



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES

**Diseño de redes de alcantarillado sanitario y planta de
tratamiento de aguas residuales para las comunidades de
Ganillacta, La Unión y Chizicay, cantón Sígfig, provincia
del Azuay**

Trabajo de graduación previo a la obtención de:
INGENIERO CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES

Autores:

JUAN BERNARDO MERCHÁN FIGUEROA
DIEGO ISMAEL SÁNCHEZ MARTÍNEZ

Director:

FABIÁN EDUARDO CAZAR ALMACHE

Cuenca - Ecuador

2017

DEDICATORIA

A mi familia por todo el apoyo el cariño que me han dedicado durante toda mi carrera.

A Dios, por la vida y la sabiduría para enfrentar las adversidades que se presentan a lo largo de la vida.

Juan Bernardo Merchán

DEDICATORIA

A mis padres Ángel y Laura por su amor y apoyo incondicional, quienes han sido un gran ejemplo de lucha y perseverancia a lo largo de toda mi vida para alcanzar todas mis metas.

A mi esposa Adriana quien ha sido un pilar fundamental en mi vida, gracias a su gran amor y su apoyo en cada momento.

Diego Ismael Sánchez Martínez

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a todos nuestros familiares, amigos y maestros quienes fueron parte de nuestra formación.

Agradecemos de manera especial al Ing. Fabián Eduardo Cazar Almache, nuestro director, quien con sus conocimientos supo guiarnos durante todo el proceso de nuestro proyecto de tesis.

Al GAD Municipal del Sígsig y al Ing. Mauricio Amoroso por todo el apoyo brindado.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES Y GENERALIDADES	2
Antecedentes	2
Justificación.....	2
Objetivos	3
Metodología	3
CAPÍTULO 1 BASES DEL DISEÑO	5
1.1 Descripción general del lugar.....	5
1.1.1 Ubicación geográfica	5
1.1.2 Vías de acceso	6
1.1.3 Clima.....	7
1.1.4 Temperatura	7
1.1.5 Aspectos socio-económicos	8
1.1.5.1 Descripción general de las comunidades	8
1.1.5.2 Agricultura y ganadería.....	12
1.1.6 Estado sanitario actual.....	12
1.1.7 Salud.....	16
1.2 Caracterización económica en Jima	17
1.3 Principales sectores económicos en Jima.....	19
1.3.1 Sector primario.....	19

1.3.2 Sector secundario	20
1.3.3 Sector terciario	20

CAPÍTULO 2_DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO 21

2.1 Generalidades.....	21
2.1.1 Topografía	21
2.2 Bases del diseño	22
2.2.1 Periodo de diseño	22
2.2.2 Población de diseño.....	23
2.2.3 Población futura	23
2.2.3.1 Población inicial.....	23
2.2.3.2 Tasa de crecimiento.....	24
2.3 Áreas de aportación.....	24
2.4 Dotación	25
2.5 Método de cálculo	26
2.5.1 Cálculo de la población futura mediante el método geométrico.....	26
2.6 Caudales de diseño.....	27
2.6.1 Caudal de aguas residuales.....	28
2.6.1.1 Factor de mayoración.....	28
2.6.1.2 Coeficiente de retorno	29
2.6.2 Caudal de aguas ilícitas o conexiones erróneas	30
2.6.3 Caudal de aguas por infiltración	30
2.7 Consideraciones en el diseño	31
2.7.1 Diámetros mínimos	31
2.7.2 Pendientes mínimas.....	31
2.7.3 Velocidades máximas y mínimas.....	31
2.7.4 Profundidad mínima.....	31
2.7.5 Rugosidad.....	32
2.7.5 Materiales que componen los elementos del alcantarillado.....	32
2.8 Obras complementarias.....	33
2.8.1 Pozos de revisión	33
2.8.1.1 Distancia entre pozos de revisión.....	33

2.8.2 Pozos de salto	34
2.8.3 Conexiones domiciliarias	35
2.9 Diseño de la red de alcantarillado	35
2.9.1 Descripción de la red.....	35
2.9.2 Diseño hidráulico	36
2.9.2.1 Flujo en tuberías a sección llena	36
2.9.2.2 Flujo en alcantarillas parcialmente llenas	37
2.9.3 Datos utilizados para el diseño del sistema de alcantarillado	38
2.9.4 Ubicación de los pozos de revisión.....	39
2.9.5 Trazado de las áreas de aporte.	42

CAPÍTULO 3_DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

44

3.1 Generalidades.....	44
3.2 Caracterización de las aguas residuales	44
3.2.1 Características físicas	45
3.2.2 Características químicas.....	46
3.2.3 Características biológicas.....	48
3.3 Propuesta de tratamiento de aguas residuales para las comunidades de Ganillacta, La Unión y Chizicay	49
3.3.1 Objetivo del tratamiento.....	50
3.3.2 Parámetros de calidad a observarse en la depuración del agua residual	51
3.3.3 Proceso de tratamiento y grados de remoción.....	51
3.4 Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales	52
3.4.1 Tratamiento primario	52
3.4.1.1 Consideraciones para el diseño	53
3.4.1.2 Dimensionamiento	53
3.4.1.3 Valores obtenidos en el dimensionamiento de la fosa	55
3.4.2 Tratamiento secundario.....	56
3.4.2.1 Humedales artificiales.....	56
3.4.2.2 Humedal artificial de flujo horizontal sub-superficial	58
3.4.2.3 Eficiencia de remoción de un humedal sub-superficial de flujo horizontal... ..	59
3.4.2.4 Diseño de humedal de flujo sub-superficial.....	60

CAPÍTULO 4_PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	65
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
BIBLIOGRAFÍA.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.1 Distribución espacial de las comunidades en Jima.....	5
Figura 1.1.1.2 Ortofoto de las comunidades en Jima.....	6
Figura 1.1.3 Climatología de la parroquia Jima.....	7
Figura 1.1.4 Isotermas de la parroquia Jima	8
Figura 1.1.5 Porcentaje de adultos y niños en las comunidades de Ganillacta, La Unión y Chizicay.....	9
Figura 1.1.6 Instrucción del jefe de hogar.....	9
Figura 1.1.7 Tipo de trabajo de los habitantes.	10
Figura 1.1.8 Tipos de edificación en las comunidades.	10
Figura 1.1.9 Uso de las edificaciones en las comunidades.	11
Figura 1.1.10 Tenencia de vivienda en las comunidades.....	11
Figura 1.1.11 Tipo de estructura de las vía existentes en las comunidades.	12
Figura 1.1.12 Tipos de agua para consumo.	13
Figura 1.1.13 Estado de conexión de abastecimiento de agua.	13
Figura 1.1.14 Ubicación de conexiones de agua entubada en las viviendas.....	14
Figura 1.1.15 Toma de muestras de agua residual en las comunidades.....	14
Figura 1.1.16 Construcción de nuevos pozos sépticos.....	15
Figura 1.1.17 Lugar de disposición de aguas servidas de las viviendas en las comunidades.....	15
Figura 1.1.18: Servicio de recolección de basura.	16
Figura 1.1.19 Nivel de cobertura de servicio en la parroquia Jima.....	17
Figura 1.1.20 Porcentaje de pobreza por necesidades básicas insatisfechas (NBI) ...	18
Figura 1.1.21 Aumento de población económicamente activa (PEA) en el periodo 1990, 2001, 2010.....	18
Figura 1.1.22 Población económicamente activa en Jima (PEA) por sector económico y sexo, 2010.....	19
Figura 1.1.23 Principales productos agrícolas.	19
Figura 1.1.24 Procesamiento de productos en finca.	20
Figura 1.1.25 Producción artesanal.....	20
Figura 2.1.1 Rango de pendientes en Jima.....	21
Figura 2.1.2 Esquema de pozo de revisión	33

Figura 2.1.3 Esquema de pozo de salto.....	34
Figura 2.1.4 Relaciones hidráulicas de la sección circular parcialmente llena.	37
Figura 2.1.5 Vista en planta de la ubicación de los pozos de revisión.....	39
Figura 2.1.6 Áreas de aporte	42
Figura 3.1 Esquema de la fosa séptica.	56
Figura 3.2 Esquema de Humedal de flujo sub-superficial horizontal.	60
Figura 3.3 Esquema del humedal de flujo sub-superficial diseñado.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1.1 Ubicación por coordenadas geográficas de las comunidades consideradas de la parroquia Jima	6
Tabla 2.1.1 Tipo de pendientes expresadas en porcentaje y hectáreas en Jima	22
Tabla 2.1.3 Tasa de crecimiento poblacional en Jima	24
Tabla 2.1.4 Tasa de crecimiento poblacional por región	24
Tabla 2.1.5 Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.....	25
Tabla 2.1.6 Dotación de agua para diferentes niveles de servicio.	26
Tabla 2.1.7 Promedio de personas por hogar según parroquias.....	27
Tabla 2.1.8 Nivel de complejidad del sistema.	29
Tabla 2.1.9 Coeficiente de retorno de aguas residuales domésticas.	30
Tabla 2.1.10 Valores de rugosidad.....	32
Tabla 2.1.11 Diámetros recomendados para pozo de revisión.	34
Tabla 2.1.12 Datos de diseño del alcantarillado sanitario.....	38
Tabla 2.1.13 Ubicación de pozos de revisión.	40
Tabla 2.1.14 Área tributaria de cada tramo.....	43
Tabla 3.3.1 Características obtenidas de las aguas residuales de las comunidades Ganillacta, La Unión y Chizicay.....	49
Tabla 3.3.2 Valores promedio de la caracterización de las aguas residuales al ingreso a las lagunas de estabilización de Ucubamba año 2012.....	50
Tabla 3.3.3 Requerimientos de depuración.....	51
Tabla 3.3.4 Procesos de tratamiento y grado de remoción.	52
Tabla 3.3.5 Datos de diseño para fosa séptica	53
Tabla 3.3.6 Dimensiones mínimas de diseño para fosa séptica	54
Tabla 3.3.7 Dimensiones útiles diseñadas para fosa séptica.....	55
Tabla 3.3.8 Dimensiones diseñadas para orificios en fosa séptica.	55
Tabla 3.3.9 Mecanismos de depuración en humedales de flujo horizontal sub-superficial.....	58
Tabla 3.3.10 Criterios de diseño para humedales de flujo sub-superficial horizontal	59
Tabla 3.3.11 Características típicas del medio para humedales sub-superficiales....	61
Tabla 3.3.12 Dimensiones de humedal de flujo sup-superficial diseñado.....	62

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Modelo de encuesta aplicado.

Anexo 2: Cálculos hidráulicos.

Anexo 3: Esquema de Fosa Séptica.

Anexo 4: Esquema de Humedal.

Anexo 5: Ensayo de capacidad portante del suelo donde se implantará la planta de tratamiento.

Anexo 6: Estudio de aguas residuales de las comunidades: Ganillacta, La Unión y Chizicay.

Nota: Los anexos se encuentra en formato digital en el cd adjunto.

**DISEÑO DE REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LAS COMUNIDADES
DE GANILLACTA, LA UNIÓN Y CHIZICAY, CANTÓN SÍGSIG,
PROVINCIA DEL AZUAY**

RESUMEN

Las comunidades de Ganillacta, La Unión y Chizicay pertenecientes al cantón Sígsig no cuentan con un adecuado sistema de tratamiento para aguas servidas, motivo por el cual la calidad de vida de la población de estas comunidades se ve directamente afectada. En virtud de ello surge la necesidad de realizar los estudios y diseños para poder implementar un sistema de alcantarillado y planta de tratamiento eficiente que solventen los problemas que se generan por la inexistencia de los mismos. Este proyecto fue realizado por egresados de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad del Azuay con la finalidad que el Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Sígsig cuente con una herramienta de gestión para obtener financiamiento para su construcción.

Palabras claves: Aguas residuales, colector, pozos, alcantarillado, fosa séptica, tratamiento, humedal.



Ing. José Fernando Vázquez Calero

Director de Escuela



Ing. Fabián Eduardo Cazar Almache

Director de Trabajo de Grado



Diego Ismael Sánchez Martínez



Juan Bernardo Merchán Figueroa

Autores

**DESIGN OF SANITARY SEWAGE NETWORKS AND A WASTEWATER
TREATMENT PLANT FOR THE COMMUNITIES OF *GANILLACTA*, *LA UNION*
AND *CHIZICAY*, LOCATED IN THE CANTON OF SIGSIG, PROVINCE OF
AZUAY**

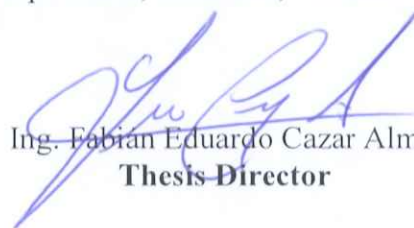
ABSTRACT

The communities of *Ganillacta*, *La Union* and *Chizicay* in the canton of Sigsig do not have an adequate sewage treatment system, which is why the quality of life of their population is directly affected. Consequently, studies and designs were needed to implement an efficient sewerage system and a treatment plant to solve the problems generated by the lack of them. This project was carried out by undergraduates of the School of Civil Engineering of Universidad del Azuay, with the purpose of providing the Autonomous Decentralized Government of Sigsig canton with a management tool to obtain financing for its construction.

Keywords: wastewater, collector, wells, sewage, septic tank, treatment, wetland.



Ing. José Fernando Vázquez Calero
School Director



Ing. Fabián Eduardo Cazar Almach
Thesis Director



Diego Ismael Sánchez Martínez

Bernardo Merchán F.

Juan Bernardo Merchán Figueroa

Authors



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Juan Bernardo Merchán Figueroa

Diego Ismael Sánchez Martínez

Trabajo de Titulación

Ing. Fabián Eduardo Cazar Almache

Julio 2017

**DISEÑO DE REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LAS COMUNIDADES
DE GANILLACTA, LA UNIÓN Y CHIZICAY, CANTÓN SÍGSIG,
PROVINCIA DEL AZUAY**

INTRODUCCIÓN

El proyecto “Diseño de redes de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales para las comunidades de Ganillacta, La Unión y Chizicay, cantón Sígsig, provincia del Azuay” nace con la finalidad de mejorar las condiciones de vida de estas comunidades y preservar su ecosistema mediante una adecuada planificación conjunta con la gente de las comunidades y el GAD (Gobierno Autónomo Descentralizado) parroquial para dotar de un sistema adecuado para la disposición y tratamiento de sus aguas residuales.

Por esta razón el GAD del Sígsig mediante un convenio con la Universidad del Azuay concuerdan en realizar los estudios y diseños de una infraestructura sanitaria, para que todas las comunidades puedan contar con este vital servicio y tratar sus aguas residuales procedentes de distintas actividades de la población.

ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

Antecedentes

Las comunidades de Ganillacta, La Unión y Chizicay se encuentran ubicadas en la parroquia Jima perteneciente al cantón Sígsig. Estas comunidades cuentan con un aproximado de 107 familias con un promedio de 65% de adultos y 35% menores. Las principales fuentes de ingresos económicos en estas comunidades son: la agricultura, la ganadería y las remesas de migrantes.

Actualmente el agua de consumo se obtiene de un reservorio, la cual debe ser hervida para su consumo ya que no es potable e incluso en ciertas épocas el agua llega en tan mal estado a los hogares que adquiere un tono amarillento, debido a esto varias personas han presentado complicaciones de salud principalmente por infecciones gastrointestinales al consumirla.

Las comunidades no poseen un sistema de alcantarillado para la evacuación de sus aguas residuales; en el mejor de los casos poseen pozos sépticos que en su mayoría ya han colapsado lo que ha provocado que en varios hogares el agua servida se riegue hacia los terrenos aledaños y potreros, contaminando sus suelos y el pasto que es fuente de alimento del ganado ocasionando enfermedades en los animales y en las personas ya que la leche producida es para consumo personal y para la venta lo cual significa un peligro para la salud de las personas.

Justificación

El principal motivo de las autoridades competentes de las comunidades a analizar es ofrecer una mejor calidad de vida y una mayor capacidad de desarrollo de los habitantes, ya que a medida que la población aumenta, inevitablemente aumenta el consumo de agua y a su vez genera una mayor cantidad de aguas servidas lo cual es perjudicial para la salud; cultivos, ganado y medio ambiente.

Con la implementación de un sistema de infraestructura sanitaria se podrá lidiar con las necesidades de saneamiento y correcta disposición de aguas servidas que necesitan las comunidades a intervenir.

Objetivos

Objetivo general

Ayudar a las comunidades Ganillacta, La Unión y Chizicay pertenecientes a la parroquia Jima en el cantón Sígsig, provincia del Azuay a mejorar sus condiciones sanitarias y de vida a través de un diseño de redes de alcantarillado sanitario y una planta de tratamiento de aguas residuales.

Objetivos específicos

- Levantar información socio-económica mediante encuestas a la población del sector.
- Procesar la información topográfica suministrada por el GAD Municipal de Sígsig.
- Toma de muestras de agua para determinar sus características.
- Realizar ensayos de la capacidad portante del suelo donde se implantará la infraestructura.
- Diseñar las redes de alcantarillado sanitario.
- Diseñar la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Elaborar los planos y memoria técnica de la red y la planta de tratamiento.
- Determinar costos de la implementación de la infraestructura.

Metodología

Los datos poblacionales se obtendrán mediante información facilitada por el Municipio del Sígsig, más la realización de encuestas directamente en las comunidades para obtener así datos socio-económicos y de densidad poblacional.

Se realizará el análisis de muestras de agua y suelo tomadas en la zona para identificar sus características mediante ensayos en laboratorio.

Con la topografía brindada por el GAD Municipal del Sígsig, se efectuará el diseño de las redes de alcantarillado y se ubicará el lugar más conveniente para la implantación de la planta de tratamiento, basando los diseños principalmente en la NORMA CO 10.7-602 “NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE

ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL”.

CAPÍTULO 1

BASES DEL DISEÑO

1.1 Descripción general del lugar

1.1.1 Ubicación geográfica

Las comunidades de Ganillacta, La Unión y Chizicay son comunidades rurales pertenecientes a la parroquia de Jima ubicada en el Austro del país, Cantón Sísig de la provincia del Azuay. Según la Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES, 2013), Jima se encuentra a una cota de 2578 m.s.n.m en su parte más baja ubicada en las riberas del río Bolo Pamar y a 3652 m.s.n.m en su parte más alta en los páramos.



Figura 1.1.1 Distribución espacial de las comunidades en Jima

Fuente: (SÍGSIG, PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL, 2015)



Figura 1.1.1.2 Ortofoto de las comunidades en Jima

Fuente: (SÍGSIG, PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL, 2015)

Tabla 1.1.1 Ubicación por coordenadas geográficas de las comunidades consideradas de la parroquia Jima.

Lugar	Norte	Este
Ganillacta	728359	9646740
La Unión	728340	9646845
Chizicay	728956	9647596

Fuente: (SÍGSIG, PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL, 2015)

1.1.2 Vías de acceso

Se puede ingresar a las comunidades por tres rutas:

- Desde la carretera Panamericana E35 con dirección (Cuenca-Cumbe-Nabón) o en sentido contrario (Nabón-Cumbe-Cuenca), se toma el desvío a Jima y se sigue por la carretera aproximadamente 15.5 kilómetros hasta llegar a las comunidades.

- Desde el Sígsig, se toma la vía hacia Guabisay aproximadamente 45 kilómetros y se ingresa a las comunidades por la parroquia Jima.

1.1.3 Clima

En la parroquia de Jima se identifican dos tipos de climas: El clima ecuatorial mesotérmico semi-húmedo que abarca la mayor parte del territorio y en un área muy pequeña el clima ecuatorial de alta montaña. (SÍGSIG, PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL, 2014)



Figura 1.1.3 Climatología de la parroquia Jima

Fuente: (ODEPLAN, 2002)

1.1.4 Temperatura

Según datos de la Oficina de Planificación de la Presidencia de la República, (ODEPLAN, 2002), se ubica tres rangos de temperatura en el mapa de isotermas; de 12 a 14°C en la parte norte, de 10 a 12°C en la mayor parte del territorio y de 8 a 10°C al sur.

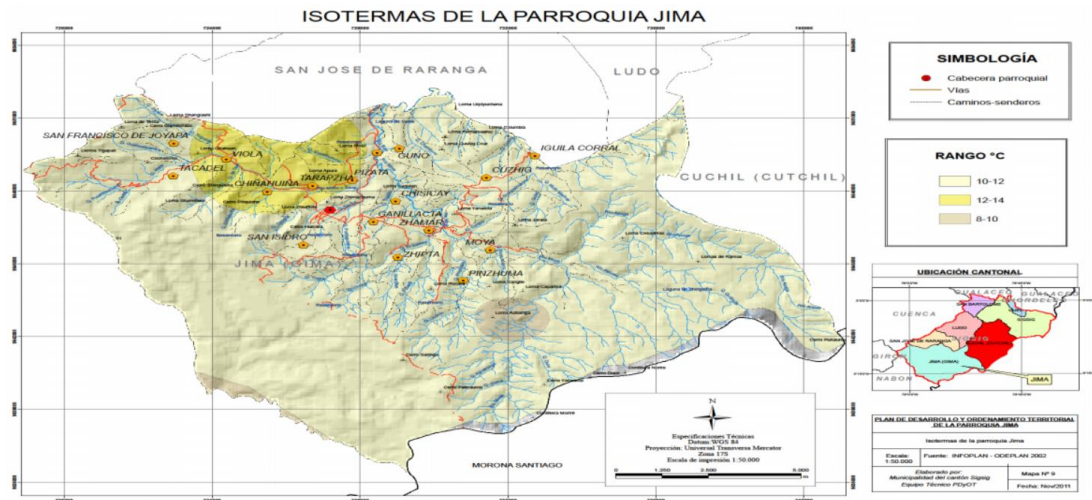


Figura 1.1.4 Isotermas de la parroquia Jima

Fuente: (ODEPLAN, 2002)

1.1.5 Aspectos socio-económicos

Para evaluar los aspectos socio-económicos actuales de las comunidades se realizó encuestas a toda la población, con el fin de obtener información que pueda describir su situación actual. En el [ANEXO 1](#), se puede ver el modelo de ficha empleada y las fichas levantadas. A continuación se presenta la información obtenida.

1.1.5.1 Descripción general de las comunidades

En las tres comunidades estudiadas habitan 107 familias con un total de 428 personas, siendo adultos la mayor parte de su población. El nivel de instrucción del jefe de hogar en su mayoría es educación primaria con un 69% del total de las personas, 12% con estudios secundarios, 1% con estudios superiores y 18% sin ningún tipo de instrucción.

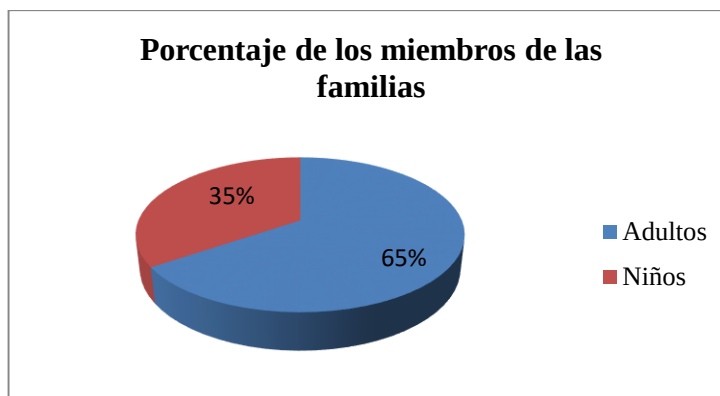


Figura 1.1.5 Porcentaje de adultos y niños en las comunidades de Ganillacta, La Unión y Chizicay

Fuente: Datos propios obtenidos a través de encuestas.

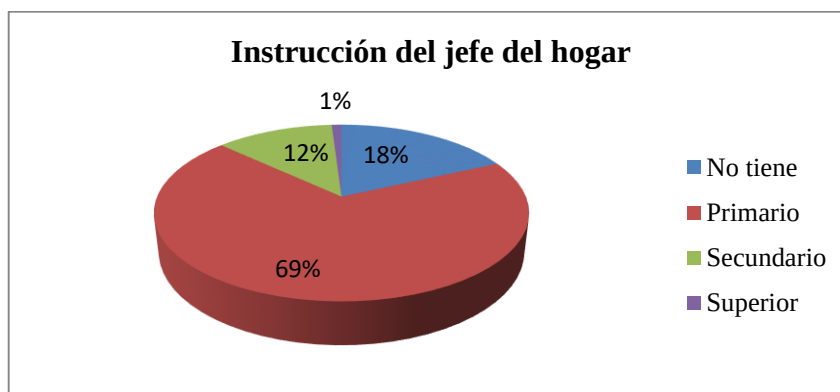


Figura 1.1.6 Instrucción del jefe de hogar.

Fuente: Datos propios obtenidos a través de encuestas.

El mayor porcentaje de trabajos se consideran como ocasionales, ya que se basa en la agricultura, ganadería y construcción, y solo el 27% tiene un trabajo permanente como empleado de alguna empresa, institución o posee algún negocio propio.

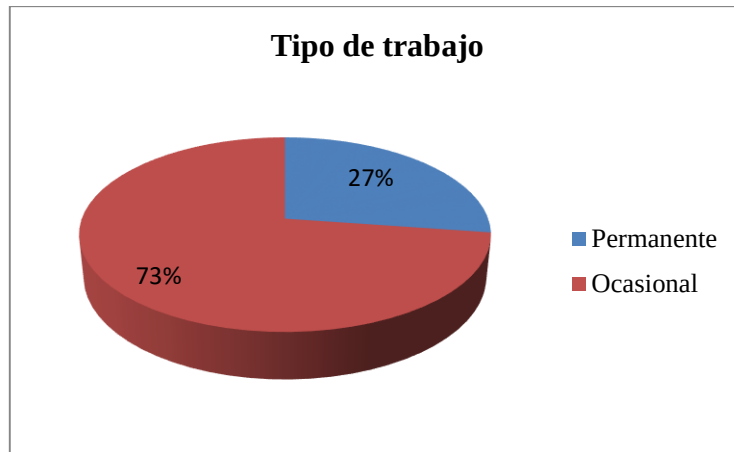


Figura 1.1.7 Tipo de trabajo de los habitantes.

Fuente: Datos propios obtenidos a través de encuestas.

Existen solo dos tipos de edificaciones en las comunidades: de una planta y de dos plantas. Las edificaciones de una sola planta abarcan el 70% del total de las viviendas mientras que apenas un 30% corresponden a viviendas de dos plantas.

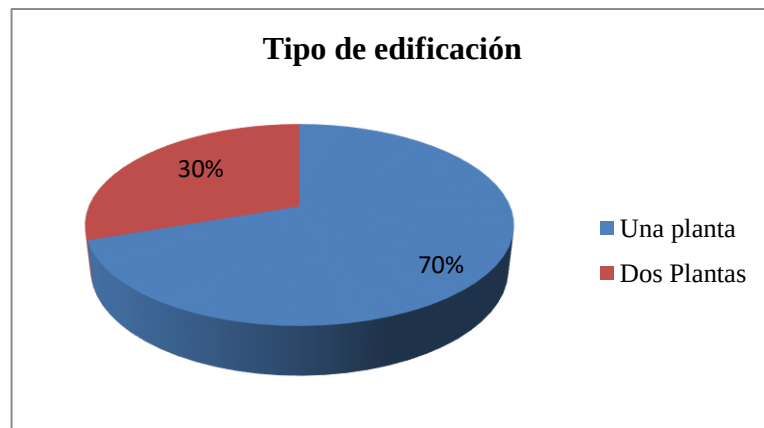


Figura 1.1.8 Tipos de edificación en las comunidades.

Fuente: Datos propios obtenidos a través de encuestas.

Las edificaciones en su mayoría son de uso residencial, 5% son utilizadas para uso comercial, 1% recreacional y 1% de uso combinado, considerando como combinado a edificaciones de uso residencial con algún tipo de negocio.

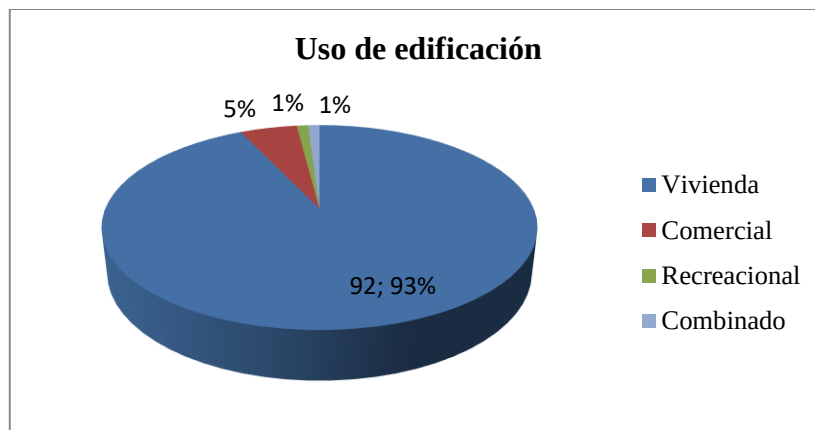


Figura 1.1.9 Uso de las edificaciones en las comunidades.

Fuente: Datos propios obtenidos a través de encuestas.

Las viviendas casi en su totalidad son de tenencia propia a excepción de dos viviendas que pertenecen a arrendatarios.

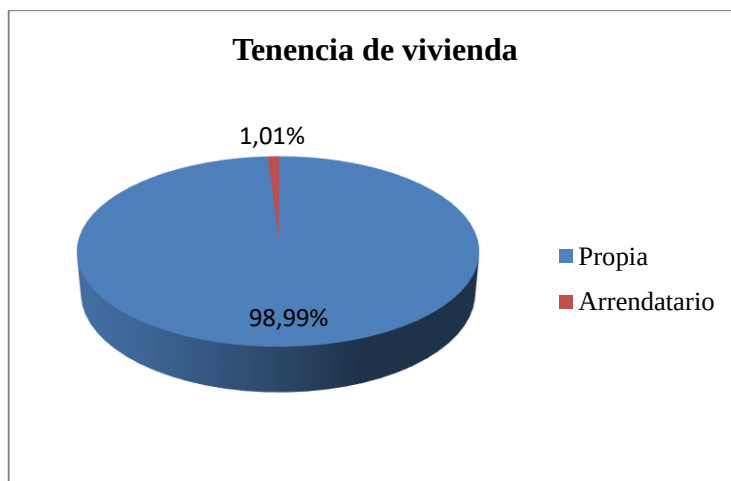


Figura 1.1.10 Tenencia de vivienda en las comunidades.

Fuente: Datos propios obtenidos a través de encuestas.

El acceso a las comunidades y las viviendas es a través de calles lastradas y de tierra que no poseen ningún sistema de evacuación de aguas lluvias.

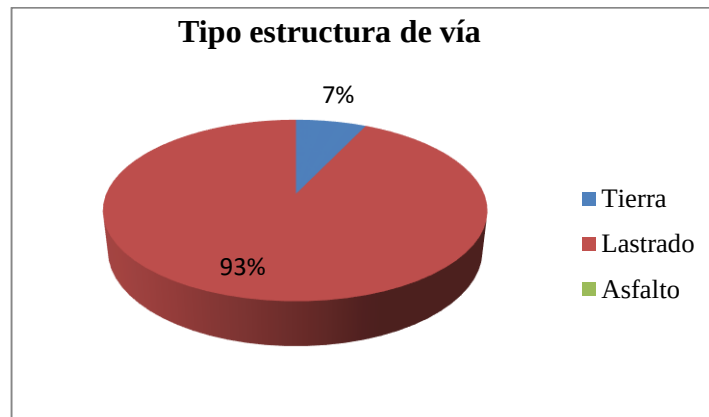


Figura 1.1.11 Tipo de estructura de las vía existentes en las comunidades.

Fuente: Datos propios obtenidos a través de encuestas.

1.1.5.2 Agricultura y ganadería

La dinámica económica se basa en el sector agropecuario y en la agricultura.

El 60% de las familias de la parroquia de Jima orientan su actividad ganadera a la producción de leche; un 24% tienen una producción mixta, es decir orientan su actividad para la producción de leche y carne.

Con respecto a la producción de leche, el 7,52% se destina al consumo, el 41.56% se procesa dentro de la unidad de producción agropecuaria¹ y el 50.92% se destina a la venta. El tipo de ordeño utilizado es 100% manual. (SÍGSIG, PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL, 2015)

1.1.6 Estado sanitario actual

Las comunidades de Ganillacta, Unión y Chizicay cuentan con un sistema de abastecimiento de agua entubada obtenida de un reservorio. Los usuarios del sistema comentaron sus quejas por la mala calidad del agua; mencionando que en ciertas épocas el agua llega en un tono amarillento o con suciedad por lo que tienen que hervir el agua para poder consumirla.

¹ Unidad de producción agropecuaria: Extensión de tierra de 500 m² o más, dedicada total o parcialmente a la producción agropecuaria, considerada como una unidad económica.

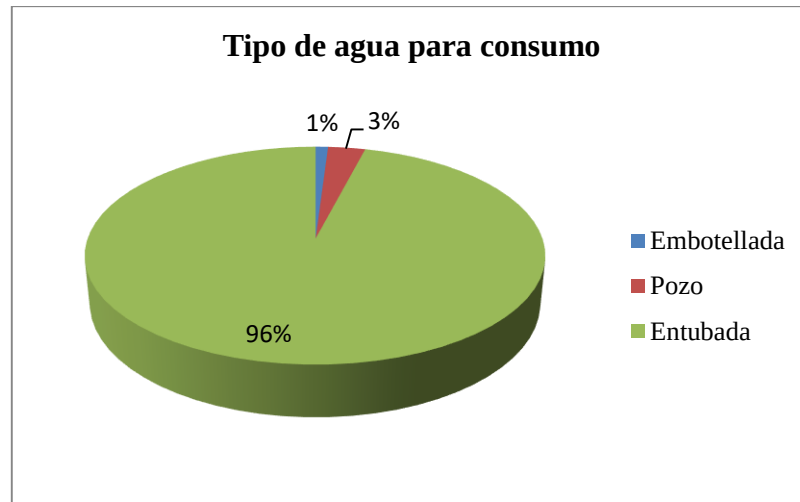


Figura 1.1.12 Tipos de agua para consumo.

Fuente: Datos propios obtenidos a través de encuestas.

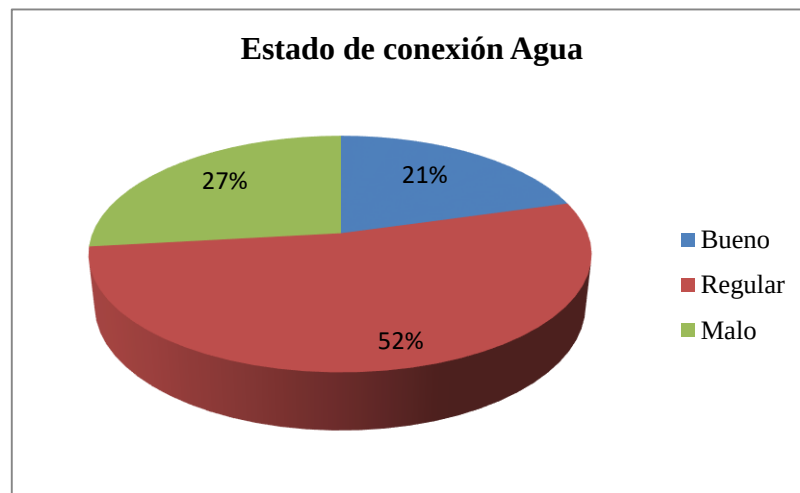


Figura 1.1.13 Estado de conexión² de abastecimiento de agua.

Fuente: Datos propios obtenidos a través de encuestas.

En la mayoría de los casos el agua que llega a las viviendas dota de servicio a toda la casa mediante instalaciones sanitarias internas que se empatan con las tuberías de agua entubada, mientras que en un porcentaje menor el agua entubada llega a una sola conexión en la parte externa de la vivienda y necesita ser llevada mediante baldes u ollas para su uso dentro de la vivienda.

² Estado de conexión: Hace referencia a la cantidad de agua que llega a las instalaciones sanitarias de las viviendas

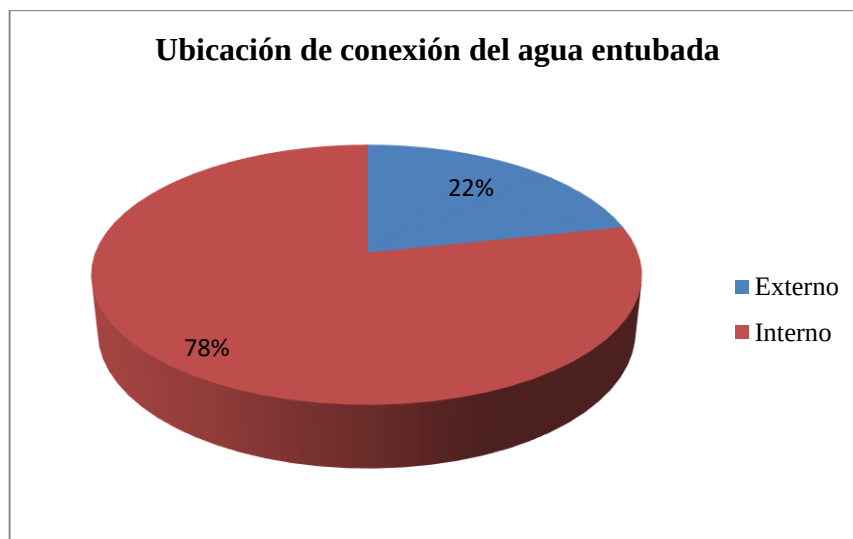


Figura 1.1.14 Ubicación de conexiones de agua entubada en las viviendas.

Fuente: Datos propios obtenidos a través de encuestas.

Las comunidades no cuentan con un sistema de alcantarillado para la evacuación de sus aguas servidas y casi en su totalidad las evacúan a pozos sépticos construidos en las afueras de su vivienda y en algunos casos lo hacen directamente a quebradas o al río.



Figura 1.1.15 Toma de muestras de agua residual en las comunidades.

Fuente: Elaboración propia.

Los pozos sépticos construidos no poseen ningún tipo de mantenimiento, motivo por el cual tienen que volver a construir otro cada vez que colapsan. En muchas veces el agua servida se rebosa sobre los huertos y el pasto.



Figura 1.1.16 Construcción de nuevos pozos sépticos.

Fuente: Elaboración propia.

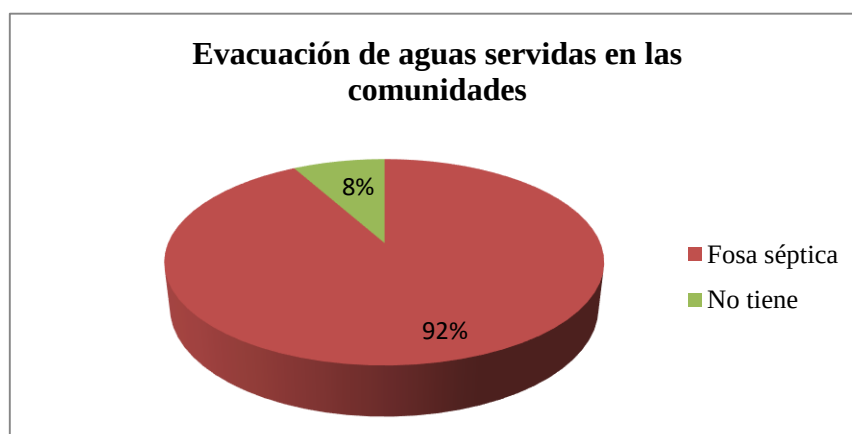


Figura 1.1.17 Lugar de disposición de aguas servidas de las viviendas en las comunidades.

Fuente: Datos propios obtenidos a través de encuestas.

El servicio de recolección de basura no abarca a todos los sectores de las comunidades; dependiendo de la ubicación de sus domicilios, se realiza la recolección cada 15 días mientras que algunas personas realizan la quema de sus desperdicios en sus terrenos.

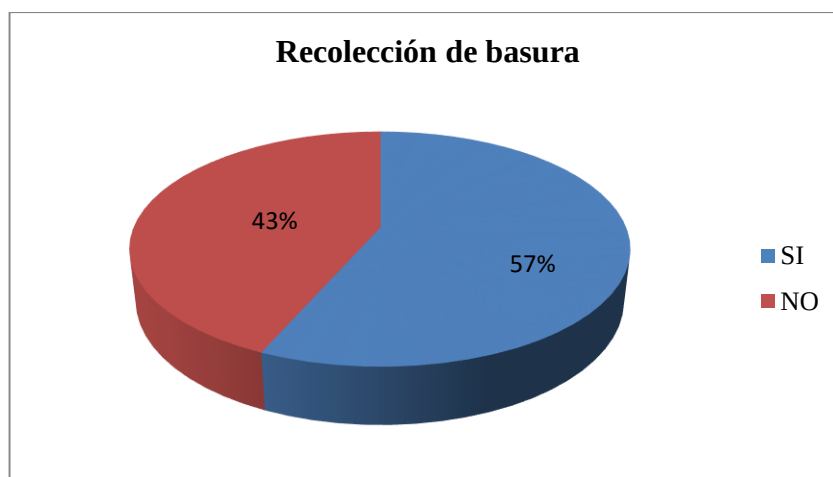


Figura 1.1.18: Servicio de recolección de basura.

Fuente: Datos propios obtenidos a través de encuestas.

Todas las comunidades cuentan con el servicio de energía eléctrica en su totalidad.

1.1.7 Salud

En la parroquia de Jima existen dos unidades de salud, la una ubicada en el centro parroquial que pertenece al Ministerio de Salud Pública y la otra en la comunidad de Zhamar que pertenece al Seguro Social Campesino. Los principales servicios que allí se presentan son: atención médica y odontológica, medicina preventiva, vacunación, ginecología y realización de exámenes. (SÍGSIG, PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL, 2015)

Las enfermedades más comunes son: problemas de próstata, enfermedades respiratorias, enfermedades gastrointestinales, parasitosis, desnutrición, osteoporosis y alergias. Varias de las enfermedades se derivan principalmente a causa del consumo directo de agua no tratada, desencadenando diarreas y otros síntomas a ser tratados. (SÍGSIG, PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL, 2015)

La Figura 1.1.19 indica el nivel de cobertura de salud de la parroquia Jima, dentro de los cuales las comunidades de Ganillacta, La Unión y Chizicay se encuentran dentro de los niveles de cobertura alta.

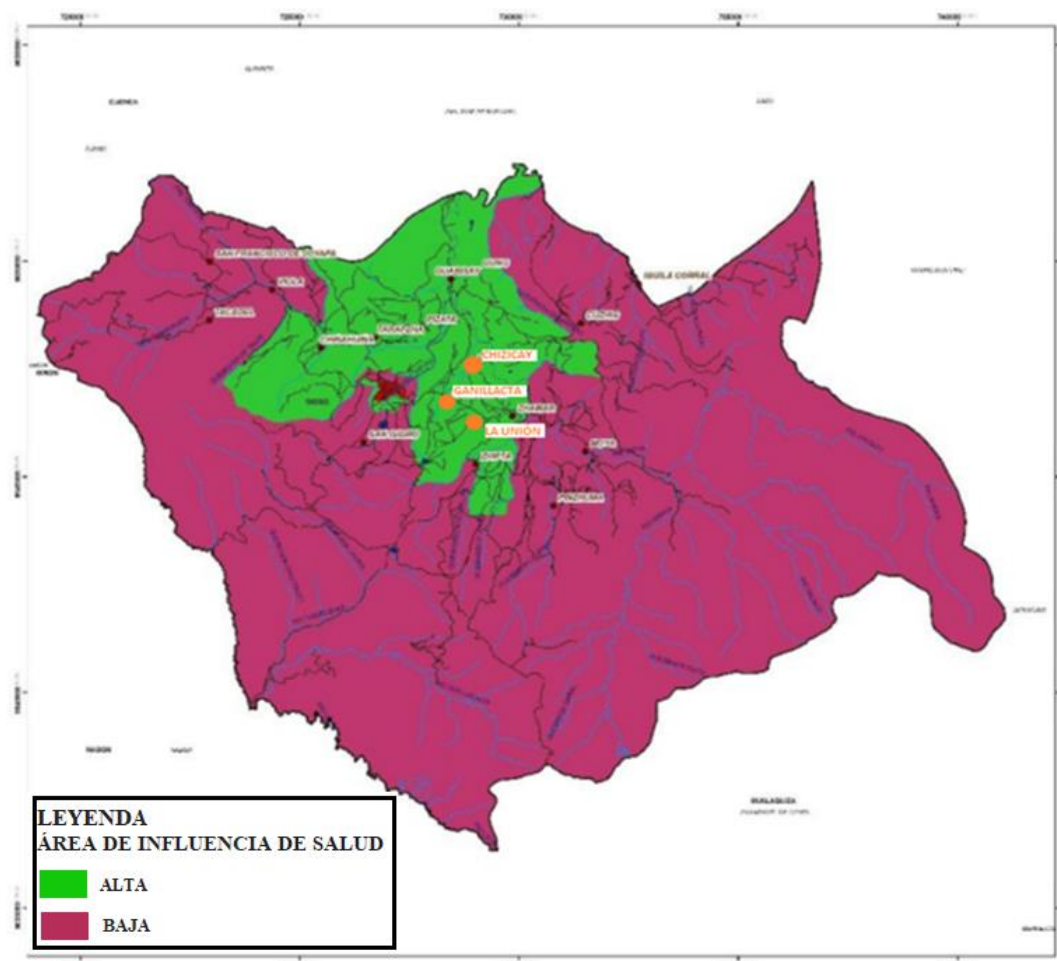


Figura 1.1.19 Nivel de cobertura de servicio en la parroquia Jima.

Fuente: (IEE, 2013)

1.2 Caracterización económica en Jima

En el periodo de 1990-2001 se registró que en la parroquia Jima 9 de cada 10 hogares tenían necesidades básicas insatisfechas (NBI) lo cual en la actualidad a registrado una mejora, ya que en el último censo este indicador de pobreza tuvo una disminución a 7 de cada 10 hogares con problemas por NBI, considerando que el porcentaje de pobreza en parroquias rurales por NBI en el país es 83.39%, Jima se encuentra con un porcentaje menor de pobreza. (SÍGSIG, 2014)

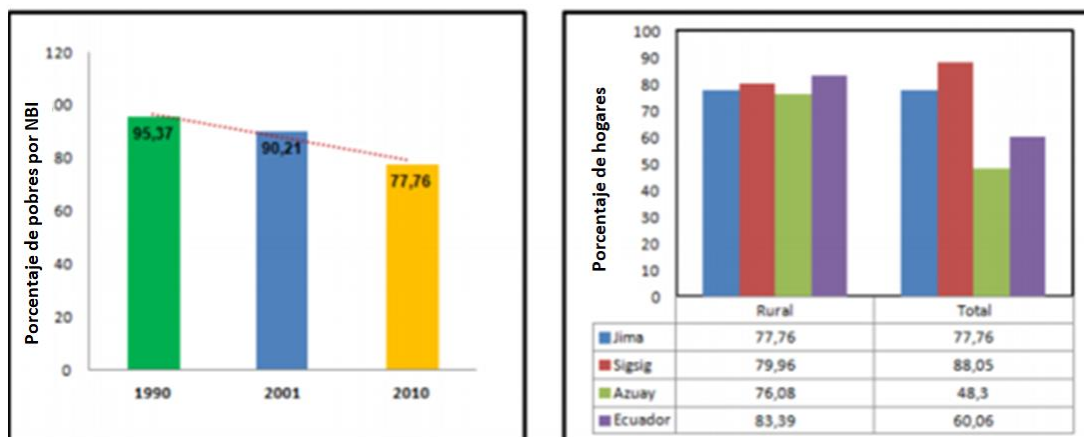


Figura 1.1.20 Porcentaje de pobreza por necesidades básicas insatisfechas (NBI)

Fuente: (SÍGSIG, 2014)

A pesar de que la tasa de pobreza por NBI en la comunidad de Jima sea alta, se registra un incremento importante con respecto a la población económicamente activa (PEA), lo que quiere decir que ha mejorado la oferta laboral en el sector ya que el 46% de la población total es considerada como PEA.

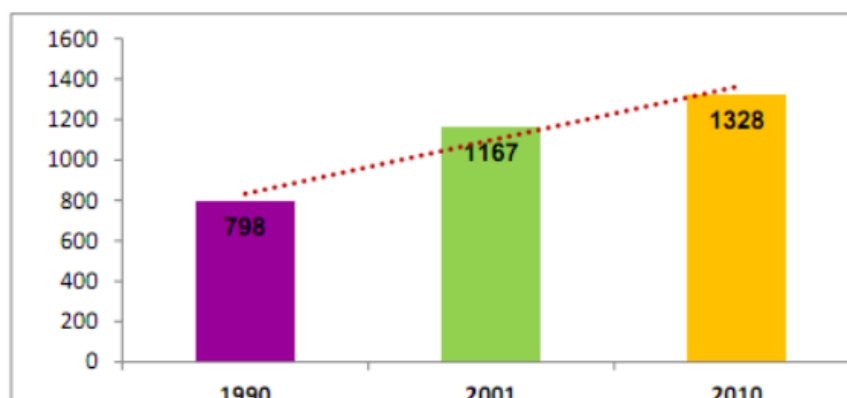


Figura 1.1.21 Aumento de población económicamente activa (PEA) en el periodo 1990, 2001, 2010.

Fuente: (SNI, 2010) y (SENPLADES, 2013)

De acuerdo al Censo de 2010 en Jima se registraron 1320 personas ocupadas, es decir aproximadamente el 99% de la PEA, lo que quiere decir que prácticamente no existen personas desocupadas o desempleadas. Si bien no todos poseen un trabajo fijo, gran parte de las personas se dedican a diversas actividades familiares como trabajos agropecuarios, producción de leche, derivados animales y vegetales. Aproximadamente el 39% de las familias considera que la agricultura es su principal

fuente de ingresos y de esta manera también garantizan generar alimentos para su autoconsumo.

1.3 Principales sectores económicos en Jima

Sectores Económicos	Hombres	%	Mujeres	%	Total	%
SECTOR PRIMARIO	392	30,6	501	39,11	893	69,71
SECTOR SECUNDARIO	47	3,67	17	1,33	64	5
SECTOR TERCIARIO	193	15,07	131	10,23	324	25,29
TOTAL	632	49,34	649	50,67	1281	100

Figura 1.1.22 Población económicamente activa en Jima (PEA) por sector económico y sexo, 2010.

Fuente: (SÍGSIG, 2014)

1.3.1 Sector primario

Constituido por actividades agropecuarias tales como: ganadería, cría de animales y sembríos.

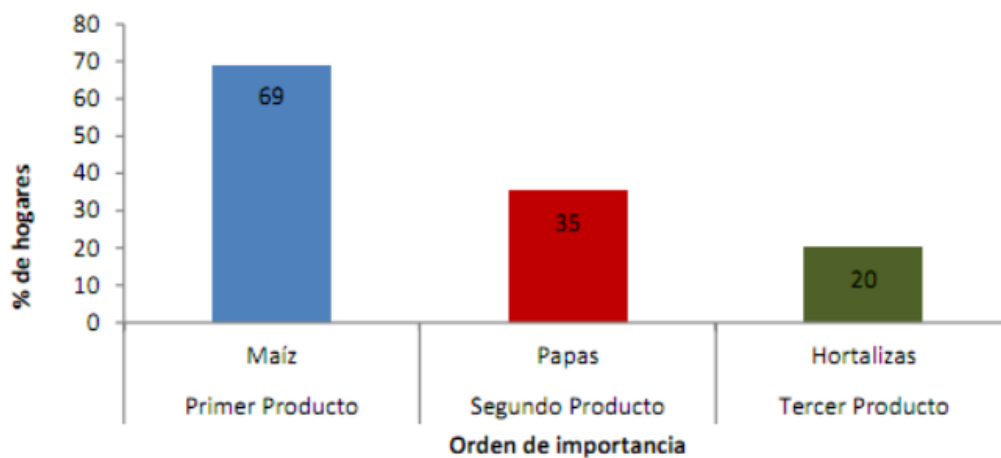


Figura 1.1.23 Principales productos agrícolas.

Fuente: (SÍGSIG, 2014)

1.3.2 Sector secundario

Manufactura, procesamiento de productos en fincas como el quesillo y queso, producción de muebles, elaboración de ladrillos y artesanías.

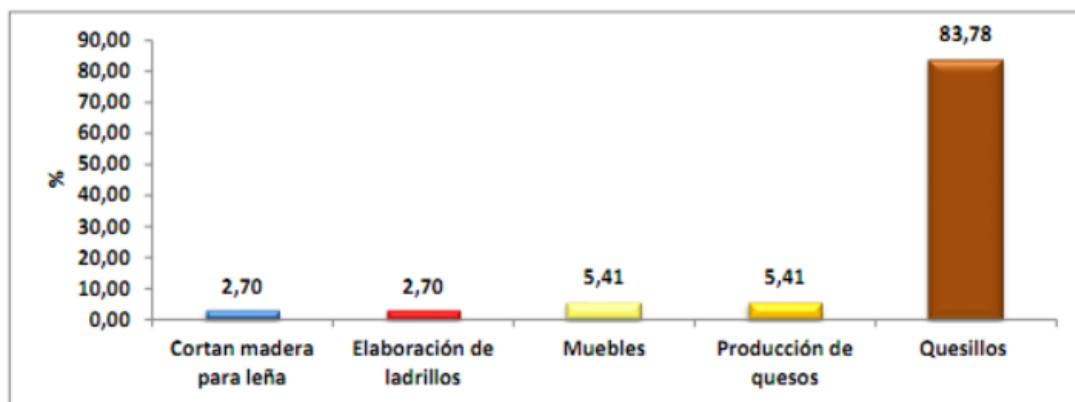


Figura 1.1.24 Procesamiento de productos en finca.

Fuente: (SÍGSIG, 2014)

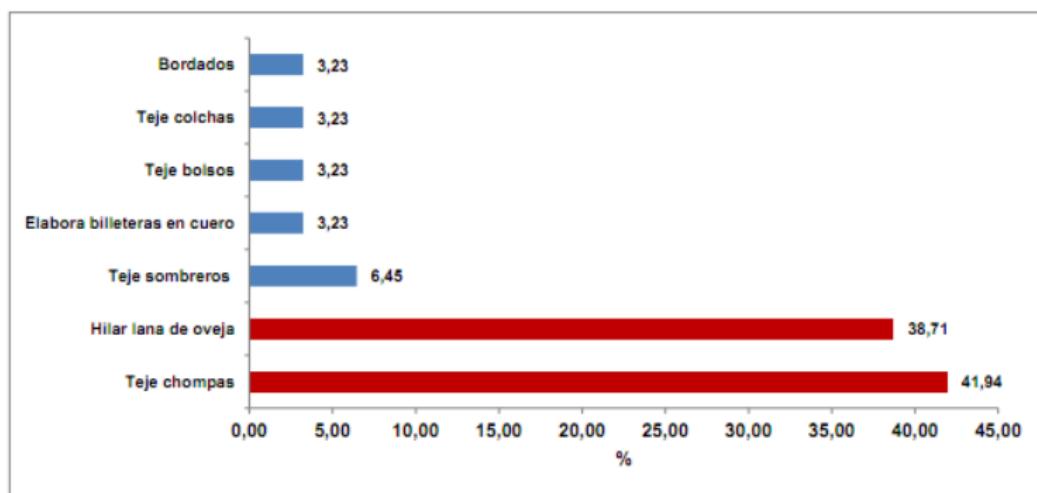


Figura 1.1.25 Producción artesanal.

Fuente: (SÍGSIG, 2014)

1.3.3 Sector terciario

Actividades como comercio al por mayor y menor, transporte, alojamiento y alimentación.

CAPÍTULO 2

DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO

2.1 Generalidades

2.1.1 Topografía

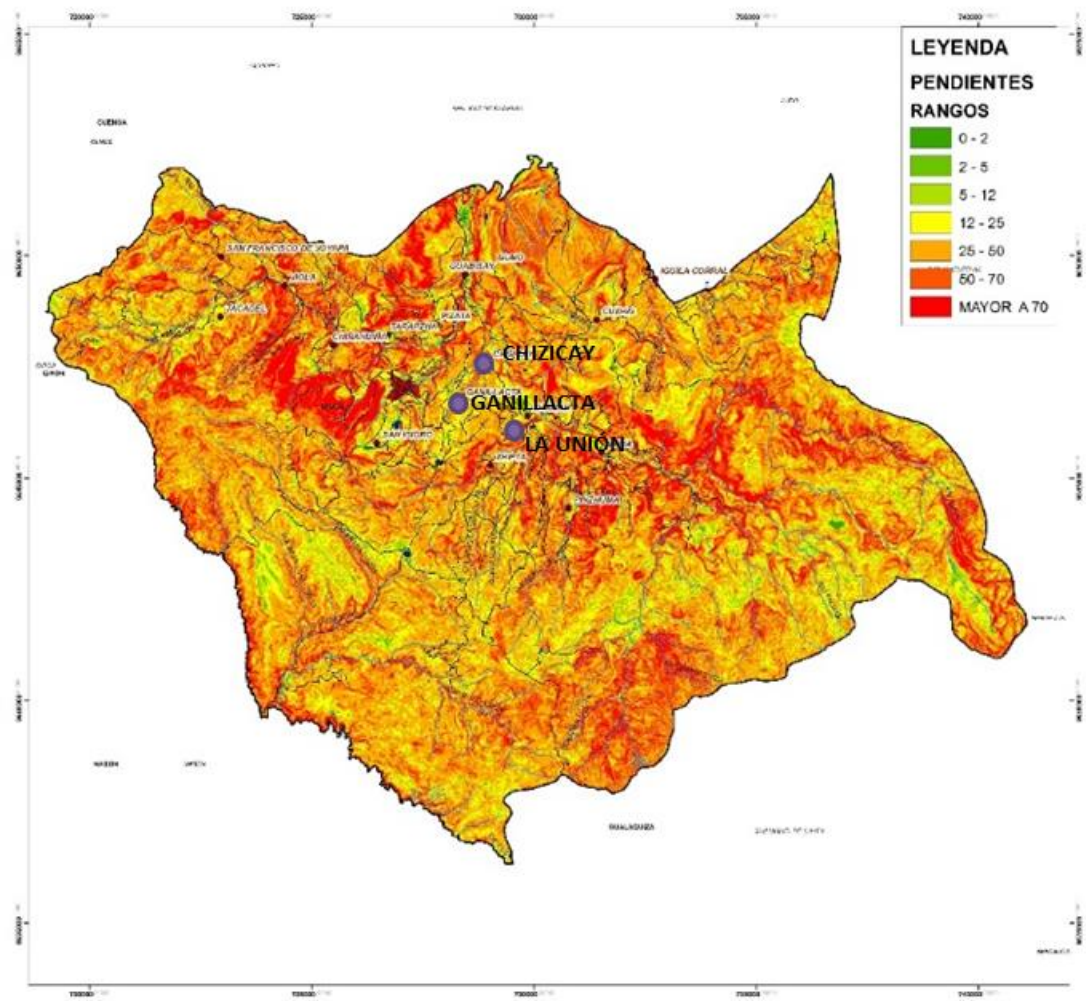


Figura 2.1.1 Rango de pendientes en Jima

Fuente: (GEOLIDERAR S.A, 2011)

Tabla 2.1.1 Tipo de pendientes expresadas en porcentaje y hectáreas en Jima

Pendientes	ha	Tipo	%
0-12 %	5582,05	Planicie-ondulado	29
12-25 %	2318,31	Inclinado	12
25-50 %	8208,99	Escarpado	43
50-70 %	2117,65	Muy escarpado	11
>70%	995,40	Precipicio	5
TOTAL	19222,40		100

Fuente: (SENPLADES, 2013) (CGPaute, 2007)

Como se puede apreciar en la Figura 2.1.1 y en la Tabla 2.1.1, el rango de pendientes que prevalece en las comunidades de la parroquia Jima oscila entre el 25% al 50%, equivalente a terrenos con pendientes del tipo escarpado.

2.2 Bases del diseño

En el dimensionamiento del sistema de alcantarillado del presente proyecto, se adoptó normativas técnicas correspondientes a la NORMA 10.7-602 NORMAS DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL.

2.2.1 Periodo de diseño

Tiempo en el cual el sistema de alcantarillado a diseñar deberá funcionar en condiciones óptimas sin necesidad de modificaciones, manteniendo su vida útil en todos sus elementos y trabajando de manera eficiente.

Tabla 2.1.2 Periodos de diseño para diversas densidades poblacionales.

Periodos de diseño		
Elementos	Población menor a 20000 habitantes	Población mayor a 20000 habitantes
Interceptores y emisarios	20 años	30 años
Planta de tratamiento	15-20años	20-30años
Estaciones de bombeo	20 años	30 años
Coletores	20 años	30 años

Fuente: (R.A.S, 2000)

Basándonos en la tabla anterior, se realizará el proyecto con un periodo de diseño de 20 años.

2.2.2 Población de diseño

Se definió el tamaño de la población mediante el recorrido a las zonas de estudio, realizando encuestas en cada vivienda perteneciente a las comunidades para obtener con una mayor precisión el número de personas que habitan dentro del área del proyecto.

Para la realización del proyecto se utilizará un valor de población proyectado a futuro para el periodo de diseño considerado, esta población se denomina población futura.

2.2.3 Población futura

Se entiende como el número de habitantes que se espera obtener a futuro en el periodo de diseño considerado.

Para determinar la población futura se consideraran los siguientes datos:

2.2.3.1 Población inicial

Número de habitantes que existen actualmente en las comunidades.

2.2.3.2 Tasa de crecimiento

Tasa que expresa el incremento o decremento de la población en un periodo definido.

En nuestro estudio, las comunidades presentan un -1.24% de decremento poblacional.

Si el índice de crecimiento es negativo se deberá adoptar como mínimo un índice de crecimiento del 1%. (CPE INEN 5 Parte 9, 2010)

Tabla 2.1.3 Tasa de crecimiento poblacional en Jima

Código	Nombre de parroquia	Tasa de crecimiento anual 2001-2010		
		Hombre	Mujer	Total
	Nacional	1.96%	1.93%	1.95%
10950	SÍGSIG	1.22%	1.13%	1.17%
10951	CUCHIL	0.52%	0.75%	0.65%
10952	JIMA	-1.34%	-1.16%	-1.24%
10953	GUEL	0.82%	0.60%	0.69%
10954	LUDO	0.98%	1.10%	1.04%
10955	SAN BARTOLOME	1.91%	2.34%	2.15%

Fuente: (I.N.E.C, 2010)

Tabla 2.1.4 Tasa de crecimiento poblacional por región

Tasa de crecimiento (r)	
Región geográfico	r (%)
Sierra	1
Costa, Oriente, Galápagos	1,5

Fuente: (NORMA- CO 10.7-602, 2010)

2.3 Áreas de aportación

Para determinar las áreas de aportación nos guiaremos en la topografía y en el trazado de la red de alcantarillado, realizando divisiones de la superficie que se

incluirán dentro del proyecto, obteniendo así el aporte de cada área hacia la matriz de alcantarillado sanitario.

Para la determinación del área bruta trazamos diagonales o bisectrices sobre las manzanas de la población.

2.4 Dotación

La dotación de agua es la cantidad de agua que se asigna a cada persona por día para satisfacer todas sus necesidades y debe ser abastecida por un suministro público.

Tabla 2.1.5 Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.

NIVEL	SISTEMA	DESCRIPCIÓN
0	AP DE	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económicas del usuario.
Ia	AP DE	Grifos públicos. Letrinas sin arrastre de agua
Ib	AP DE	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño. Letrinas con o sin arrastre de agua.
Ila	AP DE	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa Letrinas con o sin arrastre de agua
Ilb	AP DRL	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa. Sistema al alcantarillo sanitario.
Simbología utilizada: AP: agua potable DE: disposiciones de excretas DRL: disposición de residuos líquidos.		

Fuente: (NORMA- CO 10.7-602, 2010)

Tabla 2.1.6 Dotación de agua para diferentes niveles de servicio.

NIVEL DE SERVICIO	CLIMA FRÍO (L/hab*día)	CLIMA CÁLIDO (l/hab*día)
Ia	25	30
Ib	50	65
IIa	60	85
IIb	75	100

Fuente: (NORMA- CO 10.7-602, 2010)

Las comunidades tienen un clima frío, sus viviendas poseen una fosa séptica y sus instalaciones sanitarias internas cuentan con más de un grifo. Con estas condiciones basándonos en las tablas anteriores podemos determinar un nivel de servicio IIb, por lo tanto el valor de dotación a escoger es de 75 lt/hab*día.

2.5 Método de cálculo

De acuerdo a la NORMA 10.7-602 NORMAS DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL, la población futura de diseño se resolverá mediante el método geométrico.

2.5.1 Cálculo de la población futura mediante el método geométrico

$$Pf = Pa * (1 + r)^n \quad (1)$$

Dónde:

Pf: Población futura (hab).

Pa: Población actual (hab).

r: Tasa de crecimiento poblacional. (%)

n: Periodo de diseño. (Años)

Para el cálculo de la población actual utilizamos la siguiente ecuación:

$$Pa = N * Ph \quad (2)$$

Dónde:

Pa: Población actual (hab).

N= Número de casas actual.

Ph= Promedio de personas por hogar (hab).

Tabla 2.1.7 Promedio de personas por hogar según parroquias.

Código	Nombre de la Parroquia	Total de personas	Total de hogares	Promedio de personas por hogar
10950	SÍGSIG	11.111	3.005	3,7
10951	CUCHIL	1.688	500	3,38
10952	JIMA	2.886	798	3,62
10953	GUEL	1.348	417	3,23
10954	LUDO	3.365	825	4,08

Fuente: (I.N.E.C, 2010)

En nuestro caso tomaremos el valor de 428 personas que fueron censadas mediante recorridos a las comunidades realizando encuestas casa por casa.

$$Pa = 428$$

El valor de tasa de crecimiento poblacional considerado es del 1%, ya que anteriormente se mencionó, que por normativa así exista decremento poblacional se debe considerar un incremento mínimo de ese valor.

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

$$Pf = 428 * \left(1 + \frac{1}{100}\right)^{20}$$

$$Pf = 522 \text{ hab.}$$

2.6 Caudales de diseño

El caudal de diseño es igual a la sumatoria de caudales entre:

- Caudal de aguas residuales.
- Caudal de aguas ilícitas.
- Caudal de aguas por infiltración.

$$Qd = Qsan + Qil + Qinf \quad (3)$$

Dónde:

Qd = Caudal de diseño (lts/seg).

$Qsan$ = Caudal sanitario o de aguas residuales domésticas (lts/seg).

Qil = Caudal de aguas ilícitas (lts/seg).

$Qinf$ = Caudal de infiltración (lts/seg).

2.6.1 Caudal de aguas residuales

Formado principalmente por aguas residuales de uso doméstico. Contienen materia orgánica, fecal, orina entre otros.

Para obtener el caudal de aguas residuales domésticas utilizamos la siguiente expresión:

$$Qsan = \left(\frac{Pf * Dot}{86400} \right) * M * f \quad (4)$$

Dónde:

Pf = Población. (hab)

Dot = Dotación. (lt/hab*día)

M = Factor de mayoración.

f = Coeficiente de retorno.

2.6.1.1 Factor de mayoración

Considerado para obtener un margen de seguridad al momento de realizar el diseño, debido a la variabilidad de aportaciones por cargas domiciliarias durante el año y el día.

Para obtener el factor de mayoración utilizamos la expresión de Harmon:

$$M = \frac{18 + \sqrt{\frac{Pob}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{Pob}{1000}}} \quad (5)$$

2.6.1.2 Coeficiente de retorno

Porcentaje de agua que existe entre el agua de consumo de la población y el agua residual devuelta al alcantarillado. No toda el agua consumida es devuelta al alcantarillado ya que también es utilizada para otros fines como son riego, aseo doméstico y otros.

Para determinar el coeficiente de retorno también se debe considerar el nivel de complejidad del sistema, el cual se determina mediante:

- Número de habitantes.
- Capacidad económica de los habitantes.
- Exigencia técnica en el proyecto.

Tabla 2.1.8 Nivel de complejidad del sistema.

Nivel de complejidad	Población en la zona (Habitantes)	Capacidad económica de usuarios
Bajo	<2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 6000	Media
Alto	>6000	Alta

Fuente: (R.A.S, 2000)

Al proyectar la población futura en las comunidades determinamos un número menor a 2500 habitantes, su situación económica podría definirse como baja lo cual fue determinado mediante visitas a las comunidades y encuestas realizadas. Con esta información el nivel de complejidad a asignar para nuestro estudio es el nivel de complejidad bajo.

Una vez asignado el nivel de complejidad procedemos a definir el coeficiente de retorno.

Tabla 2.1.9 Coeficiente de retorno de aguas residuales domésticas.

Nivel de complejidad del sistema	Coeficiente de retorno
Bajo y Medio	0.7 - 0.8
Medio Alto y Alto	0.8 - 0.85

Fuente: (R.A.S, 2000)

Se tomará un valor de $f=0.8$ para el coeficiente de retorno a considerar en nuestro estudio.

2.6.2 Caudal de aguas ilícitas o conexiones erróneas

Agua que ingresa al alcantarillado mediante conexiones indebidas.

$$Q_{il} = \frac{P_f * D}{86400} \quad (6)$$

Dónde:

D= Dotación. (lt/hab*día)

Pf= Población futura de diseño. (hab)

2.6.3 Caudal de aguas por infiltración

Caudal que ingresa al alcantarillado debido a agua subterránea, principalmente del nivel freático del terreno, que se infiltra a través de las juntas o pequeñas fisuras en la tubería.

Según las especificaciones técnicas para la construcción de redes de alcantarillado grupo 2, (ETAPA.EP, 2012) se considera dos valores de caudales de infiltración:

- Para tuberías ubicadas sobre el nivel freático:

$$Q_{inf} = 0.1 \frac{lbs}{seg} * Km \quad (7)$$

- Para tuberías ubicadas bajo el nivel freático:

$$Q_{inf} = 0.2 \frac{lbs}{seg} * Km \quad (8)$$

2.7 Consideraciones en el diseño

2.7.1 Diámetros mínimos

- Colectores de alcantarillado sanitario: 200mm.
- Conexiones domiciliarias para sistemas sanitarios: 100mm.

(NORMA- CO 10.7-602, 2010)

2.7.2 Pendientes mínimas

En todas las tuberías debe considerarse una pendiente mínima de diseño, ya que esta a su vez generará una velocidad mínima en los caudales. En lo posible es recomendable que las tuberías sigan la pendiente natural del terreno.

- Pendiente mínima para tuberías de hormigón: 1%
- Pendiente mínima para tuberías de PVC: 0.5%

(NORMA- CO 10.7-602, 2010)

2.7.3 Velocidades máximas y mínimas

Para todas las tuberías se debe considerar una velocidad mínima de los caudales, ya que al circular a una velocidad muy baja por tiempos prolongados los sólidos pueden sedimentarse en el fondo de la tubería.

Las siguientes velocidades se consideran para tuberías de pvc.

- Velocidad mínima: 0.45 m/s.
- Velocidad máxima = 4.5 m/s.

(I.N.E.N, 1992)

2.7.4 Profundidad mínima

Las cargas vivas tales como: automóviles, camiones pesados, etc. que transiten sobre la calzada pueden afectar seriamente a las tuberías ocasionando daños o roturas.

Al dar una profundidad adecuada, las cargas que actúan sobre ellas se disipan, lo que garantiza el funcionamiento adecuado de las tuberías manteniendo su integridad y también se garantiza que las conexiones domiciliarias empaten de manera adecuada al sistema de alcantarillado.

En áreas verdes o zonas peatonales la profundidad mínima puede reducirse a 0.75m a la cota de la clave. (López Cualla, 2004)

En caso de existir tuberías de agua potable, las tuberías sanitarias deben colocarse por debajo de estas a una distancia mínima vertical de 0.3m. y la distancia mínima horizontal libre entre ellas mayor o igual a 1.5m. (Báez, 2004)

2.7.5 Rugosidad

Es una característica de aspereza que se presenta en las paredes de las tuberías debido a los materiales que las constituyen, el acabado y tiempo de uso, las cuales provocan un efecto de retardo del flujo e influye en la capacidad de transporte de una sección.

Tabla 2.1.10 Valores de rugosidad.

Material	Coefficiente de rugosidad
Hormigón Simple:	
-Con uniones de mortero.	0,013
-Con uniones de neopreno para nivel freático alto.	0,013
-Asbesto cemento.	0,11
-Plástico.	0,11

Fuente: (I.N.E.N, 1992)

2.7.5 Materiales que componen los elementos del alcantarillado

Para el diseño del sistema de alcantarillado de las comunidades se utilizará tuberías de PVC para la red principal y conexiones domiciliarias por las siguientes consideraciones:

- Facilidad de instalación, ya que no requiere de accesorios complejos para su instalación.
- Tienen una larga vida útil de servicio.
- Gran resistencia a la corrosión.
- Su uso no causa un impacto negativo al medio ambiente.
- Bajo costo de instalación.

- Soportan presiones altas por periodos largos.
- Son sumamente ligeras en peso, lo que las hace más flexibles y manipulables.

2.8 Obras complementarias

2.8.1 Pozos de revisión

Son elementos de hormigón simple y en algunos casos de hormigón armado que permiten el acceso a la red de alcantarillado para revisiones y mantenimiento.

Se debe colocar pozos de revisión tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Colocar un pozo en cada cambio de pendiente.
- Colocar un pozo en cada cambio de dirección exceptuando en alcantarillas curvas.
- Colocar un pozo en las confluencias de los colectores.
- Colocar un pozo en el comienzo de toda tubería o colector.

(I.N.E.N, 1992)

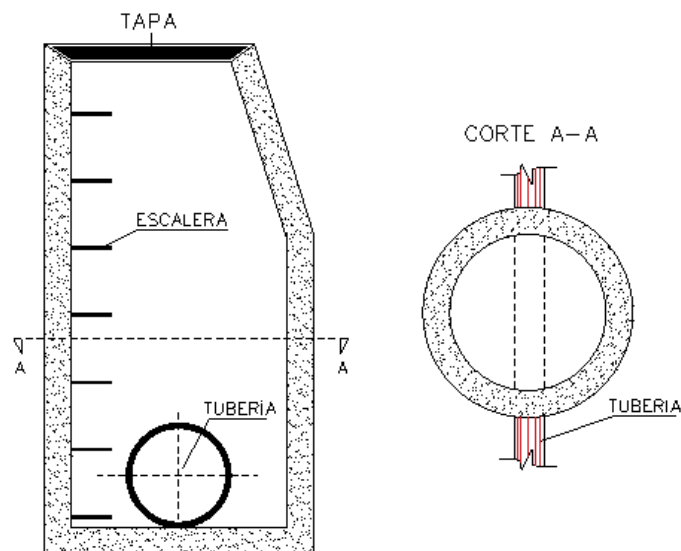


Figura 2.1.2 Esquema de pozo de revisión

Fuente: Elaboración propia.

2.8.1.1 Distancia entre pozos de revisión

- Para diámetros menores a 350mm se debe colocar pozos a una distancia máxima de 100m.

- Para diámetros comprendidos entre 400mm y 800mm se colocará un pozo a una distancia máxima de 150m.
- Para diámetros menores a 800mm se debe colocar pozos a una distancia máxima de 200m.

(I.N.E.N, 1992)

Tabla 2.1.11 Diámetros recomendados para pozo de revisión.

Diámetro de la Tubería (mm)	Diámetro del Pozo (m)
Menor o igual a 550	0,9
Mayor a 550	Especial

Fuente: (I.N.E.N, 1992)

2.8.2 Pozos de salto

Se utilizan pozos de salto cuando se presenta una altura mayor a 0.6m entre la tubería de llegada y la tubería de salida con la finalidad de evitar la erosión en las paredes. El diámetro máximo de la tubería de salto será de 300mm. (I.N.E.N, 1992)

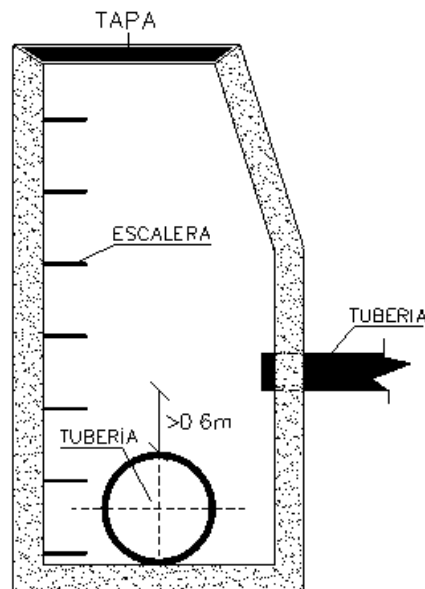


Figura 2.1.3 Esquema de pozo de salto

Fuente: Elaboración propia.

2.8.3 Conexiones domiciliarias

Son tuberías que transportan las aguas residuales de las casas hacia la red principal de alcantarillado sanitario.

La tubería principal que recoge todas las aguas residuales internas de los domicilios deben empatare hacia al exterior a una caja de revisión la cual posea un dispositivo que evite el paso de sólidos gruesos hacia la red principal.

La caja de revisión permitirá dar mantenimiento en caso de obstrucción desde el domicilio hacia la red principal. La sección mínima de la caja será de 0.6 x 0.6m. y el empate con la red principal se hará con un ángulo de 45°.

El diámetro mínimo a utilizar en conexiones domiciliarias será de 100mm con una pendiente mínima de 1%. (NORMA- CO 10.7-602, 2010)

2.9 Diseño de la red de alcantarillado

2.9.1 Descripción de la red

El sistema de alcantarillado de las comunidades de Ganillacta, Unión y Chizicay, recolectará solamente aguas servidas provenientes de las viviendas ya que mediante visitas se constató que no existen fábricas o algún tipo de industria que pudiese incluirse dentro del diseño.

Debido a la complejidad de la topografía en la zona, el diseño de la red será trazado cubriendo en lo posible la mayor parte de las viviendas y las zonas con mayor densidad; realizando el trazado por caminos existentes y principales quebradas hasta llegar al punto donde se realizará la planta de tratamiento.

2.9.2 Diseño hidráulico

2.9.2.1 Flujo en tuberías a sección llena

En un sistema de alcantarillado sanitario las aguas raramente fluyen a sección llena.

Caudal

Para el cálculo del caudal se utilizará la siguiente expresión:

$$Q = A * V \quad (9)$$

Dónde:

Q = Caudal de la tubería llena (m^3/s).

A = Área transversal (m^2).

V = Velocidad (m/seg).

Velocidad

La velocidad será definida por la ecuación de Manning.

$$V = \frac{1}{n} * Rh^{2/3} * S^{1/2} \quad (10)$$

Dónde:

V = Velocidad de flujo (m/s).

n = Coeficiente de rugosidad.

Rh = Radio hidráulico (m).

S = Pendiente de gradiente hidráulico (m/m).

Radio hidráulico

Utilizaremos la siguiente expresión para su cálculo:

$$Rh = \frac{D}{4} \quad (11)$$

Dónde:

Rh = Radio hidráulico (m).

D = Diámetro de las tuberías (m).

2.9.2.2 Flujo en alcantarillas parcialmente llenas

A menudo las tuberías trabajan parcialmente llenas y fluyen con una superficie libre, para garantizar una correcta aeración de gases y que no colapse la red.

Para cumplir con los parámetros y condiciones de ETAPA EP los cálculos se realizarán con un 80% de la capacidad máxima de la sección del tramo, tomando siempre en cuenta que se mantengan las condiciones de flujo a gravedad en los colectores.

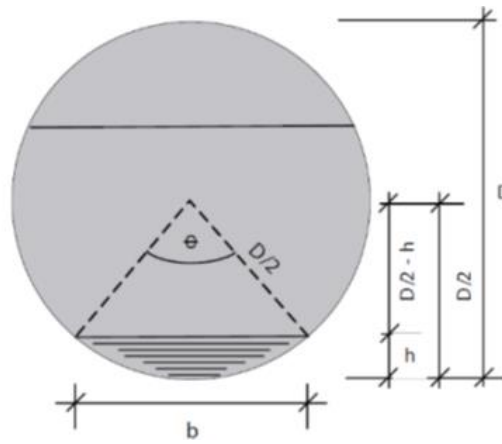


Figura 2.1.4 Relaciones hidráulicas de la sección circular parcialmente llena.

Fuente: (ETAPA.EP, 2012)

Relaciones hidráulicas para secciones parcialmente llenas

Ángulo central

$$\theta = 2 * \arccos\left(1 - \frac{2 * h}{D}\right) \quad (12)$$

Radio Hidráulico

$$Rh = \frac{D}{4} * \left(1 - \frac{360 * \sin\theta}{2\pi\theta}\right) \quad (13)$$

Velocidad

$$V = \frac{0.397 * D^{2/3}}{n} * \left(1 - \frac{360 * \sin\theta}{2 * \pi * \theta}\right) * S^{1/2} \quad (14)$$

Caudal

$$q = \frac{D^{8/3}}{7257.15 * n * (2 * \pi * \theta)^{2/3}} * (2 * \pi * \theta - 360 * \text{sen}\theta) * S^{1/2} \quad (15)$$

Por lo tanto, las relaciones fundamentales quedaran establecidas de la siguiente forma:

$$\frac{v}{V} = \left(1 - \frac{360 * \text{sen}\theta}{2 * \pi * \theta}\right)^{2/3} \quad (16)$$

$$\frac{q}{Q} = \left(\frac{\theta}{360} - \frac{\text{sen}\theta}{2 * \pi * \theta}\right) * \left(1 - \frac{360 * \text{sen}\theta}{2 * \pi * \theta}\right)^{2/3} \quad (17)$$

Dónde:

D = Diámetro de las tuberías (m).

h = Tirante de aguas (m).

2.9.3 Datos utilizados para el diseño del sistema de alcantarillado

Tabla 2.1.12 Datos de diseño del alcantarillado sanitario.

Datos	Valores	Unidad
Área del proyecto=	61,49	Ha
Dotación=	75	lt/hab/día
Población actual =	428	hab
Población futura de diseño=	522	hab
Densidad Poblacional=	8	hab/Ha
Periodo de diseño=	20	años
Coeficiente de rugosidad=	0,011	Adimensional
Coeficiente de retorno=	0,8	Adimensional
Índice de crecimiento	1	%

Fuente: Elaboración propia.

2.9.4 Ubicación de los pozos de revisión

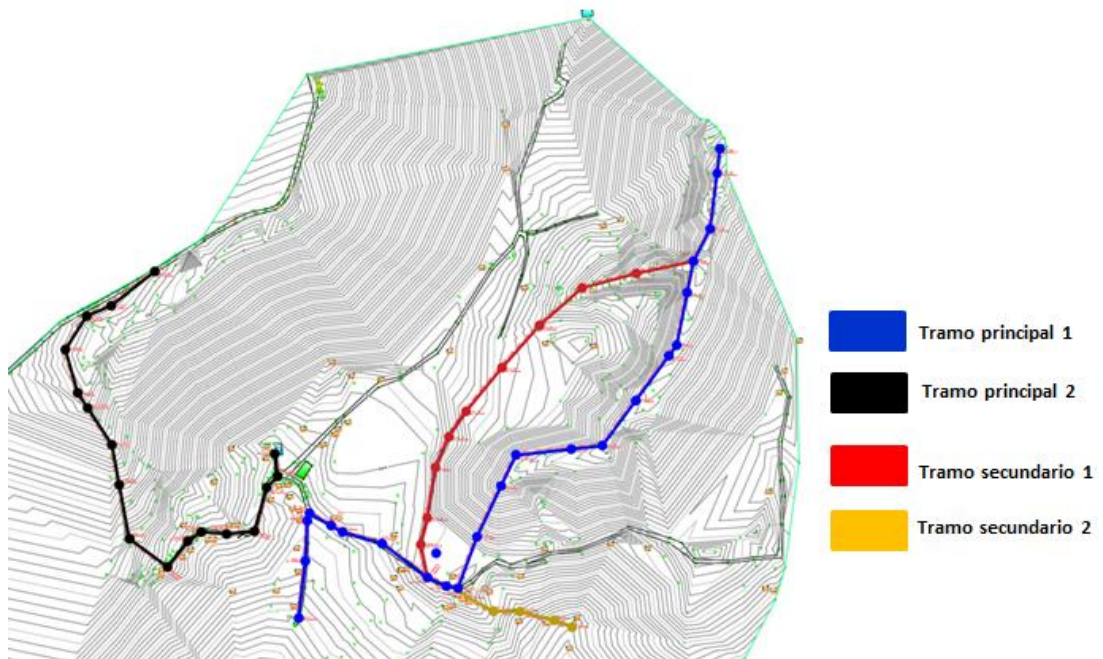


Figura 2.1.5 Vista en planta de la ubicación de los pozos de revisión

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.1.13: Ubicación de pozos de revisión.

PERFIL TRAMO PRINCIPAL 1		
Pozo	NORTE	ESTE
1	9646792,86	728044,68
2	9646892,18	728056,31
3	9646965,78	728059,98
4	9646977,80	728063,83
5	9646955,54	728102,32
6	9646943,84	728122,38
7	9646924,32	728192,12
8	9646864,56	728271,98
9	9646849,21	728305,68
10	9646845,72	728326,33
11	9646936,55	728359,91
12	9647026,25	728402,50
13	9647080,31	728428,02
14	9647091,36	728526,50
15	9647097,63	728581,62
16	9647177,12	728640,48
17	9647256,21	728698,96
18	9647274,98	728712,76
19	9647368,21	728731,44
20	9647423,41	728742,49
21	9647480,74	728772,01
22	9647579,21	728784,19
23	9647622,54	728789,55

PERFIL TRAMO PRINCIPAL 2		
Pozo	NORTE	ESTE
2-1	9647082,74	728002,29
2-2	9647043,35	728007,40
2-3	9647023,25	727987,77
2-4	9646946,08	727966,45
2-5	9646941,90	727916,73
2-6	9646944,88	727872,54
2-7	9646928,65	727848,82
2-8	9646882,95	727812,76
2-9	9646933,49	727744,74
2-10	9647028,15	727727,39
2-11	9647099,12	727714,38
2-12	9647164,12	727671,54
2-13	9647190,83	727653,93
2-14	9647267,42	727632,12
2-15	9647326,56	727669,85
2-16	9647344,92	727713,34
2-17	9647405,51	727790,46

PERFIL TRAMO SECUNDARIO 1		
Pozo	NORTE	ESTE
8	9646864,56	728271,98
24	9646922,54	728260,54
25	9646969,81	728271,94
26	9647058,95	728286,39
27	9647113,04	728310,04
28	9647158,12	728340,51
29	9647235,39	728403,99
30	9647310,12	728470,45
31	9647376,27	728545,44
32	9647401,92	728641,56
32-20	9647412,13	728689,52
20	9647423,41	728742,49
PERFIL TRAMO SECUNDARIO 2		
Pozo	NORTE	ESTE
33	9646776,54	728527,91
34	9646788,86	728496,22
35	9646804,15	728435,86
36	9646805,20	728388,37
37	9646830,70	728340,80
10	9646845,72	728326,33

Fuente: Elaboración propia.

2.9.5 Trazado de las áreas de aporte.

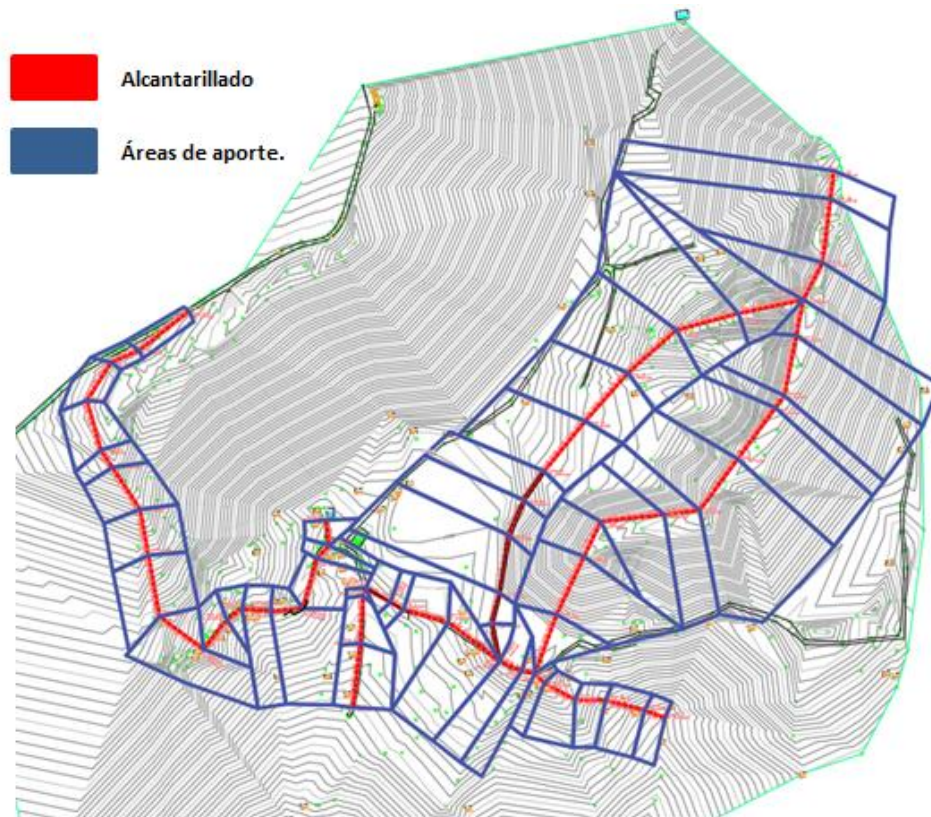


Figura 2.1.6 Áreas de aporte

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.1.14 Área tributaria de cada tramo.

TRAMO	ÁREA TRIBUTARIA		
	POZOS	LONGITUD(m)	Parcial (Ha) Acumul. (Ha)
P1-P2		100	0,83 0,829
P2-P3		73,69	0,44 1,270
P3-P4		12,62	0,05 1,316
P4-P5		44,47	0,26 1,576
P5-P6		23,22	0,20 1,780
P6-P7		72,43	1,06 2,840
P7-P8		99,73	1,72 4,556
P8-P9		37,04	0,98 5,538
P9-P10		20,94	0,59 6,125
P10-P11		96,85	0,68 9,116
P11-P12		99,29	2,03 11,141
P12-P13		59,79	0,82 11,964
P13-P14		99,09	1,87 13,834
P14-P15		55,47	1,59 15,425
P15-P16		98,92	4,36 19,785
P16-P17		98,36	3,19 22,976
P17-P18		23,3	0,82 23,793
P18-P19		95,09	2,76 26,548
P19-P20		56,29	1,53 28,081
P20-P21		64,48	1,46 45,835
P21-P22		99,23	3,24 49,078
P22-P23		43,65	2,03 51,111
P8-P24		59,1	0,17 0,170
P24-P25		48,63	0,86 1,025
P25-P26		90,3	2,33 3,359
P26-P27		59,03	1,31 4,673
P27-P28		54,42	1,07 5,747
P28-P29		100	1,93 7,676
P29-P30		100	1,84 9,514
P30-P31		100	2,27 11,788
P31-P32		99,49	2,96 14,746
P32-P32-20		49,03	0,87 15,616
P32-20-P20		54,16	0,68 16,296
P33-P34		34	0,35 0,349
P34-P35		62,27	0,63 0,983
P35-P36		47,5	0,42 1,400
P36-P37		53,97	0,65 2,052
P37-P10		20,85	0,26 2,310
P2-1-P2-2		39,71	0,22 0,222
P2-2-P2-3		28,11	0,22 0,443
P2-3-P2-4		80,06	0,68 1,126
P2-4-P2-5		49,89	1,52 2,644
P2-5-P2-6		44,29	0,82 3,462
P2-6-P2-7		28,74	0,24 3,705
P2-7-P2-8		58,22	0,47 4,174
P2-8-P2-9		84,74	1,40 5,576
P2-9-P2-10		96,24	1,20 6,777
P2-10-P2-11		72,16	0,87 7,650
P2-11-P2-12		77,84	0,81 8,464
P2-12-P2-13		31,99	0,33 8,795
P2-13-P2-14		79,63	0,68 9,473
P2-14-P2-15		70,15	0,41 9,883
P2-15-P2-16		47,21	0,18 10,060
P2-16-P2-17		98,07	0,32 10,380

Fuente: Elaboración propia.

NOTA: Los cálculos hidráulicos se pueden apreciar en el [ANEXO 2](#).

CAPÍTULO 3

DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

3.1 Generalidades

Al realizar un sistema de alcantarillado sanitario para la recolección de aguas servidas provenientes de las comunidades, es indispensable realizar un proceso de tratamiento y disposición final de dichas aguas antes de ser arrojadas a un cuerpo receptor, río o cauce con el fin de eliminar sustancias dañinas, ya que un gran porcentaje de las aguas están contaminadas con microorganismos, excretas, sustancias orgánicas y demás sustancias con las que se han mezclado resultado de diversos usos que se le ha dado, siendo un potencial contaminante para la salud de las personas, la flora y fauna de los alrededores de los cuerpos receptores.

El tipo de tratamiento seleccionado deberá ser el más óptimo que se adapte a las necesidades técnicas y económicas de las comunidades y a su vez sea de fácil operación y mantenimiento.

Agua residual

Es el agua de composición variada proveniente de uso doméstico, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de otra índole, sea público o privado y que por tal motivo haya sufrido degradación en su calidad original. (AMBIENTE, 2002)

Aguas residuales domésticas

Mezcla de desechos líquidos de uso doméstico evacuados de residencias, locales públicos, educacionales, comerciales e industriales. (AMBIENTE, 2002)

3.2 Caracterización de las aguas residuales

Una correcta caracterización de aguas residuales debe abarcar tres aspectos fundamentales que son:

- Características físicas.
- Características químicas.
- Características biológicas.

3.2.1 Características físicas

Sólidos totales

Están constituidos por la materia flotante, material sedimentable, coloidal y en suspensión. Este parámetro, dentro de la caracterización física es el de mayor importancia, puesto que su influencia para el dimensionamiento y control de operaciones de las unidades de tratamiento es fundamental. (Rengel, 2000)

Olor

Los olores característicos de las aguas residuales son causados por los gases producidos debido a la descomposición de la materia orgánica o por la presencia de sustancias agregadas al agua residual.

Las aguas residuales recién formadas tienen un olor característico que es desagradable pero se califica como “soportable”. Cuando las aguas residuales se encuentran en estado de septicidad, tienen olores desagradables que se originan por la descomposición anaerobia de la materia orgánica. (Rengel, 2000)

Temperatura

Debido a las actividades domésticas, la temperatura de las aguas residuales es mayor que la del agua de abastecimiento y así mismo es superior a la del ambiente.

Es un parámetro importante por los efectos sobre las reacciones químicas y biológicas que están en estrecha relación con los procesos de tratamiento de las aguas residuales, así como con los fenómenos presentes en la auto-purificación de cuerpos receptores. (Rengel, 2000)

Color

Indican la condición del agua residual, lo que significa la edad de la misma. Así un agua de color gris acompañado de cierta turbiedad es típica de un desecho reciente. El color negro es característico de un agua en estado séptico que se encuentra en descomposición parcial donde se han desarrollado condiciones anaerobias. (Rengel, 2000)

Turbiedad

La turbiedad como medida de las propiedades de transmisión de la luz del agua, es otro parámetro que se emplea para indicar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión. (METCALF & EDDY, 1995)

3.2.2 Características químicas

Las características químicas se clasifican en dos grupos:

- Materia orgánica.
- Materia inorgánica.

Materia orgánica

En un agua residual doméstica se conoce que alrededor del 70% de los sólidos suspendidos y el 40% de los sólidos filtrables son de origen orgánico. Estos sólidos proceden del reino animal y de plantas, así como de las actividades humanas en la síntesis de compuestos orgánicos.

Los ensayos más empleados para medición de la cantidad de materia orgánica son:

- Demanda bioquímica de oxígeno.
- Demanda química de oxígeno.
- Contenido de nitrógeno.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para estabilizar la materia orgánica carbonosa que existe en una muestra. La cantidad de oxígeno consumida es proporcional a la materia orgánica metabolizada. Cuanto mayor es el grado de contaminación del agua mayor es la DBO.

Demanda química de oxígeno (DQO)

Corresponde a la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica mediante un fuerte oxidante químico en un medio ácido. En general, la DQO es más alta que la DBO, debido a que un mayor número de compuestos pueden ser oxidados químicamente antes que biológicamente.

Contenido de nitrógeno

Es posible conocer la presencia y aquilatar el grado de estabilización de la materia orgánica, verificando el estado en que se encuentran los compuestos del nitrógeno dentro del agua residual. La importancia de su medida y determinación de su estado es indicativa de la capacidad del nitrógeno de mantener la actividad biológica en los procesos de tratamiento, así como indicar la carga de nutrientes presentes en un cuerpo de agua.

Materia inorgánica

Potencial Hidrógeno (pH)

Nos indica el grado de acidez o alcalinidad del agua. Se considera como rango adecuado de pH para el desarrollo normal de la actividad microbiana, un valor comprendido entre 6 y 8. Un nivel alto de este parámetro nos indica que el agua es alcalina, mientras que un nivel bajo indica que el agua es ácida.

Azufre

Es necesario para la síntesis de proteínas y es liberado durante su degradación. El azufre es reducido biológicamente en condiciones anaerobias a sulfitos, los que pueden combinarse con hidrógeno para producir ácido sulfhídrico que causa problemas de olor y corrosión.

Nitrógeno y fósforo

Son esenciales para el crecimiento biológico y son conocidos como nutrientes o bio-estimulantes.

Alcalinidad

La alcalinidad se define como la capacidad de una solución para neutralizar un ácido, o la cantidad de ácido que se requiere por litro para disminuir el pH a un valor de 4,3.

Compuestos tóxicos inorgánicos

Diversos compuestos disueltos en el agua provenientes de descargas domésticas, agrícolas, industriales, etc.

Compuestos tóxicos orgánicos

Desechos humanos, animales o de procesamiento de alimentos como aceites, grasas, insecticidas, etc.

Metales pesados

Las aguas residuales contienen gran cantidad de metales pesados entre los cuales se destacan níquel, manganeso, plomo, cromo, cadmio, zinc, cobre, hierro y aluminio que son catalogados como contaminantes motivo por el cual se deben considerar en los tratamientos de aguas residuales. A pesar de ser contaminantes, algunos de ellos son necesarios para el normal desarrollo de la vida biológica y su ausencia puede limitar el crecimiento de las algas.

Gases

Los gases que se encuentran en las aguas residuales comúnmente no tratadas son:

- Nitrógeno
- Oxígeno
- Anhídrido carbónico
- Ácido sulfhídrico.
- Amonio.
- Metano.

3.2.3 Características biológicas

Organismos patógenos

Constituidos principalmente por bacterias, protozoarios, helmintos y virus. Su origen se encuentra en las heces fecales de los seres humanos que portan algún tipo de enfermedad gastrointestinal.

Organismos colifórmes

Bacterias que se encuentran en el tracto intestinal del ser humano. Un ser humano en cada deposición descarga entre 100-400 mil millones de microorganismos colifórmes junto a otras bacterias, virus, etc. Son un indicador de la existencia de organismos patógenos. El grupo colifórmes incluye el género *Escherichia Coli*.

3.3 Propuesta de tratamiento de aguas residuales para las comunidades de Ganillacta, La Unión y Chizicay

En nuestro proyecto contemplaremos netamente el tratamiento de aguas residuales de uso doméstico ya que no hay presencia de algún tipo de fábrica o industria en las comunidades.

Las muestras de agua residual de las comunidades fueron obtenidas de quebradas donde el agua resumía directamente de las fosas sépticas de las casas sin ningún tipo de tratamiento. A pesar de ser aguas residuales de uso doméstico, se determinó mediante estudios de laboratorio una alta concentración de los parámetros analizados.

Tabla 3.3.1 Características obtenidas de las aguas residuales de las comunidades Ganillacta, La Unión y Chizicay.

Parámetros obtenidos de las muestras tomadas en el sitio		
Parámetro	Unidades	Salida fosa séptica
DBO5	mg/l	970
DQO	mg/l	2956
Fósforo total	mg/l	1,17
Nitrógeno amoniacal	mg/l	1,41
Nitrógeno orgánico	mg/l	99,24
Sólidos suspendidos totales	mg/l	7780
Sólidos totales	mg/l	7840
Colifórmes totales	n°/100ml	3,30E+07

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos del estudio de las aguas residuales indican unos valores de contaminación muy elevados para ser descargas de aguas domiciliarias. Como se mencionó anteriormente, en las comunidades estudiadas no existe algún tipo de fábrica o algún tipo de industria la cual pudiese alterar las muestras dando valores de contaminación tan elevados, motivo por el cual las muestras pudieron estar alteradas en el momento de haberlas tomado.

Para tener una referencia más exacta, se averiguó la caracterización de las aguas residuales que ingresan a la planta de tratamiento de Ucubamba que se encuentra en nuestra ciudad.

Tabla 3.3.2 Valores promedio de la caracterización de las aguas residuales al ingreso a las lagunas de estabilización de Ucubamba año 2012.

Parámetro	Unidad	Valor promedio
DBO	mg/l	115
DQO	mg/l	280
Relación DQO/DBO	---	2,6
Sólidos en suspensión totales (SST)	mg/l	201
Sólidos sedimentales	mg/l	2,6
Colifórmes fecales	NMP/100ml	1,30E+07
Colifórmes totales	NMP/100ml	3,70E+07

Fuente: (ETAPA, 2012)

Tomando en consideración nuestros resultados con los datos de contaminación de las aguas servidas que llegan a la planta de tratamiento de Ucubamba provenientes de la ciudad y zonas periféricas, podemos concluir que las muestras no representan la realidad de la contaminación de las aguas domiciliarias de las comunidades, motivo por el cual se optó tomar los valores de la planta de tratamiento de Ucubamba para realizar los cálculos.

3.3.1 Objetivo del tratamiento

El objetivo de implementar la planta de tratamiento para la depuración de aguas residuales es la remoción de sólidos, disminución de carga orgánica y microbiológica contaminante, cumpliendo con las normativas ambientales vigentes, evitando que el agua descargada a efluentes naturales o cuerpo receptor que se encuentren en la zona baja de las descargas se vean afectadas por la contaminación de las aguas servidas y a su vez evitando perjudicar la salud de los habitantes.

3.3.2 Parámetros de calidad a observarse en la depuración del agua residual

El agua residual tipo doméstica tiene básicamente los siguientes potenciales efectos contaminantes:

- Incremento de materiales sólidos flotantes.
- Su contenido de materia orgánica, caracterizada por la demanda bioquímica de oxígeno (DBO).
- El aspecto de mayor importancia consiste en el elevado riesgo microbiológico que tiene este tipo de aguas residuales al ser descargadas a su cauce sin previo tratamiento ya que pueden transmitir una amplia variedad de enfermedades y provocar daños al ecosistema. (TULAS, 2003)

El (TULAS, 2003) establece entre otros aspectos los siguientes requerimientos de depuración mínima:

Tabla 3.3.3 Requerimientos de depuración

Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce			
Parámetro	Expresado como:	Unidad	Límite permisible
Potencial de Hidrógeno	pH	---	5-9
Materia Flotante	Material visible	---	Ausencia
Sólidos suspendidos totales	SST	mg/l	100
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO	ml	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	250
Colifórmes fecales (NMP)	NMP	NMP/100	Remoción > al 99.9%

Fuente: (TULAS, 2003)

3.3.3 Proceso de tratamiento y grados de remoción

Según (NORMA- CO 10.7-602, 2010), para la selección de los procesos de tratamiento de las aguas residuales se usará como guía los valores de la tabla 3.3.4, en la cual se presenta bajo la columna de helminto, la remoción de huevos de nematodos intestinales de los diferentes procesos, en unidades de ciclo logarítmicos (base10).

Tabla 3.3.4 Procesos de tratamiento y grado de remoción

Proceso de tratamiento	Remoción %		REM., ciclos log10	
	DBO	Sólidos Suspendidos	Bacteria	Helminto
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 de estabilización (e)	70-85	(c)	1-6	1-4

(a) Precedidos y seguidos de sedimentación.

(b) Incluye laguna secundaria.

(c) Dependiente del tipo de lagunas.

(d) Seguidas de sedimentación.

(e) Dependiendo del número de lagunas y otros factores como: temperatura, periodo de retención y formas.

3.4 Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales

Caudal de diseño

El caudal considerado para la planta de tratamiento es el caudal promedio obtenido del cálculo del diseño de las redes de tuberías para aguas servidas en el capítulo anterior, tomando en consideración un incremento del 1% de la población actual.

3.4.1 Tratamiento primario

Fosa séptica

Una fosa séptica se utiliza como tratamiento primario para las aguas servidas de uso doméstico. Son propicias para uso en zonas rurales que no constan de un sistema de tratamiento. Pueden tener una sola cámara pero preferentemente se realiza de dos compartimientos; en el primer compartimento se realiza la sedimentación, digestión y almacenamiento del fango, mientras que el segundo compartimento sirve como una segunda sedimentación y almacenamiento extra para el excedente del fango.

3.4.1.1 Consideraciones para el diseño

Eficiencia de remoción de una fosa séptica

- Remoción de DBO entre el 30 al 50%.
- Grasas y aceites un 70-80%.
- Fósforo 15%.
- Sólidos suspendidos en aguas residuales domésticas: 50-70%.

(Rojas, 2002)

3.4.1.2 Dimensionamiento

Contribución de aguas residuales por habitante.

$$C = f * dotación \quad (18)$$

$$C = 0.8 * 75$$

$$C = 60 \text{ lts/hab/día}$$

Tabla 3.3.5 Datos de diseño para fosa séptica.

DATOS DE DISEÑO			
N=	522	Personas	Número de contribuyentes. (Población Futura)
C=	60	Lts./habitantes/día	Contribución de aguas residuales.
T=	0,5	Días	Periodo de retención: 0,5-1 días
Lf=	1	Lts./habitantes/día	Contribución de lodos frescos: 1lt/hab./día

Los valores de periodo de retención (T) y contribución de lodos (Lf) utilizados para el dimensionamiento fueron tomados del libro (Arruda & Pacheco, 2007).

Volumen de Fosa séptica

$$V = 1,3 * N * [(C * T) + (100 * Lf)] \quad (19)$$

$$V = 1,3 * 522 * [(60 * 0.5) + (100 * 1)]$$

$$V = 88218 \text{ lts}$$

$$V = 88,22 \text{ m}^3$$

Tabla 3.3.6 Dimensiones mínimas de diseño para fosa séptica.

Dimensiones mínimas		
Descripción	Condiciones	Unidad
Ancho interno mínimo	$b \geq 0.80$	m
Profundidad útil mínima	$h \geq 1.20$	m
Relación largo/ancho	$2 < L/b < 4$	m
Ancho interno	$b \leq 2h$	m
Volumen del primer compartimento	$2/3 V$	m ³
Volumen del segundo compartimento	$1/3 V$	m ³
Longitud del primer compartimento	$2/3 L$	m
Longitud del segundo compartimento	$1/3 L$	m
Altura de orificios entre compartimentos (borde inferior)	$2/3 h$	m
Área total de orificios	$(5-10)\% A_t$	m ²

Fuente: (NB-41/81, 1993)

Dimensiones internas

Área interna longitudinal

$$A = \frac{V}{h} \quad (20)$$

Ancho útil interno

$$B = \sqrt{\frac{A}{LT/b}} \quad (21)$$

Longitud total de las cámaras

$$LT = 3B \quad (22)$$

Longitud de las cámaras

$$L1 = \frac{2}{3} LT \quad (23)$$

$$L2 = \frac{1}{3} LT \quad (24)$$

Dimensiones de los orificios

Altura al borde de los orificios medidos desde la base

$$(25)$$

$$h_o = \frac{2}{3} h$$

Área interna transversal

$$A_2 = h * B \quad (26)$$

Área total de orificios

$$A_0 = A_2 * 0.1 \quad (27)$$

Área transversal de cada orificio

$$A_{0c/orificio} = \frac{A_0}{\#orificios} \quad (28)$$

3.4.1.3 Valores obtenidos en el dimensionamiento de la fosa

Tabla 3.3.7 Dimensiones útiles diseñadas para la fosa séptica.

Nomenclatura	Valor	Unidades	Descripción
V=	88.22	m ³	Volumen útil de la fosa.
h=	2.0	m	Profundidad útil mínima.
H=	3.0	m	Altura total.(Ver Anexo 3)
B=	4.0	m	Ancho útil interno.
L1	8.00	m	Longitud útil de primer compartimento.
L2=	4.00	m	Longitud útil de segundo compartimento.
L. Total útil=	12	m	Longitud total útil de la fosa séptica.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.3.8 Dimensiones diseñadas para orificios internos en la fosa séptica.

Dimensiones orificios			
Nomenclatura	Valor	Unidades	Descripción
ho=	1,33	m	Altura hasta borde inferior de orificios de paso entre compartimentos (2/3)*h
Ao=	0,56	m ²	Área total de orificios (Ao) Entre 5-10% de la sección transversal útil de la fosa.
#Orificios	2	u	Número de orificios
Ao c/orificio=	0,28	m ²	Área total de cada orificio
a=	0,5	m	Alto de orificio.
b=	0,55	m	Ancho de orificio.

Fuente: Elaboración propia.

La eficiencia de remoción de DBO se asume del 40%, CF se asume del 70%, remoción de SS de 60% y carga orgánica por habitante del 30%.

Resultados de remoción en fosa séptica

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor Afluente	Valor Efluente
Carga orgánica por habitante	COh	grDBO/(hab*día)	50	35
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO	mg/L	115	69
Sólidos Suspendedos Totales	SST	mg/L	201	80.4
Colifórmes Fecales	CF	cf/100ml	1.30E+07	3.9E+06

Fuente: Elaboración propia.

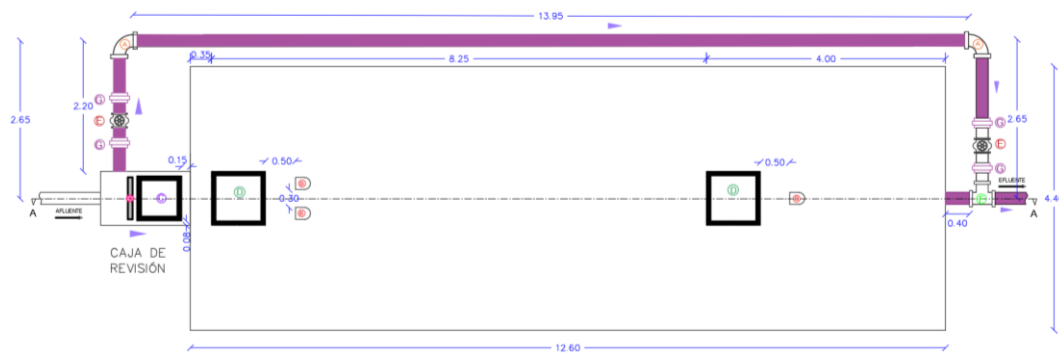


Figura 3.1 Esquema de la fosa séptica.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: El esquema de la fosa se puede apreciar en el [ANEXO 3](#).

3.4.2 Tratamiento secundario

3.4.2.1 Humedales artificiales

Es un sistema de tratamiento del tipo acuático para agua residual que imitan procesos de un humedal natural. La depuración del agua ocurre por la interacción entre los elementos componentes del humedal y de los fenómenos físicos, químicos y biológicos dentro del proceso con la intervención del sol. Para este tratamiento de aguas residuales el tipo de plantas a utilizar varía dependiendo de la adaptación de la planta a diversas condiciones ambientales.

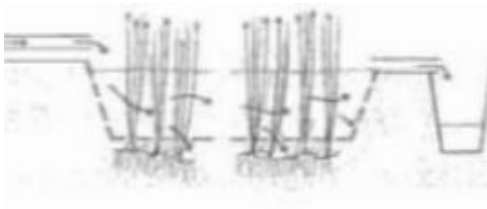
Las plantas más utilizadas para estos procesos son las del tipo macrófitas por su buena adaptación y resistencia a la intemperie en condiciones ambientales adversas.

El tipo de macrófitas recomendada para usar en la planta de tratamiento de las comunidades es la “tatora o el pasto alemán”, que son plantas que funcionan de manera eficiente en el tratamiento con humedales.

Clasificación de humedales artificiales plantados con macrófitas emergentes:

- a) Sistema de flujo libre: Humedales de flujo superficial (HFS).
- b) Sistema con flujo horizontal sub-superficial (HFSS).
- c) Sistema con flujo vertical (HFV).
- d) Sistema híbrido (SH).

a)



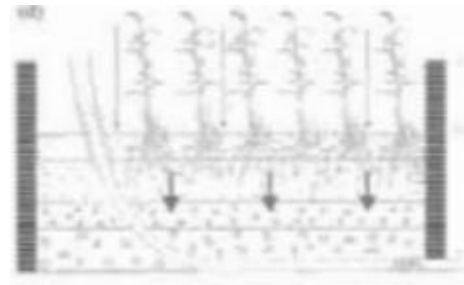
b)



c)



d)



Fuente: (Arias I., Brix, & Hans, 2003)

3.4.2.2 Humedal artificial de flujo horizontal sub-superficial

El agua ingresa y se distribuye a lo largo del humedal de manera horizontal filtrándose entre el medio granular (grava) y la vegetación. Las profundidades de estos lechos no suelen superar un metro de altura y deben ser aislados del suelo con una membrana impermeable para evitar la contaminación de suelos y de las aguas subterráneas.

Se recomienda que la profundidad media del lecho sea 0.6m y la profundidad de entrada no menor a 0.3m. (Ortiz, 2014)

El agua tratada circula por el fondo del humedal con una leve pendiente y se evacua mediante tuberías o vertederos ubicados en el fondo.

La siguiente tabla resume los mecanismos más importantes que intervienen en los procesos de depuración.

Tabla 3.3.9 Mecanismos de depuración en humedales de flujo horizontal sub-superficial.

Contaminante	HFSS
Materia Orgánica	Reducción por conversión biológica por intervención de bacterias facultativas y anaeróbicas adheridas a las superficies de las plantas y los detritos del medio de relleno del humedal.
Materia en Suspensión	Filtración y sedimentación
Nitrógeno	Nitrificación/desnitrificación, asimilación por las plantas y volatilización.
Fósforo	Por filtración, sedimentación, adsorción, por asimilación por parte de las plantas y microorganismos.
Metales pesados	Absorción a las raíces de las plantas y los detritos, sedimentación.
Trazas de contaminantes orgánicos	Absorción, biodegradación.
Patógenos	Por muerte natural, por depredación, sedimentación, secreción de antibióticos desde las raíces de las plantas.

Fuente: (Arias I., Brix, & Hans, 2003)

Tabla 3.3.10 Criterios de diseño para humedales de flujo sub-superficial horizontal.

Parámetros a considerarse	Unidades	Valores
Tiempo de retención para remoción DBO	días	3-4 (DBO)
Carga hidráulica superficial	m ³ /ha/día	470 - 1870
Carga orgánica DBO	kg/hab/día	<112
Carga de SSI	kg/hab/día	390
Profundidad de agua	m	0,3 - 0,6
Profundidad medio (grava gruesa y arena)	m	0,45-0,75
Relación longitud/ancho	Adim.	2:1 - 4:1
Control de mosquitos	-----	No se requiere
DBO esperada del efluente	mg/lt	<20
SST esperado del efluente	mg/lt	<20
NT esperado del efluente	mg/lt	<10
PT esperado del efluente	mg/lt	<5

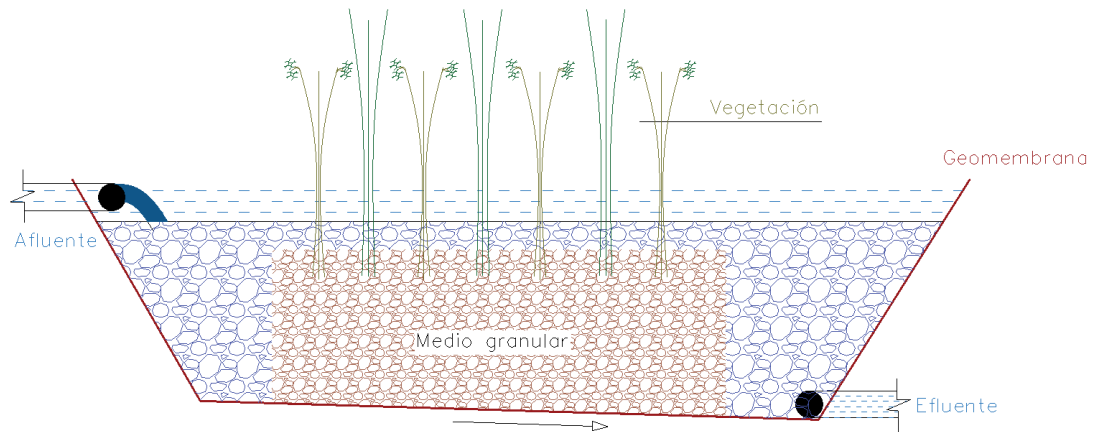
Fuente: (Ortiz, 2014)

3.4.2.3 Eficiencia de remoción de un humedal sub-superficial de flujo horizontal

- Sólidos totales: 91%
- DBO: 89%
- Nitrógeno total: 33%
- Fósforo total: 32%

(Ortiz, 2014)

Figura 3.2 Esquema de Humedal de flujo sub-superficial horizontal.



Fuente: Elaboración propia.

3.4.2.4 Diseño de humedal de flujo sub-superficial

Caudal de diseño

$$Q = \frac{N \cdot q}{86400} \quad (29)$$

Dónde:

Q= Caudal de diseño (lt/seg).

N=Número de habitantes (hab).

q= Aporte de agua residual por persona (lt/día).

Caudal de diseño		
N=	522	Hab. (Población futura)
q=	60	Lt./día (contribución de aguas residuales).
Q=	0.363	Lt/seg.
Q=	31.32	m3/día

Volumen del humedal

$$V = Q \cdot T \quad (30)$$

Dónde:

V= Volumen (m3)

Q= Caudal de diseño (m3/día)

T= Tiempo de retención: Recomendado entre 3-4 (días).

Volumen del humedal artificial		
Q=	31.32	m3/día
T=	3	Días
V=	93.96	m3

Área superficial del humedal

$$As = \frac{v}{H(agua)} \quad (31)$$

Dónde:

As=Área superficial del humedal (m2).

H (agua): Profundidad del agua (m).

Área superficial humedal		
V=	93.96	m3
H(agua)=	0,45	m
As=	208.80	m2
As=	0.021	Ha

Tabla 3.3.11 Características típicas del medio para humedales sub-superficiales.

Medio humedal		
Tipo	Grava Media	Unidad
Tamaño efectivo=	32	mm
Porosidad=	0,4	
Conductividad hidráulica=	10000	m/día

Fuente: (Rojas, 2002)

Área de la sección transversal del lecho

$$At = \frac{Q}{K * \left[\frac{(\Delta H)}{\Delta L} \right] / 1000} \quad (32)$$

Dónde:

At= Área total transversal del lecho (m2).

Q= Caudal de diseño (m³/seg)

K= Conductividad del lecho completamente desarrollado (m/seg).

$\frac{\Delta H}{\Delta L}$ = Pendiente del lecho.

Área transversal del lecho		
Q=	31.32	m ³ /día
K=	10000	
Δh/ΔL=	1	1 * 1000
At=	3.13	m²

Ancho y longitud del humedal

$$a = \frac{A_t}{H(\text{agua})} \quad (33)$$

$$L = \frac{a}{As} \quad (34)$$

Dónde:

a= Ancho del humedal (m).

L= Longitud del humedal (m).

H (agua): Profundidad del agua (m).

Tabla 3.3.12 Dimensiones de humedal de flujo sup-superficial diseñado

Ancho y longitud del humedal			
a=	6.96	m	MEDIDAS CALCULADAS
L=	30	m	
a=	8	m	MEDIDAS ASUMIDAS
L=	32	m	
Relación Longitud/ancho=	4,00		Cumple con la relación 4:1

Fuente: Elaboración propia.

Carga orgánica del humedal

El rango de CO debe ser menor a 112 kg DBO/Ha/día.

$$CO = \frac{(DBO * Q)/1000}{A} \quad (35)$$

Dónde:

CO= Carga orgánica (kgDBO/Ha/día).

DBO= Demanda biológica de oxígeno del afluente (mg/l)

A= Área superficial del humedal (m²).

Carga orgánica del humedal		
DBO=	69	mg/l
Q=	31,32	m ³ /día
As=	0,0209	Ha
CO (DBO)=	103,50	kg DBO/Ha/día

Carga hidráulica

El valor de carga hidráulica debe estar comprendido entre 470-1870m³/hab*día.

$$CHS = \frac{N * C * f}{As} \quad (36)$$

Dónde:

CHS= Carga Hidráulica

N=Número de habitantes.

C=Contribución de aguas residuales por persona. (lt/hab/día)

As= Área del humedal (Ha).

f=Coeficiente de retorno sanitario, valor comprendido entre 0.7-0.85. Recomendable usar 0.8

Carga hidráulica superficial		
N=	522	habitantes
As=	0,0209	Ha
Contribución de aguas residuales por persona=	60	lts/habitantes/día
f=	0,8	
CH=	1200	m³/hab/día

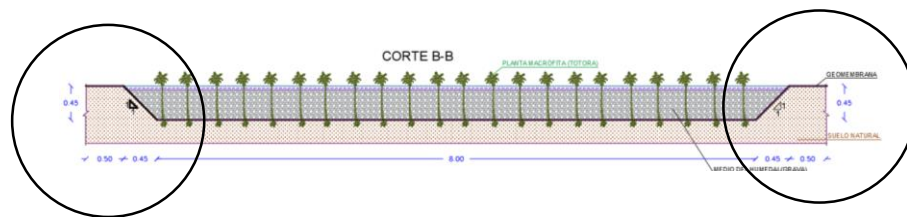
Resultados obtenidos del efluente del Humedal

Resultados obtenidos del efluente del Humedal		
Parámetros	Valores	Unidad
CO DBO=	103,5	kg DBO/Ha/día
CH=	1200	m ³ /hab/día
Sólidos Suspendidos totales=	16,08	mg/L

Dimensiones del humedal

Ancho (m)	Largo(m)	Profundidad(m)	Área total (ha)
8	32	0,45	0.0209

Nota: El área total calculada es el área media del humedal vista en planta, ya que hay un pequeño incremento de la sección debido a los taludes que se generan constructivamente.



El esquema del humedal se puede apreciar en el [ANEXO 4](#).

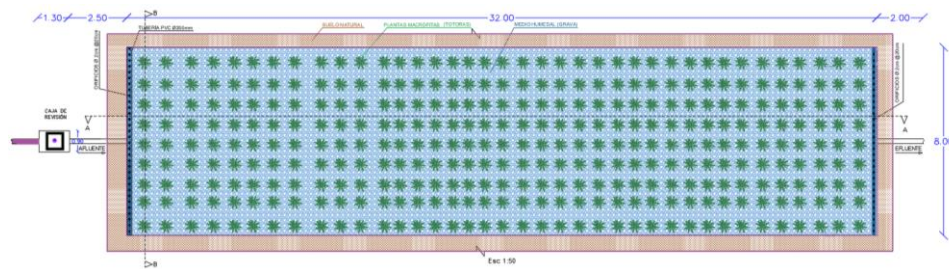


Figura 3.3 Esquema del humedal de flujo sub-superficial diseñado.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 4

PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Presupuesto

El presupuesto del proyecto es el valor monetario que se determinará previamente a realizar el proyecto. Se realiza en base a la experiencia obtenida en a precios unitarios, y proyectos realizados anteriormente con características semejantes.

De esta manera podemos analizar cada uno de los rubros para poder llegar a optimizar el proyecto desde el punto de vista económico, reduciendo los costos y mejorando rendimientos.

Para realizar el presupuesto se acordó con el GAD del SÍGSIG tomar como referencia la base de precios unitarios de ETAPA EP, ya que en esta base se cuenta con todos los rubros necesarios para la ejecución del proyecto y las condiciones de ejecución de las obras son semejantes. Para el presente proyecto se ha considerado un 20% de costos indirectos.

A continuación se presenta el presupuesto del proyecto.

Planta de Tratamiento						
Ubicación:		GANILLACTA, UNIÓN, CHIZICAY.				
PRESUPUESTO						
Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
001		TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES				1.935,74
1.001	520002	Desbroce y limpieza	m2	875,90	1,45	1.270,06
1.002	522037	Replanteo y nivelación	m	875,90	0,76	665,68
2		FOSA SÉPTICA DE DOBLE CÁMARA				3.413,79
2.001	503001	Excavación mecánica en suelo sin clasificar de 0 a 2 m de profundidad,	m3	133,84	2,82	377,43
2.002	503016	Excavación mecánica en suelo sin clasificar de 2 a 4 m de profundidad,	m3	32,48	3,00	97,44
2.003	503002	Excavación mecánica en suelo conglomerado de 0 a 2 m de profundidad,	m3	133,84	3,89	520,64
2.004	503014	Excavación mecánica en suelo conglomerado de 2 a 4 m de profundidad,	m3	32,48	4,61	149,73
2.005	514004	Relleno compactado	m3	39,20	4,19	164,25
2.006	535200	Material de Reposición (Incluye esponjamiento)	m3	19,60	11,26	220,70
2.007	513001	Cargada de material a mano	m3	27,51	7,19	197,80
2.008	513003	Cargada de Material a maquina	m3	125,17	1,15	143,95
2.009	513002	Transporte de material hasta 5km	m3	256,35	2,28	584,48
2.010	540246	Sum,-Ins, Compuerta 1,40 x 0,7 m	u	1,00	957.37	957.37
3		ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO				16.749,67
3.001	508001	Replanto de Piedra, e=15 cm	m2	58,11	7,85	456,16
3.002	506003	Hormigón Simple 210 Kg/cm2	m3	36,07	134,03	4.834,46

3.003	501003	Encofrado Recto	m2	108,22	12,38	1.339,76
3.004	516001	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	2.577,39	3,28	8.453,84
3.005	517008	Preparado y pintado de superficie con pintura acrílica	m2	54,50	3,64	198,38
3.006	506024	Revestimiento epóxico	m2.	61,59	23,82	1.467,07
4		TUBERÍA Y ACCESORIOS				9.293,63
4.001	535799	Sum, Tubería HF d = 200 mm	m	23,01	287,38	6.612,61
4.002	509047	Colocación Tubería HD,HF D=200 mm	m	23,01	2,41	55,45
4.003	540032	Sum,-Ins, Válvula HF D=200 mm	u	2,00	501,41	1.002,82
4.004	540071	Sum,-Ins, Union reparación HF D=200 mm	u	4,00	47,33	189,32
4.005	535685	Sum,-Ins, Tee HF D=200 mm	u	1,00	148,69	148,69
4.006	535611	Sum,-Ins. Codo HF D=200 mm 90 grad,	u	4,00	173,46	693,84
4.007	540065	Sum,-Ins, Rejilla Hierro (Seg. Especificación)	m2	0,91	238,07	216,64
4.008	535063	Sum,-Ins, Tapa metálica	m2	2,34	159,94	374,26
5		AIRIADORES				40,44
5.001	540176	Sum,-Ins, Tubería PVC Desagüe D=110 mm	m	1,80	6,00	10,80
5.002	540277	Sum,-Ins, Codo PVC Desagüe D=110 mm 90 grad,	u	6,00	4,94	29,64
6		HUMEDAL DE ARTIFICIAL FLUJO SUBSUPERFICIAL				3.316,72
6.001	503001	Excavación mecánica en suelo sin clasificar de 0 a 2 m de profundidad,	m3	103,46	2,82	291,76
6.002	503016	Excavación mecánica en suelo sin clasificar de 2 a 4 m de profundidad,	m3	33,76	3,00	101,28
6.003	503002	Excavación mecánica en suelo conglomerado de 0	m3	103,46	3,89	402,46

		a 2 m de profundidad,				
6.004	503014	Excavación mecánica en suelo conglomerado de 2 a 4 m de profundidad,	m3	33,76	4,61	155,63
6.005	514004	Relleno compactado	m3	153,60	4,19	643,85
6.006	535200	Material de Reposición (Incluye esponjamiento)	m3	76,80	11,26	864,77
6.007	513001	Cargada de material a mano	m3	34,95	7,19	251,29
6.008	513003	Cargada de Material a maquina	m3	56,64	1,15	65,14
6.009	513006	Transporte de material hasta 5Km	Tn	243,49	2,22	540,55
7		GEOMENBRANA, GRAVA Y PLANTAS				7.300,23
7.001	540430	Sum,-Ins, Geomembrana 500 micras	m2	328,64	5,26	1.728,65
7.002	540276	Sum, y colocación Grava (Filtro Anaerobio)	m3	102,40	25,01	2.561,02
7.003	550028	Suministro y Siembra de especie arbórea 2.5 - 3m alto	u	768,00	3,92	3.010,56
8		TUBERÍA Y ACCESORIOS				692,38
8.001	540068	Sum, Tubería PVC U/E 1,00 MPA - 200 mm	m	21,00	20,34	427,14
8.002	509005	Colocación Tubería PVC U/E D=200 mm	m	21,00	0,90	18,90
8.003	540065	Sum,-Ins, Rejilla Hierro (Seg. Especificación)	m2	0,91	238,07	216,64
8.004	540294	Sum,-Ins, Tapa de H,A, 0,60 x 0,60 con platina perimetral	u	1,00	29,70	29,70
9		CERRAMIENTO DE MALLA				6.325,62
9.001	503002	Excavación mecánica en suelo conglomerado de 0 a 2 m de profundidad,	m3	3,84	3,89	14,94
9.002	506003	Hormigón Simple 210 Kg/cm2	m3	5,76	134,03	772,01
9.003	501003	Encofrado Recto	m2	38,40	12,38	475,39

9.004	516001	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	8,50	3,28	27,88
9.005	540062	Sum,-Ins, Malla de cerram, 50/12 h=2,0 con tubo poste 2"	m	136,16	34,37	4.679,82
9.006	540124	Sum,-Ins, Puerta de Malla para cerramiento	m2	1,80	50,04	90,07
9.007	520001	Colocacion y suministro de Alambre de púas	m	408,48	0,65	265,51
SUBTOTAL						49.068.23
IVA					12%	5.888,19
TOTAL						54.956,42
Son: CINCUENTA Y CUATRO MIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y SEIS CON 42/100 DÓLARES.						

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El diseño del proyecto se realizó principalmente en base a la NORMA CO 10.7-602 “NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL” cumpliendo todas sus normativas técnicas y optimizando de la mejor manera los diseños, con el fin de realizar un sistema de tratamiento de aguas residuales para las comunidades objeto de este estudio, que sea eficiente tanto en el aspecto técnico y económico.
- La selección del tipo de tratamiento para las comunidades se realizó en función de las características de las zonas, densidad poblacional, tipo de aguas residuales y área del terreno de implantación de la planta de tratamiento. Optando por un sistema que consta de una fosa séptica de doble cámara más un humedal de flujo sub-superficial por su bajo costo, facilidad de implementación, mantenimiento y operación adecuados para una zona rural.
- El presente estudio intentó abarcar todos los componentes del proyecto, para lo cual se elaboraron documentos detallados, para abarcar los aspectos socio-económicos de las comunidades, cálculos de las redes de alcantarillado, planta de tratamiento y presupuesto referencial de la obra. Es de indicar que dentro de los objetivos de este estudio no estaba previsto realizar el estudio de impacto ambiental. Los documentos finales permitirán a las autoridades competentes contar con una información base para realizar el estudio de evaluación del proyecto y ver las mejores alternativas de financiación para ejecutar la obra.
- El presente estudio da una solución a las necesidades insatisfechas de las comunidades en función de los lineamientos dados por el GAD y los representantes de las comunidades involucradas en el estudio.

Recomendaciones

- Cumplir con todas las normativas expuestas y criterios técnicos utilizados en el proceso de cálculo al momento de ejecutar el proyecto, para de esta manera garantizar el correcto funcionamiento del sistema de alcantarillado y la planta de tratamiento durante toda su vida útil.
- Dar capacitación al personal encargado de operar el sistema y realizar un mantenimiento periódico para evitar posibles inconvenientes por diversos motivos que podrían presentarse en el transcurso del funcionamiento. El GAD deberá crear el manual de operación y mantenimiento del sistema propuesto.
- Al momento de realizar el mantenimiento de la fosa séptica se debe efectuar mediante bombeo y tener en cuenta que no se debe utilizar ningún tipo de químico desinfectante, pues esto afectaría directamente con la preservación de las bacterias anaeróbicas necesarias para el correcto funcionamiento.
- Se recomienda al momento de la ejecución de la obra recurrir a la participación de la gente de las comunidades para lograr reducir costos de mano de obra, y de igual manera estudiar la posibilidad de crear una alianza pública privada para para operación del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- AMBIENTE, A. 1. (2002). *NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA*. Quito.
- Arias I., C. A., Brix, & Hans. (2003). *Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales*. Bogota: Universidad Militar Nueva Granada .
- Arruda, C., & Pacheco, E. (2007). *Tratamiento de esgostos domésticos*. Porto Alegre.
- Báez, J. (2004). *SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES Y PLUVIALES*. Baranquilla.
- CGPaute. (2007). *Consejo de gestión de aguas de la cuenca del Paute*. Paute.
- CPE INEN 5 Parte 9, 2. (2010). *NORMAS DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ELIMINACIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS*. Quito.
- ETAPA.EP. (2012). *Especificaciones técnicas para la construcción de redes de alcantarillado Grupo 2*. Cuenca.
- GEOLIDERAR S.A. (2011). *GEOLIDERAR S.A*. Quito.
- I.N.E.C. (2010). *POBLACIÓN Y TASAS DE CRECIMIENTO INTERCENSAL DE 2010-2001-1990 POR SEXO SEGÚN PARROQUIAS*. Cuenca.
- I.N.E.N. (1992). *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES*. Quito.
- IEE. (2013). *INSTITUTO ESPACIAL ECUATORIANO*. Latacunga.
- López Cualla, R. A. (2004). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados*. Bogotá: Escuela Colombia de Ingeniería.
- METCALF & EDDY, I. (1995). *Ingeniería de aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización* . Aravaca (Madrid): McGraw-Hill.
- NB-41/81. (1993). *NBR 7229 Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos (Diseño, construcción y operación de sistemas de tanques sépticos)*. Río de Janeiro.
- NORMA- CO 10.7-602. (2010). *NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL*. Quito.

- ODEPLAN. (2002). *Oficina de planificación de la presidencia de la república*. Quito.
- Ortiz, C. E. (2014). *Factibilidad del diseño de un humedal de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales municipales de 30000 habitantes*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería- Julio Garavito.
- R.A.S. (2000). *REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO*. Bogotá.
- Rengel, I. A. (2000). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Cuenca.
- Rojas, J. A. (2002). *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, Teoría y principios*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- SENPLADES. (2013). *Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo*. Quito.
- SÍGSIG, G. (2014). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL*. Sígsig.
- SÍGSIG, G. (2015). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL*. Sígsig.
- SNI. (2010). *SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN*. Quito.
- TULAS. (2003). *TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE*. Quito.