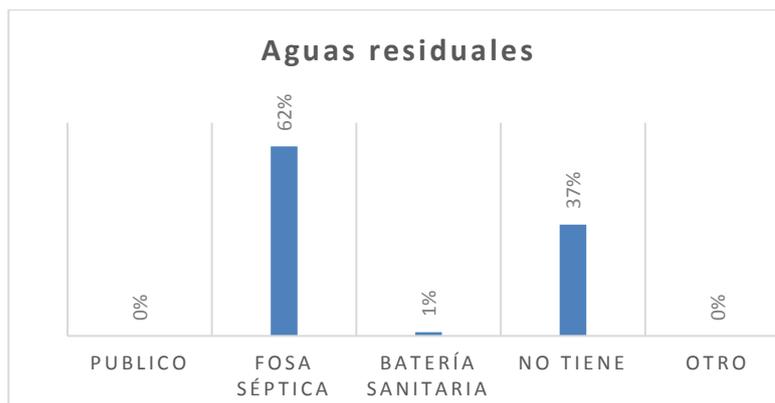


Figura 1.14. Abastecimiento de saneamiento de aguas residuales.

Fuente: (Autor, 2017)

En cuanto al tipo de vías que tiene la comunidad, la figura 1.15 muestra que la accesibilidad para las viviendas es en un 65% lastre y un 35% de tierra y casi inaccesibles en invierno.

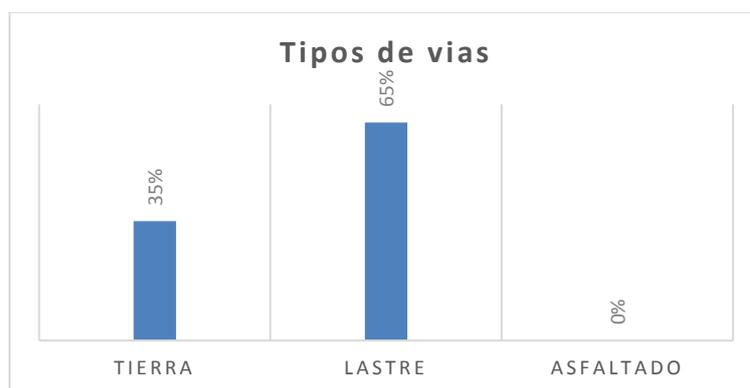


Figura 1.15. Tipo de vía más cercana a la vivienda.

Fuente: (Autor, 2017)

La figura 1.16 muestra que la mayor parte de las viviendas cuentan con medidor conectado a la central eléctrica que proporciona el servicio eléctrico.

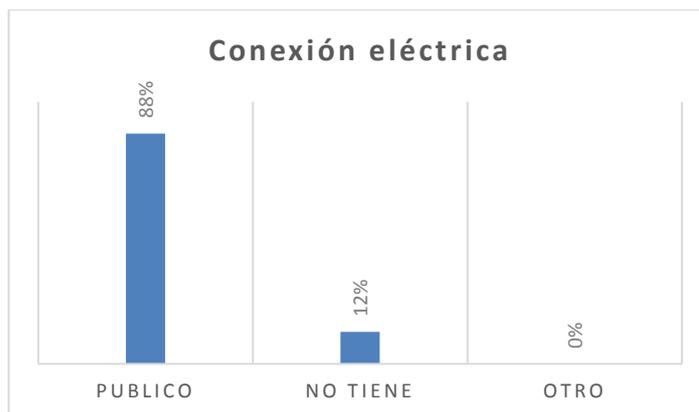


Figura 1.16. Conexión a red eléctrica.

Fuente: (Autor, 2017)

1.14. Socioeconómico

Se realizó 84 encuestas presentes en el anexo 1 en el área colindante al anteproyecto de alcantarillado, de las cuales se pudo encontrar que del total de habitantes el 73% de los mismos eran personas mayores a 16 años, y el otro 27% son menores a la edad mencionada, siendo un valor bastante significativo ya que representa a un tercio de la población.

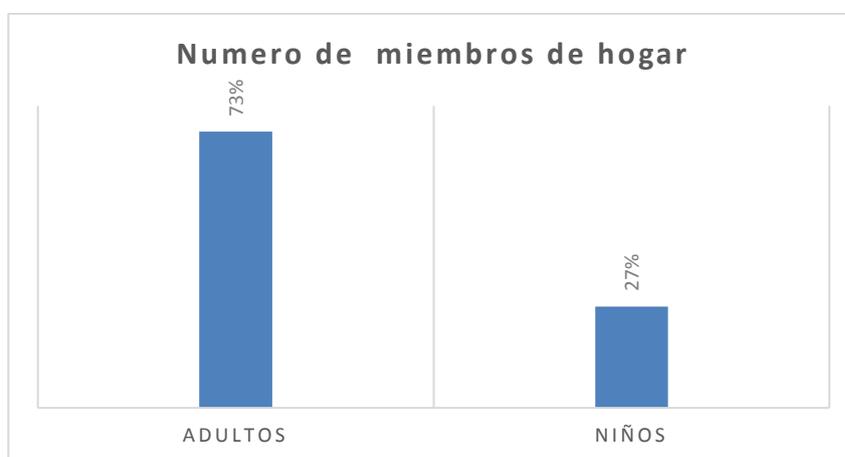


Figura 1.17. Número de miembros de familia.

Fuente: (Autor, 2017)

En cuanto a la frecuencia de ingresos económicos representado en la figura 1.18, dependía directamente del tipo de trabajo a que la familia tenía su ingreso económico, como, por ejemplo, si se dedica alguien a la ganadería recibe quincenalmente el valor por dicho trabajo, pero si se dedicaba al agro, solo recibía

semanalmente un ingreso económico. La tabla 1.19 muestra más exactamente el tipo de trabajo a la que los habitantes se dedican.

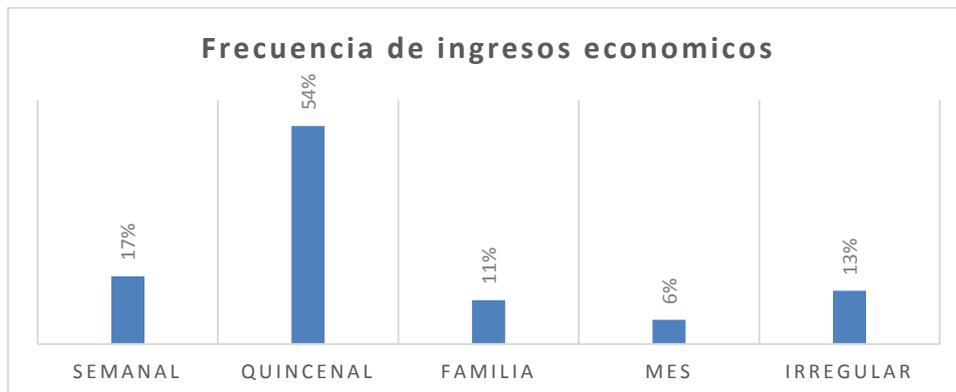


Figura 1.18. Frecuencia de los ingresos económicos de la familia.

Fuente: (Autor, 2017)

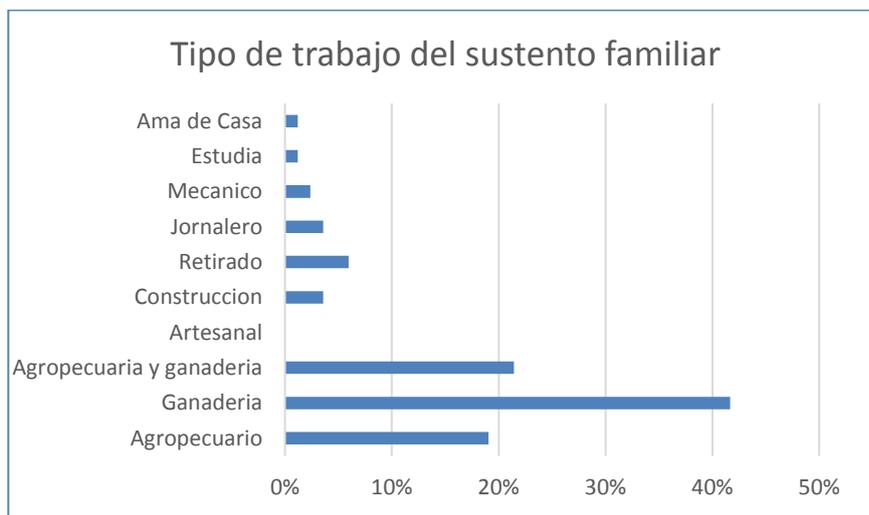


Figura 1.19. Tipo de trabajo del jefe del hogar.

Fuente: (Autor, 2017)

Anexo 1: Encuestas de la comunidad de Zhipta.

CAPÍTULO II

PARÁMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑO PARA ALCANTARILLADO SANITARIO

2.1. Alcantarillado

Es un conjunto de obras para la recolección, conducción y disposición de aguas residuales o lluvias, que, en la mayoría de los casos, los direcciona para su debido tratamiento. Los mismos trabajan bajo condición de gravedad y no presión como el agua potable. (Báez, 2004, pág. 7)

2.1.1. Alcantarillado sanitario

Sistema que contiene todos los elementos que son destinados para la recolección, transporte de las aguas residuales domésticas y/o industriales. (Báez, 2004, pág.7)

2.1.2. Alcantarillado pluvial

Sistema que contiene todos los elementos que son destinados para la recolección, transporte de las aguas lluvias. (Báez, 2004, pág. 7)

2.1.3. Alcantarillado combinado

Sistema que contiene todos los elementos que son destinados para la recolección, transporte de las aguas residuales y de igual manera aguas lluvias en el mismo colector. (Báez, 2004, pág. 7)

2.2. Criterios de diseño

2.2.1. Población

Para poder diseñar un alcantarillado sanitario es fundamental poder contar con un número de habitantes actual y su debida distribución demográfica para poder obtener una población futura para la cual será diseñado el alcantarillado.

El valor de población actual se la puede realizar por varios métodos, tales como encuestas que se realiza a tiempo real, en base a datos que las autoridades tengan u otros métodos.

Para nuestro estudio la población actual se realizó por medio de encuestas en donde se preguntó el número de personas que habitan en la vivienda, pero para el proyecto solo se tomará en cuenta las viviendas que se encuentran ubicadas al menos 60m de distancia a la red de tubería principal de alcantarillado sanitario y 40m a una red condominial como parámetro de diseño.

En base a este número de habitantes denominado “población actual” se podrá valorar la población futura, la misma es la proyección de crecimiento de la población al final de un periodo con el cual se diseñará el alcantarillado sanitario (INEN 5, 2000).

2.2.2. Tasa de Crecimiento poblacional

En cuanto a la tasa de crecimiento se tomará valores de la Tabla 2.1 que presenta la normativa vigente que toma como base la región geográfica del Ecuador para determinar la ratio de crecimiento en porcentaje (INEN 5, 2000).

Tabla 2.1. Tasa de crecimiento poblacional.

Región geográfica	r (%)
Sierra	1.0
Costa, Oriente y Galápagos	1.5

Fuente: (INEN 5, 2000)

Añadir que el valor mínimo de tasa de crecimiento admitido para un diseño del ya planteado es del 1%. (INEN 5, 2000)

Cabe mencionar que, en ningún caso, la población futura deberá ser mayor a 1,25 veces la población presenta. (Norma CO 10,7 – 602)

2.2.3. Población futura

Para calcular la población futura, el método más usado es el geométrico que toma como variable principal a la población actual como se ha normado según la ley nacional. (INEN 5, 2000)

Pero se recomienda usar más métodos con los que se pueda complementar dicho valor, los métodos que se usarán serán el aritmético y el exponencial, y se obtendrá un promedio de las 3 variables para uso del diseño.

Tabla 2.2 Formulas para los diferentes métodos para el cálculo de población futura.

Método	Formula
Geométrico	$Pf = Pa \times (1 + r + n)$
Aritmético	$Pf = Pa \times (1 + r)^n$
Exponencial	$Pf = Pa \times n$

En donde:

Pf: Población futura (habitantes)

Pa: Población actual (habitantes)

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

n: Periodo de diseño (años)

La población actual ya fue detallada en el literal 2.2.1 y por medio de encuestas se obtuvo que existen actualmente 324 habitantes por donde se entablara a diseñar el proyecto.

2.2.4. Periodo de diseño

Para el valor a tomar para el periodo de diseño, la norma (CO 10,7 – 602) señala que los proyectos de alcantarillado y saneamiento se los proyectara para 20 años de vida útil. También especifica que, si se lo realiza para otro periodo de tiempo, el mismo deberá ser debidamente justificado.

2.2.5. Determinación de aporte de población

El literal 2.2.1 expresa el número de habitantes actual de una población. Pero para el diseño no se puede usar este valor, porque se debe definir el número de habitantes que realmente va a usar el servicio de alcantarillado sanitario. Por lo que solo se contara con las edificaciones que geoméricamente puedan unirse al sistema como se lo explica en la figura 2.1.

Como ya obtuvimos el número de personas que habitan dichas edificaciones por medio de las encuestas mencionadas en el inciso 2.2.1, podemos obtener la población actual real. Además, podemos asumir que la población tendera a crecer en base a estas edificaciones ya construidas.



Figura 2.1. Tres edificaciones se pueden conectar a los tramos 1-2 y 3-4, la única edificación fuera del sistema de alcantarillado.

Fuente: (Autor, 2017)

2.3. Parámetro de diseño

2.3.1. Ecuación de Manning

El dimensionamiento de las tuberías se tomará como base la ecuación de Manning presentada a continuación. (Báez J.,2004, pág. 29)

$$Q = \frac{A^{5/3} \times S_0^{1/2}}{n \times P^{2/3}} \quad (\text{Ecu. 1})$$

En donde:

Q: Caudal que circula en las tuberías (m³/s)

A: Área de la sección transversal mojada (m²)

S₀: Pendiente geométrica de la tubería (m/m)

n: Coeficiente de rugosidad

P: Perímetro mojado (m)

2.3.2. Velocidad

En la normativa interna de la ciudad de Cuenca indica que, en el periodo de vida útil del proyecto, la velocidad mínima deberá ser 0.60 m/s para una circulación constante del flujo para un adecuado auto limpiado de la tubería, y la velocidad máxima aproximada a 4.5 m/s. (ETAPA E.P., 2009)

Cabe mencionar que las velocidades máximas son basadas en el tipo de material dadas en las especificaciones del fabricante como se lo presenta en la tabla siguiente.

Tabla 2.3. Velocidades máximas en base al tipo de material.

Material	Velocidad máxima (m/s)
Hormigón simple:	
Con uniones de mortero	4
Con uniones de neopreno para nivel freático alto	3,5 – 4
Asbesto cemento	4,5 – 5
Plástico (PVC)	5

Fuente: (SSA y EX-IEOS, 1983)

Como recomendación la velocidad que pasa por una tubería plástica (PVC) deberá ser igual o mayor a 0,5 m/s, este valor debe ser analizado en base al estudio en conjunto de la red y las especificaciones del fabricante. (ETAPA E.P.,2009)

2.3.3. Coeficiente de rugosidad

Este es un parámetro que representa al efecto de fricción que tiene el contorno de la tubería que tiene con el flujo. El mismo depende únicamente del tipo de material que se use para construir el alcantarillado.

Tabla 2.4. Coeficiente de rugosidad en base al tipo de material.

Material	Velocidad máxima (m/s)
Hormigón simple:	
Con uniones de mortero	0.013
Con uniones de neopreno para nivel freático alto	0.013
Asbesto cemento	0.011
Plástico (PVC)	0.009

Fuente: (SSA y EX-IEOS, 1983)

Cuando se usa plástico, tal como PVC, este también puede variar el valor a 0.009 dependiendo de las especificaciones del fabricante.

2.3.4. Pendiente

Este valor se representa en porcentaje y para determinarla se toma la altura existente que existe entre las cotas fondo de dos pozos y se las divide para la distancia vista en planta entre ambos puntos mencionados.

La pendiente afecta directamente a la velocidad del flujo, siendo importante tomar en cuenta en el diseño del alcantarillado para evitar velocidades altas.

No existe limitaciones de pendientes altas, ya que el parámetro a tomar en cuenta es la velocidad, y para pendiente mínima debería ser alrededor del 1% para conseguir velocidades mayores a la mencionada en el inciso 2.3.2.

Lo que se recomienda es que la pendiente debe tener una congruencia con la topografía del terreno para evitar excavaciones y rellenos altos que al final representen costos altos.

2.3.5. Diámetro mínimo

El diámetro mínimo para realizar un diseño de un colector es de 200mm. y para conexiones domiciliare es de 100mm. (ETAPA, 2009)

También existen varios diámetros en el mercado actual que se puede usar como se presenta en la tabla 2.5.

Tabla 2.5. Tuberías con diámetros internos en el mercado.

Diámetro	Unidad
63	mm
90	mm
110	mm
160	mm
200	mm
250	mm
315	mm
350	mm
400	mm

Fuente: (Autor, 2017)

2.3.6. Profundidad

Este parámetro es pensado para poder brindar el servicio al mayor número de personas y cuidar la integridad de la tubería de la red sanitaria.

Se recomienda usar una profundidad mínima de 1,5m en toda la longitud de la tubería en el caso que existiera trafico sobre el diseño, en el caso de no existir ninguna carga igual o semejante a la de trafico lo recomendable fuera de 1m. (SSA y EX-IEOS, 1983)

En el caso de profundidad máxima, se recomienda tomar un en cuenta de la maquinaria que se podría usar en el proyecto y que las mismas existan en el mercado. Un ejemplo claro, ya que es el más usado, es el de una retroexcavadora que puede realizar una zanja alrededor de 6 a 8m. También se debe analizar la topografía de la zona ya que puede existir limitaciones para que trabaje la maquinaria de una manera eficaz.

2.4. Hidráulica del alcantarillado

2.4.1. Relación calado de agua y diámetro de la tubería

Se precisa que una buena relación entre el calado de agua y el diámetro interno de la tubería (d/D) debe ser menor a 0,8. Este valor representa que máximo el 80% de la sección de tubería estará trabajando, de esa manera las tuberías no trabajarán a presión y el otro 20% de tubería servirá para una constante ventilación para que gases que se producen por el agua residual no se acumulen y lleguen a ser un riesgo potencial. (ETAPA, 2009)

En la figura 2.2 se aprecia la relación que existe entre la altura de agua y la sección de tubería (d/D).

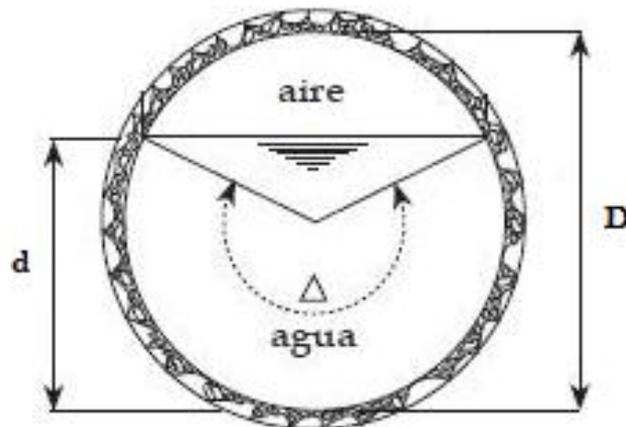


Figura 2.2. Relación altura de fluido y diámetro interno de tubería.

Fuente: (Autor, 2017)

2.4.2. Flujo de tuberías a sección llena

Para el cálculo se basará en la fórmula de Manning, mencionado en el numeral 2.3.1, en la que entra directamente la consideración la pendiente, diámetro de la tubería y la velocidad para condiciones de flujo a sección llena.

Para el caudal a sección llena se usará la siguiente fórmula:

$$Q = A \times V \quad (\text{Ecu. 2})$$

Donde:

Q: Caudal tubería llena (m³/s)

A: Área transversal de la tubería (m²)

V: Velocidad del flujo que pasa por la tubería (m²/s)

Para el cálculo de la velocidad se usará la siguiente ecuación:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S_o^{1/2} \quad (\text{Ecu. 3})$$

Donde:

V: Velocidad del flujo (m²/s)

n: Coeficiente de rugosidad (s/m)

R: Radio hidráulico (m)

So: Pendiente del gradiente hidráulico (m/m)

Para el valor de Radio hidráulico (R) se usará:

$$Rh = \frac{D}{4} \quad (\text{Ecu. 4})$$

Donde:

Rh: Radio hidráulico (m)

D: Diámetro interno de la tubería (m)

2.4.3. Flujo de tuberías parcialmente llenas

El literal 2.4.1 menciona que la capacidad máxima a la que se debe diseñar cualquier tubería del alcantarillado es aquel que trabaje al 80% de su sección total, a partir de eso podemos sacar las siguientes relaciones:

$$\frac{d}{D} = 0,8 \quad (\text{Ecu. 5})$$

Para ángulo central:

$$\theta = 2 \times \ar \cos \left(1 - \frac{2 \times d}{D} \right) \quad (\text{Ecu. 6})$$

Calculo del radio hidráulico:

$$R = \frac{D}{4} \times \left(1 - \frac{360 \times \sin \theta^\circ}{2 \times \pi \times \theta^\circ}\right) \quad (\text{Ecu. 7})$$

Para la velocidad:

$$V = \frac{0,397 \times D^{2/3}}{n} \times \left(1 - \frac{360 \times \sin \theta^\circ}{2 \times \pi \times \theta^\circ}\right) \times S_0^{1/2} \quad (\text{Ecu. 8})$$

Para el cálculo de caudal:

$$q = \frac{D^{8/3}}{7257.15 \times n \times (2 \times \pi \times \theta^\circ)^{2/3}} \times (2 \times \pi \times \theta^\circ - 360 \times \sin \theta^\circ) \times S^{1/2} \quad (\text{Ecu. 9})$$

Y como resultado, las relaciones a considerar serán:

$$\frac{v}{V} = \left(1 - \frac{360 \times \sin \theta^\circ}{2 \times \pi \times \theta^\circ}\right)^{2/3} \quad (\text{Ecu. 10})$$

$$\frac{q}{Q} = \left(\frac{\theta^\circ}{360} - \frac{\sin \theta^\circ}{2 \times \pi \times \theta^\circ}\right) \times \left(1 - \frac{360 \times \sin \theta^\circ}{2 \times \pi \times \theta^\circ}\right)^{2/3} \quad (\text{Ecu. 11})$$

Otro método es el grafico representada en la figura 2.3 a continuación usa las relaciones hidráulicas de los flujos a sección circular llena y parcialmente llena. (Báez N., 2004)

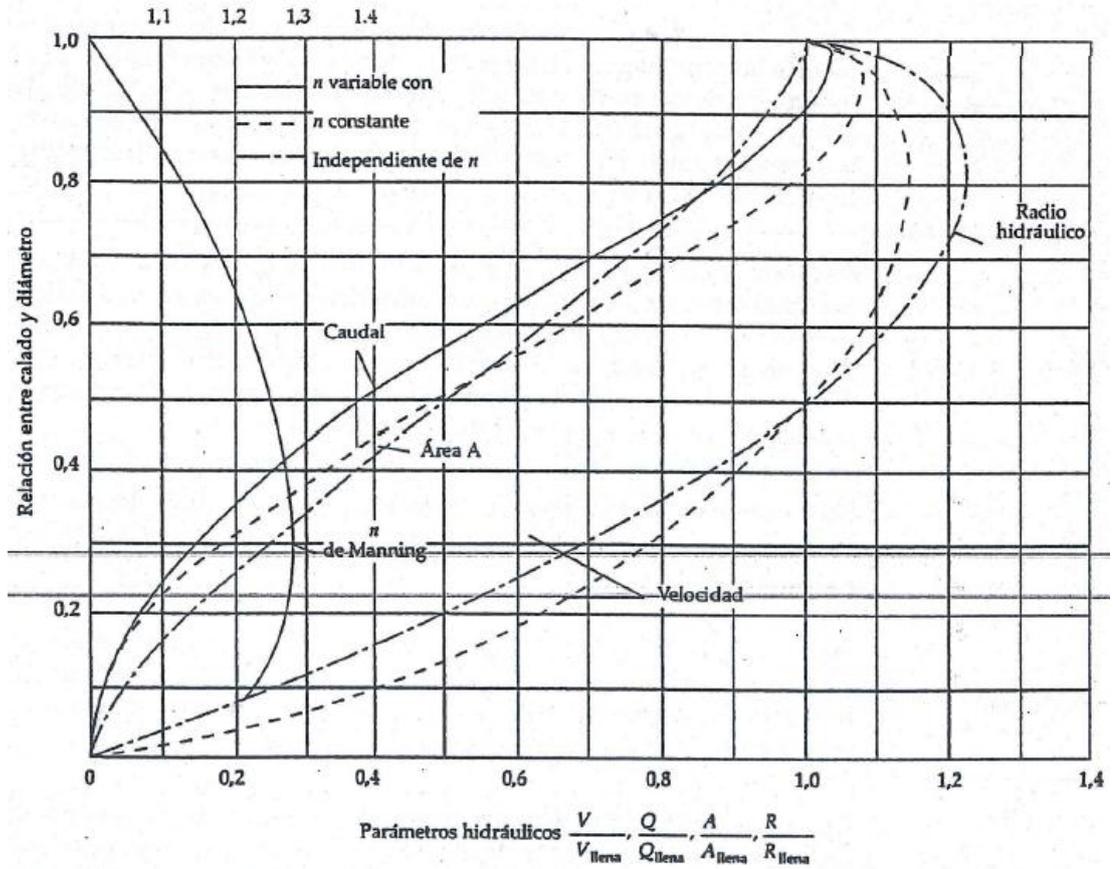


Figura 2.3. Parámetros hidráulicos de las alcantarillas de sección circular.

Fuente: (Metcalf & Eddy)

De la gráfica se puede sacar los siguientes valores presentadas en la tabla a continuación.

Tabla 2.6. Relaciones hidráulicas para tuberías parcialmente llenas en función de q/Q .

Tabla de relaciones hidráulicas			
q/Q	v/V	y/D	r/R
0,00	0	0	0
0,01	0,29	0,076	0,195
0,02	0,344	0,108	0,273
0,03	0,386	0,131	0,328
0,04	0,419	0,152	0,375
0,05	0,445	0,169	0,315
0,06	0,468	0,186	0,452
0,07	0,488	0,201	0,485
0,08	0,506	0,215	0,515
0,09	0,523	0,228	0,542
0,10	0,539	0,241	0,568
0,11	0,553	0,253	0,592
0,12	0,567	0,265	0,615
0,13	0,579	0,276	0,637
0,14	0,591	0,287	0,658
0,15	0,602	0,297	0,678
0,16	0,614	0,307	0,697
0,17	0,625	0,317	0,715
0,18	0,636	0,326	0,732
0,19	0,646	0,335	0,748
0,20	0,656	0,344	0,764
0,21	0,665	0,353	0,779
0,22	0,674	0,362	0,794
0,23	0,683	0,37	0,809
0,24	0,692	0,379	0,822
0,25	0,7	0,387	0,836
0,26	0,708	0,395	0,849
0,27	0,716	0,403	0,862

0,28	0,724	0,411	0,874
0,29	0,732	0,418	0,885
0,30	0,739	0,426	0,897
0,31	0,747	0,433	0,908
0,32	0,754	0,44	0,918
0,33	0,761	0,448	0,929
0,34	0,768	0,455	0,939
0,35	0,775	0,462	0,949
0,36	0,782	0,469	0,959
0,37	0,788	0,476	0,968
0,38	0,795	0,483	0,978
0,39	0,801	0,49	0,987
0,40	0,807	0,497	0,996
0,41	0,813	0,503	1,004
0,42	0,819	0,51	1,013
0,43	0,825	0,517	1,021
0,44	0,83	0,523	1,029
0,45	0,836	0,53	1,037
0,46	0,841	0,537	1,045
0,47	0,847	0,543	1,052
0,48	0,852	0,55	1,059
0,49	0,857	0,556	1,067
0,50	0,862	0,563	1,074
0,51	0,857	0,569	1,08
0,52	0,872	0,576	1,087
0,53	0,877	0,582	1,093
0,54	0,882	0,589	1,1
0,55	0,887	0,595	1,106
0,56	0,891	0,602	1,112
0,57	0,896	0,608	1,118
0,58	0,9	0,614	1,124
0,59	0,904	0,621	1,129

0,60	0,909	0,627	1,135
0,61	0,913	0,634	1,14
0,62	0,917	0,64	1,145
0,63	0,921	0,646	1,15
0,64	0,925	0,653	1,155
0,65	0,929	0,659	1,159
0,66	0,933	0,666	1,164
0,67	0,937	0,672	1,168
0,68	0,941	0,679	1,173
0,69	0,944	0,689	1,177
0,70	0,948	0,692	1,181
0,71	0,951	0,699	1,184
0,72	0,955	0,705	1,188
0,73	0,959	0,712	1,191
0,74	0,963	0,718	1,194
0,75	0,967	0,724	1,197
0,76	0,97	0,731	1,2
0,77	0,974	0,738	1,202
0,78	0,977	0,744	1,205
0,79	0,981	0,751	1,207
0,80	0,984	0,758	1,209
0,81	0,988	0,764	1,211
0,82	0,991	0,771	1,213
0,83	0,994	0,778	1,214
0,84	0,997	0,785	1,215
0,85	1	0,792	1,216
0,86	1,003	0,8	1,217
0,87	1,007	0,806	1,217
0,88	1,012	0,812	1,217
0,89	1,016	0,818	1,217
0,90	1,02	0,825	1,217
0,91	1,024	0,831	1,216

0,92	1,028	0,838	1,215
0,93	1,032	0,845	1,214
0,94	1,036	0,852	1,213
0,95	1,04	0,859	1,211
0,96	1,043	0,866	1,209
0,97	1,047	0,874	1,206
0,98	1,05	0,881	1,202
0,99	1,053	0,89	1,198
1,00	1,056	0,898	1,193
1,01	1,059	0,908	1,187
1,02	1,061	0,918	1,179
1,03	1,063	0,93	1,168

Fuente: (Metcalf & Eddy)

2.5. Caudales de diseño

El parámetro de diseño para cada tramo del alcantarillado será el valor cuyo resultado sea la suma de la cauda sanitaria (Q_s), caudal por conexiones erradas o ilícitas (Q_{ill}) y el caudal por infiltración (Q_{inf}). Este valor es denominado “caudal de diseño” (Q_d).

$$Q_d = Q_s + Q_{ill} + Q_{inf} \quad (\text{Ecu. 12})$$

Donde:

Q_d : Caudal de diseño (lts/s)

Q_s : Caudal sanitario o caudal máximo horario (lts/s)

Q_{ill} : Caudal ilício (lts/s)

Q_{inf} : Caudal de infiltración (lts/s)

2.5.1. Caudal sanitario (Q_s)

El valor del caudal sanitario es la columna vertebral de la ecuación usada para poder obtener el caudal de diseño. La misma se deriva de la suma de los caudales sanitarios de domicilios, de industrias, de comercio y de instituciones que representan a un

caudal medio diario. Al multiplicar este caudal medio por un factor de mayoración (M) obtenemos un caudal máximo horario que avala la legislación ecuatoriana. El valor de este caudal no será menor a 1,5Lts/s, en caso de serlo se asumirá el valor mencionado como caudal sanitario. (ETAPA, 2009)

La siguiente ecuación desglosa el caudal sanitario:

$$Q_s = (Q_{dom} + Q_{ind} + Q_{com} + Q_{ins}) \times M \quad (\text{Ecu. 13})$$

Donde:

Qs: Caudal sanitario o caudal máximo horario (lts/s)

Qdom: Caudal de redes domésticas (lts/s)

Qind: Caudal de redes industriales (lts/s)

Qcom: Caudal de redes de comerciales (lts/s)

Qins: Caudales de redes comerciales (lts/s)

M: Factor de mayoración

2.5.1.1. Aguas residuales domesticas (Qdom)

Esta contribución es el caudal medio horario, ya que es limitado en un periodo de 24 horas. Este obtenido como un promedio de caudales de todo el año. Cuando no existen datos disponibles, el parámetro de la dotación de agua potable es usada para cuantificar cual es el aporte de aguas residuales que un hogar produce. (López C., 2003)

$$Q_{dom} = \frac{D \times P_f \times f}{86400} \quad (\text{Ecu. 14})$$

Donde:

Qdom: Caudal de redes domésticas (lts/s)

D: Dotación (lts/hab*día)

Pf: Población futura (habitantes)

f: Coeficiente de retorno

2.5.1.2. Dotación (D)

Es la cantidad promedio de agua que una persona consume en un día, este valor de dotación está regido por la siguiente tabla a continuación que la ley ecuatoriana tiene en su legislación (INEN 5, 2000).

Tabla 2.7. Dotación de aguas para los diferentes niveles de servicio.

Nivel de servicio	Clima frío (lts/hab*día)	Clima cálido (lts/hab*día)
Ia	25	30
Ib	50	65
IIa	60	85
IIb	75	100

Fuente: (INEN 5, 2000)

Tabla 2.8. Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.

Nivel de servicio	Sistema	Descripción
0	AP	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económica del usuario.
	EE	
Ia	AP	Grifos públicos
	EE	Letrinas sin arrastre de agua
Ib	AP	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño
	EE	Letrinas sin arrastre de agua
IIa	AP	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa
	EE	Letrinas con o sin arrastre de agua
IIb	AP	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa
	ERL	Sistema de alcantarillado sanitario
Simbología utilizada: AP: Agua potable EE: Eliminación de excretas ERL: Eliminación de residuos líquidos		

Fuente: (INEN 5, 2000)

2.5.1.3. Coeficiente de retorno (f)

Este valor se lo denomina como un factor de seguridad. Este valor se aplica ya que se toma la dotación, que es el agua potable que teóricamente se piensa entra a la edificación, en la ecuación para el cálculo del caudal doméstico. Entonces como se presume que no toda el agua que ingreso al domicilio es la misma cantidad que se conducirá al sistema de alcantarillado se castiga al valor total de caudal por medio de este coeficiente. Este valor es medido en campo, pero en caso de no tener acceso al mismo existen rangos de valor entre 0,7 y 0,9, pero se recomienda usar un coeficiente de retorno semejante al valor de 0,8. (ETAPA, 2009)

2.5.1.4. Aguas residuales industriales (Qind)

Este valor debe ser cuantificado en base a estudios más específicos, ya que el caudal depende de la cantidad de empleados en la empresa, las diferentes actividades que se realiza, así como si existe tratamiento especial para las aguas residuales.

Como se mencionó, el caudal de industrias debe ser conocerse cuál es su naturaleza, ósea su composición, y en base a la legislación vigente local es factible desalojar en el alcantarillado sanitario. La (RAS, 2000) contribuye con valores en una tabla 2.9 a continuación para obtener este caudal si la industria es pequeña y su ubicación es en una zona residencial. Tales valores están representados en litros por cada hectárea bruta de la industria. (Báez N., 2004)

Tabla 2.9. Caudal de agua residual industrial.

Nivel de complejidad del sistema	Qind (lts/s-ha)
Bajo	0,4
Medio	0,6
Medio – alto	0,8
Alto	1,0 – 1,5

Fuente: (RAS, 2000)

La siguiente tabla 2.10 se establece el nivel de complejidad para complementar a la tabla 2.9

Tabla 2.10. Niveles de complejidad.

Nivel de Complejidad	Población en la zona urbana (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios
Bajo	< 2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio alto	12501 a 60000	Media
Alto	> 60000	Alta

Fuente: (Fuente: RAS, 2000)

2.5.1.5. Aguas residuales comerciales (Qcom)

Al igual que el caudal de una industria, este también debe ser netamente justificado con su debido cálculo matemático o estadístico adecuado. El valor se basa en consumos diarios por cada persona, densidad poblacional, coeficiente de retorno. Para el cálculo de sectores residenciales y comerciales puede ponerse un caudal medio en base a la concentración de ambas zonas, usando valores tales como 0,4 a 0,5 Lts/s. (López C., 2003)

2.5.1.6. Aguas residuales institucionales (Qins)

Depende directamente de tipo y la magnitud de área que la institución tenga. Como institución podemos decir que es una escuela, colegio, universidad, hotel, clínica, cárcel, etc. Este valor debe ser referenciado en base al consumo de agua potable de instituciones similares a la que el proyecto plantea contener. La valoración de aportes si es una institución pequeña y está ubicada en zonas residenciales se puede recomendar valores similares a los recomendados anteriormente en el caudal comercial de 0,4 a 0,5 lts/s por hectárea institucional. (Báez N., 2004)

2.5.1.7. Factor de mayoración (M)

Este valor es un factor de seguridad, ya que existen periodos de tiempo en el día en el que el consumo de agua aumenta significativamente, y como consecuencia las descargas a la red de tuberías son mayores. La ecuación 15 a usar a continuación es la que se usa para poder estimar este factor en casi que el caudal sea mayor a 4Lts/s, y para menores al mencionado se recomienda que se use el valor de 4. (ETAPA E.P., 2009)

$$M = \frac{18 + \sqrt{\frac{Pf}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{Pf}{1000}}} \quad (\text{Ecu. 15})$$

Donde:

M: Factor de mayoración.

Pf: Población futura (Habitantes)

2.5.2. Caudal de conexiones erradas o ilícitas (Qill)

Son aquellas conexiones que no son contempladas en el diseño original ya sea como producto de aguas lluvia domiciliarias o uniones que se realiza al sistema

clandestinamente. Se recomienda usar la siguiente expresión en la que se emplea un valor constante de 80lts/hab*día como número fijo. (Etapa, 2009)

$$Q_{ill} = \frac{80 \times Ptr}{86400} \quad (\text{Ecu. 16})$$

Donde:

Q_{ill} : Caudal ilícito (lts/s)

Ptr : Número de habitantes cuyas conexiones se adhieren al tramo a diseñar (habitantes)

2.5.3. Caudal por infiltración (Q_{inf})

Existen ciertos fluidos provenientes de aguas sub-superficiales que se ingresan a las tuberías del alcantarillado sanitario sin importar el tipo de material que se use en el diseño. Los mismos ingresan ya sea por fisuras en las tuberías o en las mismas conexiones entre tuberías o conexiones tuberías-pozos de inspección. En el “Plan Maestro de Agua Potable” de ETAPA E.P. se exige usar la siguiente ecuación en donde se emplea un valor constante de 1lts/s*Km para su desarrollo. (Etapa, 2009)

$$Q_{inf} = 1 \times L \quad (\text{Ecu. 17})$$

Donde:

Q_{inf} : Caudal de infiltración (lts/s)

L : Longitud del tramo a diseñar (Km)

2.6. Red condominial

Este sistema tiene el propósito de trabajar como sub ramales de la red principal, evitando que el mismo tenga que obligadamente cruzar cerca de zonas urbanas donde la topografía puede ser muy accidentada o donde los costos por excavación pueden ser representativamente altos (ver figura 2.4). La red condominial se las diseñara con tuberías de 110mm y a profundidades mínimas de 80cm ya que estos sub ramales no sirven a un número de habitantes significativo, estas redes serán conectadas a pozos de la red principal para evitar problemas de presurización.



Figura 2.4. Red condominial dirección norte-sur se conecta al pozo de la red principal dirección oeste-este.

Fuente: (Autor, 2017)

2.7. Obras complementarias

2.7.1. Pozos de revisión

Los pozos de revisión son estructuras que forma parte del sistema alcantarillado. Los mismos son emplazados a lo largo del alineamiento de tuberías de la red para hacer posible su inspección y mantenimiento. Se recomienda ubicar los pozos a una distancia máxima en base al diámetro de la tubería como lo presenta en la tabla 2.11. Los pozos de revisión se clasifican de acuerdo al mayor diámetro de las tuberías que a ellos convergen (ETAPA E.P., 2016).

Tabla 2.11. Distancia entre pozos en base al diámetro de la tubería.

Diámetro de la tubería (mm)	Distancia máx. entre pozos (m)
< 350	100
350 a 800	150
> 800	200

Fuente: (SSA y EX - IEOS,1983)

De igual manera el diámetro del interno del pozo está en función del diámetro de tubería más grande conectado al mismo como se señala en la tabla 2.12.

Tabla 2.12. Diámetro de pozo en función de diámetro de tubería.

Diámetro de la tubería (mm)	Diámetro de pozo (mm)
< 550	900
600 a 800	1200
> 800	diseño especial

Fuente: SSA y EX - IEOS,1983.

Las paredes del pozo de revisión ya sean de hormigón construidas en sitio o prefabricadas, deben tener una resistencia del hormigón a la compresión mínima de 210 Kg/cm². El espesor de las paredes será de 0.15m. Se recomienda que el sobre ancho lateral de excavación que se requiera para la construcción del pozo, se establece como la excavación que permita la instalación de cofres desde la base hasta el nivel superior del pozo. (ETAPA E.P., 2012)

2.7.2. Brocales y tapas de hormigón

El brocal y la tapa de los pozos de revisión, serán estructuras prefabricadas de hormigón armado ($f_c = 300 \text{ kg/cm}^2$) que irán colocados sobre el cono del pozo; el brocal servirá para proporcionar a la tapa un espacio adecuado y confinado. (ETAPA E.P., 2012)

2.7.3. Conexiones domiciliarias

Las conexiones domiciliarias sirven para conectar la red principal de alcantarillado y el punto en donde convergen las aguas residuales de una edificación. Para estos enlaces se requiere tubería de 100 mm de diámetro con una pendiente mínima del 1%, una profundidad no menor a 80cm y con un empate de 45° vista desde planta en dirección al flujo (ver figura 2.5). La conexión domiciliaria partirá desde una caja de revisión de 0,6 x 0,6 según convenga provista de sello hidráulico. (SSA y EX - IEOS,1983)

Existe también los pozos tipo till, tiene un diámetro menor a 300mm y una tapa de hormigón de 400mm. Las conexiones a estos pozos serán con diámetro mínimo de 200mm y la mínima pendiente de 2% y un empate del pozo a la red principal de 60°

(ver figura 2.6). La conexión se realizará sobre los $\frac{3}{4}$ del diámetro de la tubería matriz. (ETAPA E.P., 2009)

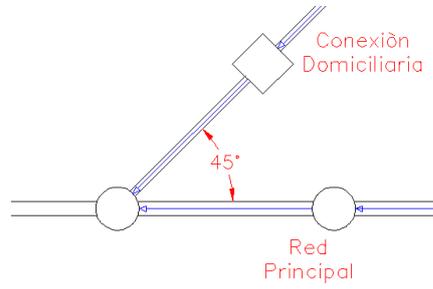


Figura 2.5. Conexión domiciliar a 45°.

Fuente: (Autor, 2017)

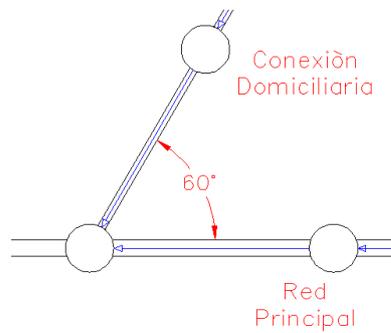


Figura 2.6. Conexión domiciliar a 60°.

Fuente: (Autor, 2017)

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO

3.1. Generalidades

La red de alcantarillado sanitario se la diseño considerando a la comunidad en dos zonas por separado con el objetivo de servir al mayor número de habitantes. La razón principal fue que existe un sector de gran concentración poblacional a la cual le atraviesa la quebrada Alverjillas. Siendo económicamente y bajo parámetros técnicos hacer también dos redes principales que trabajen simultáneamente mencionadas zonas las cuales convergen en la misma planta de tratamiento de aguas residuales diseñada en el capítulo posterior. A continuación, se mostrará en la figura 3.1 la manera en cómo se realizó la división.

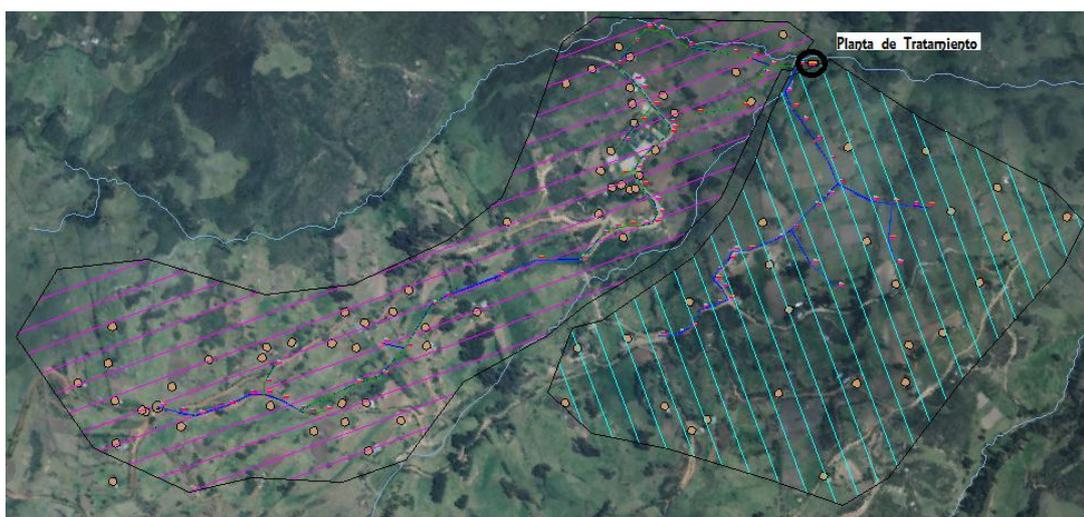


Figura 3.1. Sectorización de las zonas a brindar servicio de alcantarillado sanitario.

Fuente: (Autor, 2017)

El sector a la izquierda de color rosado, es la zona central de Zhipta en donde se encuentra ubicada la sala de reuniones de la comunidad, una iglesia, una escuela y hay una gran concentración de viviendas, por tanto, el sector más poblado y con mayor afluencia de personas. El sector de la derecha de color turquesa se denomina el barrio “Veinticinco”, el cual está al sur de la comunidad y en donde también existe una considerable concentración de viviendas.

El alcantarillado no solo servirá para recolectar aguas sanitarias domésticas, pero también se consideró un caudal para escuela de la comunidad, en la cual da servicios para 35 niños y 4 docentes diariamente.

3.2. Determinación de población parcial y cálculo de población acumulada para cada tubería

Como se explicó en el literal 2.2.4, para determinar la población parcial de cada tramo de tubería, se tomará únicamente en cuenta el número de edificaciones que se pueden conectar al alcantarillado, ocupando el número de personas que habitan en el tramo, siendo este valor considerado para la población parcial de cada tubería. Sabiendo que un tramo es constituido por un pozo inicial y un pozo final en base a su elevación (pozo inicial está en una elevación mayor al pozo final), la población acumulada sería la suma entre el número usuarios que se conectan al tramo a diseñar más el número total de habitantes de los tramos conectados al pozo inicial del tramo a diseñar.

3.3. Cálculo de población futura

El cálculo de población futura se lo realizó tal como se detalla en el literal 2.2.2, usando 3 métodos distintos, con los parámetros presentados en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Valores considerados para el cálculo de población futura.

Descripción	Valor	Referencia
Población actual	270 hab	Encuestas
Tiempo de diseño	20 años	Literal 2.2.3
Tasa de crecimiento	1%	Tabla 2.1

Fuente: (Autor, 2017)

Obtenido estos datos, se halló conveniente usar tres métodos para el cálculo de la población futura, cuyos resultados se presentan en la tabla 3.2. Al obtener tres resultados muy similares, se optó por tomar el valor medio entre estos resultados como población futura para el cálculo del alcantarillado sanitario para la comunidad de Zhipta.

Tabla 3.2. Población futura de la comunidad de Zhipta.

Año	Tiempo	Tasa de crecimiento	Población actual	Método para calcular la población futura			
				Geométrico	Aritmético	Exponencial	Promedio
2017	0	1%	270	270	270	270	270
2018	1	1%	270	273	273	273	273
2019	2	1%	270	275	275	275	275
2020	3	1%	270	278	278	278	278
2021	4	1%	270	281	281	281	281
2022	5	1%	270	284	284	284	284
2023	6	1%	270	287	286	287	287
2024	7	1%	270	289	289	290	289
2025	8	1%	270	292	292	292	292
2026	9	1%	270	295	294	295	295
2027	10	1%	270	298	297	298	298
2028	11	1%	270	301	300	301	301
2029	12	1%	270	304	302	304	304
2030	13	1%	270	307	305	307	307
2031	14	1%	270	310	308	311	310
2032	15	1%	270	313	311	314	313
2033	16	1%	270	317	313	317	316
2034	17	1%	270	320	316	320	319
2035	18	1%	270	323	319	323	322
2036	19	1%	270	326	321	326	325
2037	20	1%	270	329	324	330	328

Fuente: Autor.

3.4. Cálculo de población futura para cada tubería

Para calcularlo se tomó como referencia un coeficiente de proporcionalidad que es el resultado de la relación que existe entre el número de habitantes actuales, cuyas edificaciones están conectadas al diseño de la red de alcantarillado, y el número total de usuarios de toda la red. A este coeficiente se lo multiplicó por el valor de 328, que es la población futura total de la comunidad de Zhipta en el año 2037 en base a la tabla 3.2. Siendo así como se obtiene el valor en cada tubería para su debido diseño.

Para cada tramo se debe obtener dicho coeficiente.

$$Cp = \frac{Pa_{(tramo)}}{Pa_{(total)}} \quad (\text{Ecu. 18})$$

Donde:

Cp : Coeficiente de proporcionalidad

$Pa_{(tramo)}$: Población actual conectados al tramo del sistema de alcantarillado

$Pa_{(total)}$: Población actual total conectados al sistema de alcantarillado

$$Pf_{(tramo)} = Cp \times Pf_{(total)} \quad (\text{Ecu. 19})$$

Donde:

$Pf_{(tramo)}$: Población futura conectados al tramo del sistema de alcantarillado

Cp : Coeficiente de proporcionalidad

$Pf_{(total)}$: Población futura total conectados al sistema de alcantarillado

3.5. Sistema de red de alcantarillado sanitario y condominial

En la red de alcantarillado sanitario para la comunidad de Zhipta, tiene como objetivo final el de recolectar, y conducirla las aguas sanitarias a una planta de tratamiento para su deposición final en un cuerpo receptor. Todo el diseño se basa en las recomendaciones de los parámetros, criterio e información del lugar ya mencionado en capítulos anteriores en base a las normativas vigentes del país e información del POT del GAD del Sígsig.

En base a la dispersión poblacional de la comunidad, se encontró dos puntos con mayor afluencia de viviendas, por lo que se decidió diseñar dos redes que únicamente converjan en un pozo. Los trazados considerados para diseñar las

tuberías serán basadas en la topografía del lugar en donde se garantice que las tuberías trabajen a gravedad.

Se debe mencionar que la topografía en ambas zonas es altamente accidentada, además de la dispersión considerable existente entre las viviendas, es por eso que se ha diseñado sub-ramales, este subramal tendrá una menor profundidad, y un diámetro de 110mm. Estas tuberías se la denominara red condominial.

En general se recomienda profundidades no menores de 1.20m para ramales principales y no menores a 0.50m para conexiones intradomiciliarias. (MUDUVI, 2008)

Ventajas del sistema de la red de alcantarillado condominial:

- Expande la cobertura de la red principal.
- Una adaptación a la topografía sin alterar un trazo eficiente de la red principal.
- Permite que la obra se realice en menor tiempo y con menores recursos económicos. (MIDUVI, 2008)

Tabla 3.3. Parámetros y criterios de diseño de alcantarillado sanitario.

Parámetros y criterios de diseño				
Descripción	Termino	Valor	Unidad	Literal donde se detalla
Población actual	Pob a	187	hab	2.2.1
Tasa de crecimiento	r	1	%	2.2.2
Población futura	Pob f	225	hab	2.2.3
Periodo de diseño	n	20	años	2.2.4
Velocidad min (PVC)	V	0.5	m/s	2.3.2
Velocidad máx. (PVC)	V	5	m/s	2.3.2
Coefficiente de rugosidad (PVC)	n	0.009	-	2.3.3
Pendiente min	S min	1	%	2.3.4
Diámetro mínimo	D	200	mm	2.3.5
Profundidad min	h	1.5	m	2.3.6
Dotación	DOT	75	Lts/Hab/día	2.5.1.1.a
Coefficiente de retorno	f	0.8	-	2.5.1.1.b
Factor de mayoración	M	4	-	2.5.1.5
Constante caudal ilícito	Qili	80	Lts/hab/día	2.5.2
Constante caudal infiltración	Qinf	1	Lts/s/Km	2.5.3

Fuente: (Autor, 2017)

Tabla 3.4. Parámetros y criterios de diseño de alcantarillado condominial.

Parámetros y criterios de diseño				
Descripción	Termino	Valor	Unidad	Literal donde se detalla
Población actual	Pob a	83	hab	2.2.1
Tasa de crecimiento	r	1	%	2.2.2
Población futura	Pob f	103	hab	2.2.3
Periodo de diseño	n	20	años	2.2.4
Velocidad min (PVC)	V	0.5	m/s	2.3.2
Velocidad máx. (PVC)	V	5	m/s	2.3.2
Coefficiente de rugosidad (PVC)	n	0.009	-	2.3.3
Pendiente min	S min	1	%	2.3.4
Diámetro mínimo	D	110	mm	2.6
Profundidad min	h	0.8	m	2.6
Dotación	DOT	75	Lts/Hab/día	2.5.1.1.a
Coefficiente de retorno	f	0.8	-	2.5.1.1.b
Factor de mayoración	M	4	-	2.5.1.5
Constante caudal ilícito	Qili	80	Lts/hab/día	2.5.2
Constante caudal infiltración	Qinf	1	Lts/s/Km	2.5.3

Fuente: (Autor, 2017)

En base a las tablas 3.3 y 3.4 se realizará el diseño de alcantarillado sanitario para la comunidad de Zhipta, y como resultados se obtiene que:

- La red de alcantarillado está conformada por dos ramales principales, los cuales abastecen a las zonas más pobladas de la comunidad, y en cada una de ellos existen redes condominiales que permiten la conexión de las viviendas que están muy dispersas con la red principal.
- Los diámetros de las tuberías usadas en el diseño de las redes principales son de 200mm. La distancia máxima entre pozos de revisión es de 100m. y la profundidad que están enterradas es de 1,50m.

- El diámetro de las tuberías usadas en el diseño de las redes condominiales es de 110mm. La distancia máxima entre pozos de revisión es de 80m. y la profundidad que están enterradas es de 1,00m.
- El material a usar será de PVC por su fácil maniobrabilidad.
- Las pendientes con las que se trabajó fueron valores mayores al 1% para poder cumplir con las velocidades. En algunos casos puntuales las pendientes usadas fueron menores para evitar excavaciones en donde los costos pudieron aumentar considerablemente al proyecto, lo que se tomó a consideración fue que las velocidades estén dentro del rango de la capacidad de la tubería.

Anexo 9: Cálculos de diseño de la red de alcantarillado condominial y sanitario.

Anexo 4: Planos del sistema de alcantarillado.

CAPÍTULO IV

PARÁMETROS Y DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

4.1. Generalidades

La construcción de un proyecto como el alcantarillado sanitario tiene un impacto altamente positivo para el desarrollo de una comunidad. Para la salud de los habitantes del lugar es en donde esta obra cobra aun mayor expectativa, ya que ayuda a la eliminación de zonas de contaminación donde las enfermedades surgen, mejorando el nivel de vida de la población.

Es por esto que la comunidad de Zhipta, ha optado por realizar los estudios de un alcantarillado sanitario, en donde también incluye el diseño de una planta de tratamiento para depurar el agua residual a parámetros que cumplan con la legislación actual del país, para después su descarga al cuerpo receptor.

4.2. Tratamiento de aguas residuales

La recolección de aguas residuales comienza en el lugar de en donde se genera hasta la planta de tratamiento, la cual es transportaba mediante el sistema de tuberías llamado alcantarillado sanitario explicado el capítulo anterior. Este proceso depende totalmente de la gravedad. (Alianza por el agua, 2008)

El tratamiento engloba la eliminación de contaminantes antes de su descarga a un cuerpo receptor. Es este proceso se ocupa operaciones físicas, químicas y biológicas para remoción de características indeseables de las aguas residuales a un nivel igual o menor que el determinado en el grado de tratamiento, para cumplir con los límites legales que rigen al país para su próxima depuración a un cuerpo receptor. (Norma CO 10.07 – 607, 1992)

Las alternativas existentes de tratamiento de aguas residuales son variadas, dependiendo básicamente del grado de remoción o purificación que se pretenda dar a las aguas residuales, del caudal y la capacidad de auto purificación que posee el

cuerpo receptor, de las características del suelo y topográficas del sitio de implantación de la planta de tratamiento y, fundamentalmente de las condiciones económicas y financieras de la comunidad que se beneficiará del proyecto, como también de los conocimientos y facilidades que se dé al sistema de tratamiento para operarlo y mantenerlo. (Romero R., 2008)

El tipo de tratamiento que se puede realizar al afluyente se clasifica en preliminar, primario, secundario, terciario, etc., en función del grado de remoción que se pretenda dar a las aguas residuales. (Romero R., 2008)

4.2.1. El tratamiento preliminar

Es un acondicionamiento de un desecho antes de ser descargado al sistema del tratamiento primario. Procesos de tratamiento localizados antes del tratamiento primario tales como: desgrasadores, cribas, desarenadores, etc. (Norma CO 10.07 – 607, 1992)

4.2.2. El tratamiento primario

El tratamiento primario tiene como objetivo principal la remoción de sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, para disminuir la carga del tratamiento biológico en caso de ser necesario. Existen varios métodos para este tratamiento como:

- Tanques Imhoff
- Tanques de sedimentación
- Tanque de flotación

(Norma CO 10.07 – 601, 1992)

Para nuestro diseño vamos a usar un tanque sedimentable. Los valores promedios de remoción, en función del tiempo de retención, pueden resumirse de la Tabla 4.1:

Tabla 4.1. Porcentajes de remoción recomendados.

Periodo de retención	Porcentaje de remoción recomendados			
	DBO 100 a 200 mg/lts		DBO 200 a 300 mg/lts	
	DBO	SS Totales	DBO	SS Totales
0.5	16	32	19	35
1	23	45	26	50
1.5	30	50	32	56
2	33	53	36	60
3	37	58	40	64
4	40	60	42	66
6	41	61	43	68

Fuente: (Norma CO 10.07 – 601, 1992)

4.2.3. Tratamiento secundario

El tratamiento secundario, tiene como función principal continuar con el proceso biológico y, para tratamientos de aguas domésticas, como en el presente caso, con eficiencias de remoción de DBO por encima del 82%, diseñando para ello un tratamiento de fácil operación y mantenimiento, logrando con ello un efluente de mejores condiciones y apto para ser descargado a un cuerpo receptor.

Los tratamientos más comunes a diseñarse de acuerdo al IEOS en el Ecuador, son básicamente de tipo biológico. Entre ellos se puede seleccionar aquellos que utilizan biomasa en suspensión o biomasa adherida.

Dependiendo del tipo de tratamiento biológico que se determine, será aconsejable que se prefieran los que sean de fácil operación y mantenimiento, que reduzcan al mínimo la utilización de equipos complicados que no puedan ser adquiridos en el medio.

Tabla 4.2. Parámetros de remoción y grados de remoción.

Tratamiento	Remoción %		Rem. ciclos log 10	
	DBO	SS	Bacterias	Helmito
Sedimentación primaria	25- 40	40 – 70	0 – 1	0 – 1
Lodos activados (a)	55 – 95	55 – 95	0 – 2	0 – 1
Filtros percoladores (a)	50 – 95	50 – 92	0 – 2	0 – 1
Lagunas aireadas (b)	80 – 90	(c)	1 – 2	0 – 1
Zanjas de oxidación (d)	90 – 98	80 – 95	1 – 2	0 – 1
Lagunas estabilización (e)	70 - 85	(c)	1-6	1 – 4

Fuente: (Norma CO 10.07 – 601, 1992)

- a) Precedidos y seguidos de sedimentación
- b) Incluye laguna secundaria
- c) Dependiente del tipo de laguna
- d) Seguidas de sedimentación
- e) Dependiendo del número de lagunas y otros factores como: temperatura, período de retención y formas.

En base a las consideraciones expresadas anteriormente y, en función de las características del tipo de suelo, topografía de la zona de implantación y grado de remoción que requiere el cuerpo receptor, se determina que el tratamiento de las aguas residuales de la comunidad de Zhipta, estará constituida básicamente por las siguientes unidades:

- Cajón de entrada
- Tratamiento primario (fosa séptica)
- Tratamiento secundario (filtros biológico anaerobio ascendente)

4.3. Características del agua residual

Las características hacen referencia a la composición que tienen las aguas residuales. Es fundamental poderles definir ya que se los usan como parámetros

para saber si el producto final del tratamiento es apto para su depuración a un cuerpo receptor. Se los clasifican en 3 grupos.

4.3.1. Características físicas

Estas características van de la mano del aspecto físico de las aguas residuales, las mismas son: cantidad de sólidos, olor, temperatura, turbidez, color. (M. Espigares García Y J. A. Pérez López)

4.3.2. Características químicas

Los parámetros que los complementan son: materia orgánica, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de Oxígeno (DQO), carbono orgánico total, demanda total de oxígeno (DTO), demanda teórica de oxígeno (DT_eO), materia inorgánica, ph, cloruros, alcalinidad, nitrógeno, fosforo, azufre compuestos tóxicos, metales pesados, gases, oxígeno disuelto, sulfuro de hidrogeno, metano. (M. Espigares García Y J. A. Pérez López)

4.3.3. Características biológicas

Las aguas residuales, dependiendo de su composición y concentración, pueden llevar en su seno gran cantidad de organismos entre los cuales se puede encontrar: bacterias, virus, algas, protozoos, hongos. (M. Espigares García Y J. A. Pérez López)

4.4. Diseño de las unidades de tratamiento

4.4.1. Características del agua residual de Zhipta

Se realizó una muestra instantánea en una fosa séptica ya que no existía ningún tipo de descarga directa a un cuerpo receptor, el propósito del mismo es encontrar las características físicas, químicas y biológicas que tiene el agua residual en estudio para realizar un tratamiento optimo que cumpla con estándares requeridas por el ente regulador del país.

Los resultados se han incluido en la tabla 4.17 y se los adjunto en el ANEXO 3 cuyos estudios se realizaron en los laboratorios de ETAPA EP.

4.4.2. Diseño de tratamiento preliminar (cajón de entrada)

El tratamiento preliminar tendrá al cajón de llegada como primera obra de la planta de tratamiento. El cajón de ingreso tiene como objetivo fundamental romper la presión de llegada, uniformizar las velocidades, bypass en el interior de la planta para labores de operación y mantenimiento.

4.4.3. Diseño de tratamiento primario (fosa séptica)

Es importante saber las diferentes fases que se da en esta fosa, la primera es el tiempo de retención en el cual las aguas son retenidas por un periodo que oscila entre 12 a 24 horas en base al número de contribución de afluentes como se puede apreciar en la tabla 4.3.

Tabla 4.3. Periodo de retención en tanques sedimentables

Periodo de retención (T)			
Contribución l/día		Periodo de retención	
		Horas	Días (T)
a	6000	24	1
6000	7000	21	0.875
7000	8000	19	0.79
8000	9000	18	0.75
9000	10000	17	0.71
10000	11000	16	0.67
11000	12000	15	0.625
12000	13000	14	0.583
13000	14000	13	0.54
más de	14000	12	0.5

Fuente: (NBR 7229,1992)

La fase siguiente es la sedimentación, que sumado al tratamiento preliminar, se elimina un total de 60% a 70% de sólidos en suspensión producto de la gravedad.

La eficiencia de este tratamiento es medida en base a los siguientes parámetros: demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), sólidos suspendidos totales (SST), coliformes fecales (CF).

Se debe mencionar que esta obra no purifica el agua residual, sino que reduce la carga orgánica a un punto en el que sea admisible descargar a un cuerpo receptor. Las bacterias están presentes en grandes cantidades debido a su fase anaerobia.

A continuación, se detalla la eficiencia de este tratamiento bajo sus respectivos parámetros en las tablas 4.4 y 4.5:

Tabla 4.4. Eficiencias de remoción de DBO5.

Posibles eficiencias de remoción de DBO5	
Unidad de tratamiento	Eficiencia de remoción de DBO5
Tanques sépticos de cámara única o sobrepuestas	30 - 50 %
Tanques sépticos de cámaras en serie	35 - 65 %
Zanjas de filtración	75 - 95 %
Filtro anaerobio	70 - 90 %

Fuente: (Athayde, 1982)

Tabla 4.5. Eficiencias de remoción de sólidos en suspensión.

Posibles eficiencias de remoción de sólidos en suspensión	
Unidad de tratamiento	Eficiencia de remoción de sólidos en suspensión
Tanques sépticos de cámaras en serie	16 - 70 %
Filtro anaerobio	64%

Fuente: (Rengel, 2000)

Los parámetros constructivos considerados en este diseño se los realizo en base a la norma brasileña NB-41/81, existen valores y recomendaciones mínimas para las cámaras de la fosa séptica se presenta en la tabla 4.8. El volumen se lo determina mediante a la ecuación a continuación.

$$V = 1.3 \times N \times (C \times T + 100 \times lf) \quad (\text{Ecu. 20})$$

Donde:

N: Número de habitantes servidos

C: Contribución de aguas residuales (tabla 4.4)

T: Periodo de retención (tabla 4.3)

lf: Contribución de lodos (tabla 4.4)

Tabla 4.6. Contribución de aguas residuales y de lodos.

Contribución unitaria de aguas residuales (C) y lodos (lf) por tipo de predios y ocupantes			
Predio	Unidad	Contribución l/día	
		Aguas residuales (C)	Lodos (lf)
1 Ocupante permanente			
Residencial			
Alta	Persona	160	1
Medio	Persona	130	1
Bajo	Persona	100	1
Hoteles sin cocina y sin lavandería	Persona	100	1
Alojamiento provisorio	Persona	80	1
2 Ocupantes temporales			
Fábricas en general	Operario	70	0.3
Edificios públicos	Persona	50	0.2
Restaurantes y similares	Comida	25	0.1
Cinemas, teatros y templos	Lugar	2	0.02

Fuente: (NBR 7229,1992)

Las recomendaciones que se dan para el correcto dimensionamiento de la fosa séptica son:

- Ancho mínimo de 0.8m.
- Profundidad mínima de 1.20m.
- Una relación largo ancho (L/b) entre 2 y 4 metros
- Ancho interno no debe ser mayor que 2 veces la profundidad útil
- Ancho interno de la cámara debe ser menor a la longitud

- Las Relaciones de las longitudes de la cámara
- La longitud de la cámara 1 (L1) debe ser 2/3 la longitud
- La longitud de la cámara 2 (L2) debe ser 1/3 la longitud
- El orificio para el paso de las 2 cámaras debe estar ubicado a 2/3 h
- Los bordes superiores de estos orificios deben ser localizados a una distancia de 0.30m por debajo de la superficie del liquido
- El área de la sección transversal del orificio debe ser entre 5% y 10% de la sección transversal útil

(OPS/CEPIS/05.163, 2009)

Los parámetros de diseño de la fosa séptica en conjunto con su dimensionamiento y las recomendaciones de construcción se las menciona en las tablas 4.7 y 4.8 a continuación.

Tabla 4.7. Parámetros de diseño de la fosa séptica.

Fosa séptica			
Datos de diseño	Símbolo	Unidad	Datos
Número de habitantes servidos	N	hab	328
Contribución de aguas residuales	C	l/hab*día	100
Periodo de retención	T	días	0.5
Contribución de lodos	lf	l/hab*día	1
Relación largo/ancho	L/b	adimensional	3
Profundidad de la fosa	h	m	2.2
Altura libre	hs	m	0.3
Remoción de DBO5	DBO5	mg/l	30%

Fuente: Autor

Tabla 4.8. Dimensionamiento de la fosa séptica.

Descripción	Símbolo	Unidad	Formula	Datos calculados
Volumen útil	V	Lts	$V=1.3*N(C*T+100*lf)$	63960.00
		m3		63.96

Fuente: (Autor, 2017)

Tabla 4.9. Medidas constructivas de la fosa séptica.

Ancho (b)	Largo (L)	Profundidad (h)	Volumen real
m	m	m	m3
3.2	9.6	2.2	67.58

Fuente: (Autor, 2017)

La disposición final a solidos retenidos en la fosa séptica, que son los llamados lodos, necesariamente tendrán que ser removidos cada cierto intervalo de tiempo como parte del mantenimiento en base a la tabla 4.10.

Tabla 4.10. Tiempo requerido para digestión de lodos.

Temperatura °C	Tiempo de digestión en días
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: (OPS/CEPIS/05.163, 2009)

Como la temperatura promedio anual de la comunidad de Zhipta oscila entre 13-14°C se recomendará limpiar cada 55 días. De esta manera el tiempo de intervalo entre extracciones de lodos sucesivas será como mínimo el tiempo de digestión. (OPS/CEPIS/05.163, 2009)

Como consecuencia del mismo, los lodos que derivan de la fosa séptica deberán ser tratados adecuadamente, eso quiere decir que no se usaran directamente como

abono en el suelo o depositados en un cuerpo receptor. Por ello se diseña un lecho de secado para un adecuado tratamiento de lodos, que generalmente es un método simple y económico para poder deshidratar a los lodos. (Athayde, 1981)

En este proceso se deberá extraer el lodo dejando una altura entre 10 a 15 cm en la fosa séptica para continuar con la digestión anaerobia de los sólidos sedimentables. Una vez que los lodos ya estén deshidratados se deberán depositar en un lugar adecuado como un relleno sanitario o una central de tratamiento de lodos para evitar problemas de salud.

Parámetros para el diseño del lecho de secado

Los parámetros a considerar estarán en base a los sólidos suspendidos (SS) que están contenidos en las aguas residuales que se sedimentaran en la fosa séptica para posteriormente formar los lodos. (OPS/CEPIS/05.163, 2009)

Tabla 4.11. Parámetro de diseño del lecho de secado.

Lecho de secado de lodos			
Datos de diseño	Símbolo	Unidad	Datos
Número de habitantes servidos	N	hab	328
Densidad promedio de lodos	d lodo	kg/l	1.04
% Sólidos contenidos en los lodos (8-12)		%	10
Tiempo de digestión	Td	días	55
Profundidad de lecho de secado (0.2-0.4)	h	m	0.4
Contribución per cápita SS (Sólidos suspendidos)	CpSS	grSS/hab*día	90

Fuente: (OPS/CEPIS/05.163, 2009)

Tabla 4.12. Dimensionamiento del lecho de secado.

Descripción	Símbolo	Unidad	Fórmula	Valor calculado
Carga de sólidos que ingresan a la fosa	C	KgSS/día	$C = \frac{N \times CpSS}{1000}$	29.52
Masa de sólidos que conforman lodos	Msd	KgSS/día	$Msd = (0.5 \times 0.7 \times 0.5 \times C) + (0.5 \times 0.3 \times C)$	9.59
Volumen diario de lodos digeridos	Vld	lts/día	$Vld = \frac{Msd}{p\ lodo \times \left(\frac{solidos}{100}\%\right)}$	92.25
Volumen de lodos a extraerse	Vel	m ³	$Vel = \frac{Vld \times Td}{1000}$	5.07
Volumen real a extraerse	Vr	m ³	$Vr = 90\% \times Vel$	4.57

Fuente: OPS/CEPIS/05.163, 2009

Tabla 4.13. Dimensiones constructivas del lecho de secado.

Ancho (b)	Largo (L)	Profundidad (h)	Volumen real
m	m	m	m³
3.5	3.3	0.4	4.62

Fuente: Autor

4.4.4. Diseño de tratamiento secundario (filtro biológico anaerobio)

También llamados filtros percoladores, es una unidad mediante la cual se produce un proceso de filtración de las aguas residuales a través de un medio físico (piedra, tubería, retazos de arcilla cocida, entre otros). El filtro percolador estará precedido de un proceso de cribas y sedimentación, se recomienda una profundidad de 1.20m y generalmente tiene un diseño circular donde se adhiere la biomasa existente las aguas residuales, aumentando de esta manera el espacio de filtración, reduciendo la

DBO y produciendo un proceso de tratamiento biológico de tipo anaerobio, en otras palabras, sin presencia de aire. (Romero Rojas, 2008)

El diseño que se uso está basado en la normativa brasileña, la cual considera la carga orgánica como parámetro primario. Los mismo se dividen en alta, media y baja como se presenta en la tabla 4.14

Tabla 4.14. Clasificación de los lechos bacterianos.

Clasificación de los lechos bacterianos				
	Alta carga		Media carga	Baja carga
	Piedra	Plástico		
CO (KgDBO / m³ x día)	0.3 - 1.0	1.0 - 5.0	0.24 - 0.48	0.08 - 0.32
CH (m³ / m² x h)	0.5 - 1.5	1.5 - 3.0	4 - 10 m/d	1 - 4 m/d
H (m)	< 3.00	< 7.0	< 3.0	< 3.0
Recirculación (%)	100 - 300	100 - 300	0 - 100	0
Rendimiento (%DBO)	60 - 80	65 - 80	60 - 80	90 - 95

Fuente: (Collado, 1992)

El material que se usa tiene en el lecho bacteriano tiene gran importancia ya que se intenta obtener una mayor superficie específica e índice de huecos para aumentar la biomasa degradante.

Tabla 4.15. Características del lecho bacteriano.

Características del lecho bacteriano			
Medio de soporte	Tamaño (cm)	Peso específico (Kg/m ³)	Huecos (%)
Plástico	50 - 120	80 - 100	95 - 97
Piedras	2 - 7	64	46
Piedras	10	45	60
Escorias	5 - 8	66	50

Fuente: (Collado, 1992)

El último parámetro a considerar es la carga orgánica por cada habitante del predio, la misma que deberá ser tratada por el lecho bacteriano considerado que en la fosa séptica se removi6 un 40% de los valores mostrados en la tabla 4.16

Tabla 4.16. Contribuci6n diaria de vertidos y carga orgánica por tipo de edificio y ocupantes.

Contribuci6n diaria de vertidos y carga orgánica por tipo de edificio y ocupantes			
Predio	Unidad	Aguas residuales lts/día	Contribuci6n de carga orgánica gDBO5,20/día
1 Ocupante permanente			
RESIDENCIAL			
Alta	Persona	160	50
Medio	Persona	130	45
Bajo	Persona	100	40
Hoteles sin cocina y sin lavandería	Persona	100	30
Alojamiento provisorio	Persona	80	30
2 Ocupantes temporales			
Fábricas en general	Operario	70	25
Edificios pú blicos	Persona	50	25
Restaurantes y similares	Comida	25	25
Cinemas, teatros y templos+	Lugar	2	1

Fuente: NBR 13696, 1997.

Los parámetros de diseño del filtro anaerobio en conjunto con su dimensionamiento y las recomendaciones de construcci6n se las menciona en las tablas a continuaci6n.

Tabla 4.17. Parámetros para el diseño del filtro biológico anaerobio.

Filtro biológico anaerobio			
Datos de diseño	Símbolo	Unidad	Datos
Número de habitantes servidos	N	hab	328
Carga orgánica por habitante	Co	grDBO5,2/día	31.5
Carga orgánica volumétrica	Lv	kgDBO/m3*día	0.3
Altura del lecho filtrante	h	m	1.25
Porosidad del medio filtrante	e	%	46
Remoción de DBO5	DBO5	mg/l	70%

Fuente: (Autor, 2017)

Tabla 4.18. Carga orgánica y dimensionamiento del filtro biológico anaerobio.

Descripción	Símbolo	Unidad	Fórmula	Valor calculado
Carga orgánica del efluente	L	KgDBO/día	$L = \frac{N \times Co}{1000}$	10.33
Volumen útil del lecho filtrante	V	m3	$V = \frac{L}{Lv}$	34.44
Volumen de lodos a extraerse	VT	m3	$VT = \frac{V}{e}$	74.87

Fuente: (Autor, 2017)

Tabla 4.19. Dimensiones constructivas del filtro biológico anaerobio.

Volumen (m3)	Tanque		Cúpula		Pared
	Diámetro (m)	Altura (m)	Flecha (m)	Radio (m)	Espesor (cm)
80.00	6.60	2.50	1.01	5.88	3 5.00

Fuente: (Autor, 2017)

Cabe mencionar que la capacidad soportante del suelo en donde se plantea emplazar esta obra tiene un valor de 14.80 ton/m², mas recomendaciones técnicas del terreno en cuestión esta adjunta al anexo 7: estudio de la capacidad soportante del suelo en el lugar donde se va a implantar la PTAR.

4.4.5. Determinación de las características finales del efluente primario y secundario

Por tratarse de un diseño de alcantarillado sanitario nuevo, no es posible determinar con exactitud las características bacteriológicas de las aguas residuales, razón por la cual es necesario asumir valores promedios determinados de alcantarillados similares, cuyos parámetros principales de remoción como se indicó anteriormente son DBO, coliformes fecales y sólidos totales.

También se presenta en la tabla 4.20 los valores de las características de aguas residuales de Zhipta.

ANEXO 3: Análisis físicos químicos y bilógicos del agua residual de la comunidad de Zhipta

Tabla 4.20. Resultados de caracterización de aguas residuales.

Resultados		
Parámetro	Unidades	Muestra
DBO5	mg/l	22
Sólidos suspendidos totales	mg/l	59
Sustancias solubles al hexano	mg/l	36.8
Coliformes totales	NMP / 100 ml	1.3E+06

Fuente: Fuente: (Autor, 2017)

En la tabla 4.21 señala los límites a considerar de los parámetros a considerar para la descarga del efluente a un cuerpo de agua dulce en la comunidad de Zhipta.

Tabla 4.21. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	2000
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	100
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	200
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30
Nitrógeno total	N	mg/l	50
Potencial de hidrogeno	pH		6 - 9
Solidos suspendidos totales	SST	mg/l	130
Solidos totales	ST	mg/l	1600

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2015)

Tabla 4.22. Remoción en efluente en las diferentes unidades de la planta de tratamiento en base a datos recolectados en la comunidad de Zhipta.

Parámetro	Unidad	Afluente	% Remoción fosa	% Remoción filtro	Efluente
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	mg/l	22	30%	70%	4.62
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/l	59	16%	64%	17.84

Fuente: Fuente: (Autor, 2017)

4.5. Ubicación

La planta de tratamiento se encuentra en el margen izquierdo de la “quebrada Alverjillas”, su ubicación georreferenciada está en sistema UTM, DATUM WGS84, Zona 17 cuyas coordenadas son en ESTE: 729250 y en NORTE: 9645600. La altitud en donde se encuentra es de 2742 msnm. Parte del terreno en el que se espera desarrollar la estructura pertenece de la comunidad de Zhipta, pero la otra parte es de uno de los habitantes de la misma comunidad. Se prevé que el GAD del Sigsig pueda ayudar en la parte de sociabilización para que el mismo propietario acceda a una negociación para el terreno. Cabe mencionar que el propietario del terreno estaba abierto a cualquier negociación por el bien común de la comunidad.



Figura 4.1. Terreno para la planta de tratamiento de aguas residuales.

Fuente: (Autor, 2017)

Anexo 7: Estudio de la capacidad soportante del suelo en el lugar donde se va a implantar la PTAR.

CAPÍTULO V

PRESUPUESTO ECONÓMICO DEL PROYECTO

5.1. Análisis de precios unitarios (APU)

Los precios unitarios dan una visión más amplia del proceso de construcción en donde intervienen parámetros como la mano de obra, el rendimiento humano y de materiales, calidad, costo, proveedores y también indicadores que de variaciones de costos en el tiempo. Es importante poder definir los costos directos e indirectos que tiene el proyecto. (González L. 2010)

5.1.1. Costos directos

Los costos directos incluyen los costos de materiales, mano de obra y equipo. (Beltrán, 2011)

5.1.2. Costos indirectos

Los costos indirectos es todo gasto no utilizable en la elaboración del producto como son: gastos para la dirección técnica, administración, fletes, vigilancia y personal técnico, directivo y administrativo. (Beltrán, 2011)

Para la realización del análisis de precios unitarios se toma como referencia la base de datos del GAD municipal del cantón Sígsig, utilizando el programa informático INTERPRO.

5.2. Presupuesto

El presupuesto garantiza un adecuado y eficiente funcionamiento de una planificación de una obra. Se la puede definir como la “presentación ordenada de los resultados previstos de un plan, un proyecto o una estrategia”. (González L. 2010)

Un presupuesto juega un papel importante en una ejecución eficaz de una obra ya que es una herramienta analítica que ayuda a definir el direccionamiento de recursos, controlar el desempeño de la ejecución de la obra, advierte problemas venideros, entre otros. (González L. 2010)

El presupuesto usado en este proyecto descompone cada concepto de obra juntamente con los precios de cada elemento que construye el precio unitario para poder estudiarlo y analizarlo con el fin de medir el rendimiento, desperdicios y costos. (Varela A. 2011)

Para calcular el presupuesto del alcantarillado sanitario en la comunidad de Zhipta se considerará la red principal de alcantarillado y sus subramales condominiales. También se analizará la planta de tratamiento que es en donde el efluente es direccionado. Este presupuesto es una aproximación del costo monetario del proyecto.

En el anexo 2, se muestra el presupuesto y el análisis de los precios unitarios de las redes de alcantarillado sanitario.

El costo final del proyecto de doscientos treinta y cuatro mil seiscientos cincuenta y tres con 65/100 dólares con el IVA del 12%.

Tabla 5.1. Resumen del presupuesto del alcantarillado sanitario para la comunidad de Zhipta.

Presupuesto		
Item	Descripción	P. Total
1	Alcantarillado	\$ 159,732.69
1.001	Sanitario	\$ 150,066.97
1.002	Condominial	\$ 9,665.72
2	Planta de tratamiento	\$ 41,167.83
2.001	Fosa séptica	\$ 20,822.09
2.002	Filtro anaerobio	\$ 17,379.88
2.003	Lecho de secado	\$ 2,965.86
3	Cerramiento	\$ 8,611.67
Subtotal		\$ 209,512.19
IVA (12 %)		\$ 25,141.46
Total		\$ 234,653.65

Fuente: Fuente: (Autor, 2017)

5.3. Formula de reajuste de precios

Se entiende como un reajuste al valor inicial programado de un proyecto, sea que el mismo aumente o disminuya. Esto debido a factores externos como políticos, económicos u otros que varían en el tiempo. Es por eso que según el “Reglamento a la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública (2016)” en el art 126, indica que los contratos de ejecución de obras cuya manera de pago se lo realice mediante el sistema de precios unitarios se debe realizar un ajuste de precios. El art 127 dice que, en caso de producirse variaciones en los costos de los componentes de los precios unitarios, se debe realizar un ajuste mediante la siguiente fórmula general:

$$Pr = Po * \left(\frac{p1*B1}{Bo} + \frac{p2*C1}{Co} + \frac{p3*D1}{Do} + \frac{p4*E1}{E0} \dots \frac{pn*Z1}{Zo} + \frac{pX*X1}{X0} \right) \quad (\text{Ecu. 21})$$

Donde:

Pr: Valor reajustado del anticipo o de la planilla

Po: Valor del anticipo o de la planilla calculada con las cantidades de obra ejecutada a los precios unitarios contractuales descontada la parte proporcional del anticipo, de haberlo pagado

p1: Coeficiente del componente mano de obra

p2, p3, p4... pn: Coeficiente de los demás componentes principales

pX: Coeficiente de los otros componentes, considerados como "no principales", cuyo valor no excederá de 0,200. Los coeficientes de la fórmula se expresarán y aplicarán al milésimo y la suma de aquellos debe ser igual a la unidad

Bo: Sueldos y salarios mínimos de una cuadrilla tipo. Esta cuadrilla tipo estará conformada en base a los análisis de precios unitarios de la oferta adjudicada, vigentes treinta días antes de la fecha de cierre para la presentación de las ofertas que constará en el contrato

B1: Sueldos y salarios mínimos de una cuadrilla tipo. Esta cuadrilla tipo estará conformada sobre la base de los análisis de precios unitarios de la oferta adjudicada, vigente a la fecha de pago del anticipo o de las planillas de ejecución de obra

Co, Do, Eo...Zo: Los precios o índices de precios de los componentes principales vigentes treinta días antes de la fecha de cierre para la presentación de las ofertas, fecha que constará en el contrato

CI, DI, EI...ZI: Los precios o los índices de precios de los componentes principales a la fecha de pago del anticipo o de las planillas de ejecución de obras.

Xo: Índice de componentes no principales correspondiente al tipo de obra y a la falta de éste, el índice de precios al consumidor treinta días antes de la fecha de cierre de la presentación de las ofertas, que constará en el contrato

X1: Índice de componentes no principales correspondiente al tipo de obra y a falta de éste, el índice de precios al consumidor a la fecha de pago del anticipo o de las planillas de ejecución de obras

5.4. Cronograma valorado

El cronograma valorado detalla las actividades a realizar con tiempos aproximados, los costos de dichas actividades, materiales, maquinaria y mano de obra requerida. En el anexo 8 se adjunta el cronograma valorado con la gráfica del mismo.



Figura 5.1. Cronograma Valorado del Proyecto.

Fuente: Fuente: (Autor, 2017)

Anexos 8: Cronograma del proyecto.

5.5. Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas sirven de guía para la construcción del sistema de alcantarillado y saneamiento de la comunidad de la comunidad de Zhipta, las mismas están fundamentadas en las especificaciones técnicas proporcionadas por el GAD Municipal de Sígsig.

Anexo 10: Especificaciones técnicas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- En base a las encuestas realizadas, se constató la falta de un adecuado servicio para las aguas residuales en la comunidad de Zhipta, el 62% de la comunidad tiene fosas sépticas las cuales ya han superado su vida útil, no tienen un adecuado mantenimiento o no criterio técnico de construcción y, como consecuencia existe contaminación del suelo y sobre todo exponen la salud de los habitantes de la comunidad. Por ello el proyecto de la construcción del alcantarillado sanitario junto a la planta de tratamiento de aguas sanitarias dará una solución factible a la problemática.
- El proyecto del alcantarillado sanitario y la planta de tratamiento de aguas residuales, tienen un área de proyecto que oscila las 87 hectáreas de terreno de la comunidad. En el mismo también constan las conexiones condominiales.
- Para los diseños tanto para el alcantarillado sanitario y la planta de tratamiento se ha considerado, se consideró a la población dentro del área de influencia. Se respetó criterios y recomendaciones de las normas que rigen el país, criterios técnicos como ETAPA EP, así como especificaciones determinadas por el GAD Municipal del Sigsig.
- Para el diseño del alcantarillado sanitario de la comunidad de Zhipta, se usará 2.65 km de tubería de diámetro 200mm de PVC como tubería principal, el costo del mismo será de \$15,0066.97 sin incluir IVA. En cuanto a la red condominial, también será de PVC de diámetro de 160mm con una longitud de 0,62 km con un costo de \$9,665.72 sin incluir IVA. Las conexiones con las viviendas se realizarán por medio de pozos tipo til mediante tubería de 110mm de PVC. Como presupuesto final del proyecto se calculó un valor de \$234,653.65 incluido IVA.

- La planta de tratamiento de aguas residuales se emplazó en la parte más baja de la comunidad de Zhipta, en donde se conecta a la quebrada Alverjillas. La misma está constituida por una fosa séptica de doble cámara de 63.96m³, un filtro anaerobio de flujo ascendente circular con volumen de 80m³ de diámetro 6.60m y un lecho de secado de lodos de 4.62m³. Los mismos permitirán que las aguas residuales que llegan a la planta al salir de la misma tenga características aceptables para su disposición final.

Recomendaciones:

- Realizar los estudios de agua residual con el fin de poder constatar si es necesario realizar los tratamientos primario y secundario, ya que en los estudios ya realizados se determinó que no se requiere una planta de tratamiento. Se consideró el diseño en el diseño hasta un segundo tratamiento basándose a comunidades del cantón con una similar población. El diseño de la planta de tratamiento se basó en el número de habitantes de la comunidad. Una vez realizado el estudio realizar la evaluación y, de ser requerido, su debido redimensionamiento.
- En cuanto a la construcción de la planta de tratamiento y el alcantarillado sanitario, se requiere que se tenga una socialización con la comunidad sobre el proyecto en la comunidad de Zhipta.
- Los debidos estudios del proyecto para su construcción deberán basarse en los planos y especificaciones técnicas que este documento y sus debidos anexos contienen, en caso de requerir algún cambio, se deberá contar con la autorización absoluta del GAD Municipal del Sigsig,
- Se deberá realizar un adecuado mantenimiento para una eficaz operación de la planta de tratamiento, para poder evitar cualquier tiempo de contaminación e inclusive una interrupción en el servicio del mismo.
- Respetar el periodo de diseño de 20 años del proyecto, y realizar una evaluación de la infraestructura para un rediseño del mismo.
- Considerar el periodo a construcción de las infraestructuras, en caso de no ser próximo al actual, realizar un reajuste de precio con valores acordes al tiempo.

BIBLIOGRAFIA

- 13969, N. (1997). *ABNT-Asociación Brasileña De Normas Técnicas Fosas Sépticas Unidades De Tratamiento Complementario Y Disposición De Los Líquidos Del Efluente, Diseño Construcción Y Operación*. Río de Janeiro.
- 602, N. C. (1992). *NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL*. Ecuador.
- 7229, N. (1992). *ABNT-Asociación Brasileña De Normas Técnicas Diseño, Construcción Y Operación De Fosas Sépticas*. Rio de Janeiro.
- Athayde, F. (1982). *Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (2a ed.)*. Río de Janeiro.
- Beltrán, Á. (2011). *Libro De Texto: Costos Y Presupuestos*. Mexico: ITT.
- CENTA. (2008). *Monográficos Agua En Centroamérica [3] Manual De Depuración De Aguas Residuales Urbanas*. España: Ideasmares.
- Collado, R. (1992). *Depuración De Aguas Residuales En Pequeñas Comunidades*. Madrid: Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos.
- Cualla, R. A. (2001). *ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Eddy, M. &. (1995). *Ingeniería De Aguas Residuales – Redes De Alcantarillado Y Bombeo*. Madrid: Mcgraw – Hill.
- Espigares García, M. Y. (1985). *Aspectos Sanitarios Del Estudio De Las Aguas*. Granada: Universidad De Granada Servicio de Publicaciones.
- ETAPA, E. (2009). *ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA CONSTRUCCION DE REDES DE ALCANTARILLADO GRUPO 2*. Cuenca .
- González., C. L. (2010). *Propuesta Para La Elaboración De Presupuestos Por Medio De Una Metodología Estructurada Y Herramientas De Cómputo, Como Opción Alternativa Al Software Existente, Para Su Uso En La Dirección General De Ingenieros De La Secretaría De La Defensa Nacional*. Costa Rica: Universidad Iberoamericana.
- IEE. (2013). *Instituto Espacial Ecuatoriano*. Ecuador.

- INEC. (2007). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos: DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA.*
- INEC. (2010). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos: Censo de Población y Vivienda.*
- INEN 5, I. E. (2000). *CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN (C.E.C.) DISEÑO DE INSTALACIONES SANITARIAS: CÓDIGO DE PRACTICA PARA EL DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL. En Instituto Ecuatoriano De Normalización. Quito.*
- J., B. N. (2004). *Sistema De Recolección Y Evaluación De Aguas Residuales y Pluviales.* Bogota: Cargraphic S.A.
- METCALF & EDDY, I. (1995). *INGENIERIA DE AGUAS RESIDUALES Redes de alcantarillado y bombeo* (Segunda ed.). Madrid: McGraw-Hill.
- Ministro del Ambiente. (2015). *Registro Oficial. Edición Especial No 387.* Quito.
- OPS/CEPIS/05.163. (2005). *Guía Para El Diseño De Tanques Sépticos, Tanques Imhoff Y Lagunas De Estabilización.* Lima: UNATSABAR.
- PDOT. (2015). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL.* Jima.
- Ramakrishna, B. (1997). *Estrategias de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: conceptos y experiencias (No. 3).* Costa Rica: IICA : BMZ/GTZ.
- Rengel, B. A. (2000). *Tratamiento De Aguas Residuales.* Cuenca.
- Rojas, J. A. (2008). *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Teoría y principios de diseño.* Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Romero Rojas, J. A. (2008). *Tratamiento De Aguas Residuales Teoría Y Principios De Diseño.* Bogota: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- SSA Y EX-IEOS, L. S.-I. (1983). *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES.* Quito.
- Varela Alonso, L. (2011). *Ingeniería de Costos. Teoría y práctica en construcción.* Mexico D.F.: Intercost, S.A. de C.V.

ANEXOS

Ver CD