



**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  
Sondeleg y Zhuzho de la Parroquia San Sebastián de Sígsig,  
Cantón Sígsig, Provincia del Azuay**

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

**Autor:**

**JORGE ANTONIO BRITO SOLIZ**

**Director:**

**ING. JOSUÉ BERNARDO LARRIVA VÁSQUEZ**

**CUENCA - ECUADOR**

**2016**

## **DEDICATORIA**

A mis Padres Jorge Eduardo y Ruth Cecilia, por sus enseñanzas, paciencia, amor y consejos durante toda mi vida que me han guiado y apoyado para alcanzar esta meta.

A mis hermanos Josué y Fernanda, por su ejemplo y apoyo incondicional para seguir adelante y cumplir con mis metas.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por guiarme en mi vida, darme las fuerzas y sabiduría para la realización de este proyecto.

A mis padres y hermanos por su confianza en todo momento y guía para la elaboración de este trabajo.

Al mi Director el Ingeniero Josué Larriva por su guía, conocimiento y apoyo en la realización de este trabajo.

Al Ingeniero Paúl Cordero por facilitar el presente trabajo de grado.

A mis Profesores que me guiaron durante toda la vida universitaria.

Al GAD Municipal del Sígsig y a los ingenieros del departamento técnico por brindar el apoyo e información necesaria para la elaboración del presente trabajo.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPÍTULO 1: RECOPIACIÓN Y LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.....</b>	<b>4</b>
1.1 Descripción general de la zona.....	4
1.1.1 Ubicación Geográfica y Vías de Acceso.....	7
1.1.2 Área del proyecto .....	8
1.1.3 Clima.....	9
1.1.4 Topografía y Pendientes.....	10
1.1.5 Suelos .....	12
1.1.6 Geología .....	12
1.1.7 Hidrografía .....	14
1.1.8 Áreas Naturales Protegidas .....	16
1.1.9 Precipitación.....	17
1.1.10 Turismo .....	19
1.1.11 Aspectos demográficos .....	20
1.1.12 Enfermedades.....	24

1.1.13	Servicios Existentes .....	25
<b>CAPÍTULO 2: PARÁMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑO.....</b>		<b>31</b>
2.1	Tipo de Sistema .....	31
2.2	Áreas de aportación .....	32
2.3	Parámetros de Diseño .....	32
2.3.1	Periodo de Diseño .....	32
2.3.2	Dotación .....	32
2.3.3	Caudal de diseño .....	34
2.3.4	Caudal por conexiones erradas.....	35
2.3.5	Caudal por infiltración .....	36
2.3.6	Profundidades.....	36
2.3.7	Diámetros de tubería .....	36
2.3.8	Velocidades .....	37
2.3.9	Rugosidad.....	37
2.3.10	Pendiente mínima.....	39
2.4	Análisis poblacional .....	39
2.4.1	Población actual .....	39
2.4.2	Población futura .....	39
2.4.3	Densidad Poblacional.....	41
2.5	Hidráulica de redes de alcantarillado .....	42
2.5.1	Estimación de coeficientes de resistencia o fricción “C”.....	42
2.6	Flujo en tuberías a sección llena.....	43
2.7	Flujo en tuberías a sección parcialmente llena .....	45

**CAPÍTULO 3: DISEÑO DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO ..... 52**

3.1 Generalidades ..... 52

3.2 Pozos de Revisión ..... 52

3.3 Sistema de Alcantarillado Sanitario y Condominial ..... 54

**CAPÍTULO 4: DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ..... 58**

4.1 Generalidades ..... 58

4.2 Caracterización de Aguas Residuales..... 59

4.3 Sistema de Depuración de Aguas Residuales..... 60

    4.3.1 Tratamiento Primario ..... 62

    4.3.2 Tratamiento Secundario ..... 68

    4.3.3 Lechos de infiltración..... 72

4.4 Ubicación..... 75

4.5 Manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales..... 75

    4.5.1 Objetivo..... 75

    4.5.2 Definiciones ..... 76

    4.5.3 Personal ..... 77

    4.5.4 Sistema de tratamiento ..... 77

    4.5.5 Rejilla al ingreso de la fosa séptica de doble cámara..... 79

    4.5.6 Fosa séptica de doble cámara ..... 79

    4.5.7 Filtro anaerobio de flujo ascendente ..... 81

    4.5.8 Lecho de infiltración ..... 82

<b>CAPÍTULO 5: PRESUPUESTO DEL PROYECTO .....</b>	<b>85</b>
5.1 Análisis de precios unitarios.....	85
5.2 Presupuesto.....	85
5.3 Fórmula de reajuste de precios .....	90
5.4 Cronograma de Obra .....	91
5.5 Especificaciones técnicas .....	91
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>118</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>121</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Mapa de límites del cantón Sígsig.....	5
Figura 1.2: Mapa de Zonas de Planificación del Ecuador .....	6
Figura 1.3: Mapa de las parroquias del cantón Sígsig .....	7
Figura 1.4: Mapa de Vías de acceso.....	9
Figura 1.5: Mapa de Zonas de Temperatura .....	10
Figura 1.6: Mapa de Pendientes .....	11
Figura 1.7: Mapa de Uso de Suelo .....	13
Figura 1.8: Mapa de Geomorfología.....	14
Figura 1.9: Mapa Hidrográfico .....	15
Figura 1.10: Mapa de Microcuencas Hidrográficas.....	16
Figura 1.11: Mapa de ABVP.....	17
Figura 1.12: Precipitaciones por Estaciones Meteorológicas .....	18
Figura 1.13: Mapa de Zonas de Precipitación.....	19
Figura 1.14: Foto Playas de Zhingate .....	20
Figura 1.15: Ubicación Playas de Zhingate .....	20
Figura 1.16: Población Ocupada por Rama de Actividad del cantón Sígsig .....	22
Figura 1.17: Mapa de Nivel de Escolaridad.....	23
Figura 1.18: Tipo de Conexión para Abastecimiento de Agua.....	25
Figura 1.19: Evacuación de Aguas Residuales .....	26
Figura 1.20: Acceso a Energía Eléctrica .....	27
Figura 1.21: Abastecimiento de Agua.....	28
Figura 1.22: Energía Eléctrica.....	28
Figura 1.23: Evacuación de Aguas Servidas.....	28
Figura 1.24: Tipo de Trabajo .....	29
Figura 1.25: Instrucción del Jefe del Hogar .....	29
Figura 1.26: Población hombres-mujeres de las comunidades .....	30
Figura 2.1: Gráfico de proyección poblacional.....	41
Figura 2.2: Cálculo en conductos parcialmente llenos.....	45
Figura 2.3: Parámetros hidráulicos de conductos de sección circular .....	47
Figura 2.4: Línea de tendencia polinómica de n/n llena .....	48
Figura 3.1: Foto de Vía principal de las comunidades.....	56

Figura 3.2: Foto de pasos de agua de las comunidades.....	57
Figura 4.1: Materiales utilizados para la caracterización de las aguas residuales .....	59
Figura 4.2: Muestras tomadas en campo.....	60
Figura 4.3: Terreno para la PTAR.....	75

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Pendiente-Área-Porcentaje .....	11
Tabla 1.2: Precipitación mensual .....	18
Tabla 1.3: Distribución Poblacional.....	20
Tabla 1.4: Población Hombres-Mujeres .....	21
Tabla 1.5: Promedio de personas por hogar.....	21
Tabla 1.6: Evolución de la población 1990-2010 .....	22
Tabla 1.7: Nivel de Instrucción .....	23
Tabla 1.8: Registro de Enfermedades .....	24
Tabla 1.9: Tipo de Conexión para Abastecimiento de Agua .....	25
Tabla 1.10: Evacuación de Aguas Residuales.....	26
Tabla 1.11: Acceso a Energía Eléctrica .....	27
Tabla 2.1: Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.....	33
Tabla 2.2: Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio .....	33
Tabla 2.3: Velocidades máximas a tubo lleno y coeficientes de rugosidad recomendados.....	37
Tabla 2.4: Valores de n para diferentes tipos de canales .....	38
Tabla 2.5: Tasas de crecimiento poblacional .....	39
Tabla 2.6: Tasas de crecimiento INEC .....	40
Tabla 2.7: Fórmulas para cálculo de la población futura.....	40
Tabla 2.8: Resumen de Proyección de la población en las comunidades de Sondeleg y Zhuzho.....	41
Tabla 2.9: Ecuaciones para determinar el coeficiente de Chezy.....	43
Tabla 2.10: n/n llena en función de H/D .....	48
Tabla 2.11: Propiedades Hidráulicas de Conductos Circulares .....	49
Tabla 3.1: Diámetros recomendados para pozos de revisión.....	53
Tabla 3.2: Parámetros de Diseño de Alcantarillado Sanitario .....	55
Tabla 3.3: Parámetros de Diseño de Alcantarillado Condominial.....	55
Tabla 4.1: Resultados de caracterización de aguas residuales .....	60
Tabla 4.2: Periodo de Retención en Tanques Sépticos .....	62
Tabla 4.3: Eficiencias de remoción de DBO5.....	63

Tabla 4.4: Eficiencias de remoción de Sólidos en Suspensión .....	63
Tabla 4.5: Contribución de Aguas Residuales y de Lodos .....	64
Tabla 4.6: Parámetros de diseño de la fosa séptica de doble cámara.....	65
Tabla 4.7: Dimensionamiento de la fosa séptica de doble cámara .....	65
Tabla 4.8: Medidas constructivas de la fosa séptica de doble cámara.....	65
Tabla 4.9: Tiempo requerido para digestión de lodos.....	66
Tabla 4.10: Parámetros de diseño del lecho de secado .....	67
Tabla 4.11: Dimensionamiento del lecho de secado.....	68
Tabla 4.12: Dimensiones constructivas del lecho de secado .....	68
Tabla 4.13: Clasificación de los lechos bacterianos.....	69
Tabla 4.14: Características del lecho bacteriano.....	70
Tabla 4.15: Contribución diaria de vertidos y carga orgánica por tipo de edificio y ocupantes.....	70
Tabla 4.16: Parámetros filtro anaerobio de flujo ascendente.....	71
Tabla 4.17: Carga orgánica del efluente .....	71
Tabla 4.18: Dimensionamiento del Volumen útil – total del filtro anaerobio .....	71
Tabla 4.19: Medidas constructivas del filtro anaerobio.....	71
Tabla 4.20: Tasas de aplicación de aguas residuales para sistemas de infiltración ...	73
Tabla 4.21: Parámetros de diseño del Lecho filtrante.....	73
Tabla 4.22: Dimensionamiento del lecho de infiltración.....	74
Tabla 4.23: Parámetros de remoción en unidades de la PTAR.....	74
Tabla 4.24: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	78
Tabla 4.25: Criterios de calidad de aguas para fines recreativos mediante contacto secundario .....	78
Tabla 5.1: Presupuesto de las redes de alcantarillado sanitario y la PTAR .....	85
Tabla 5.2: Fórmula Polinómica.....	90
Tabla 5.3: Mano de Obra de cuadrilla tipo .....	90

## ÍNDICE DE ANEXOS

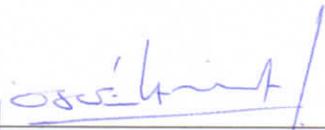
- Anexo 1 : Encuestas realizadas en las comunidades de Sondeleg y Zhuzho.
- Anexo 2 : Resultados de caracterización de aguas residuales.
- Anexo 3 : Estudio de Suelos.
- Anexo 4 : Análisis de precios unitarios.
- Anexo 5 : Cronograma Valorado.
- Anexo 6 : Cálculos del diseño de la red de alcantarillado condominial y sanitario.
- Anexo 7 : Planos para el sistema condominial.
- Anexo 8 : Planos en planta y perfil de la red de alcantarillado sanitario.
- Anexo 9 : Planos de la PTAR.

**DISEÑO DE REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LAS COMUNIDADES DE SONDELEG Y ZHUZHO DE LA PARROQUIA SAN SEBASTIÁN DE SÍGSIG, CANTÓN SÍGSIG, PROVINCIA DEL AZUAY**

**RESUMEN**

El presente trabajo corresponde al proyecto de saneamiento para las comunidades de Sondeleg y Zhuzho pertenecientes al cantón Sígsig de la provincia del Azuay. Las comunidades no cuentan con la infraestructura para evacuar y depurar las aguas residuales, lo que ocasiona contaminación del entorno y enfermedades infecciosas que afectan a los habitantes del sector, su calidad de vida y su desarrollo. Para ello se realizó el diseño de la redes de alcantarillado sanitario, condominial y una planta de tratamiento de aguas residuales, conformada por una fosa séptica de doble cámara, dos filtros anaerobios de flujo ascendente y un lecho de infiltración.

**Palabras Clave:** Saneamiento, infraestructura, aguas residuales, alcantarillado, condominial, fosa séptica, filtros anaerobios, lecho de infiltración.



Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez  
**Director del Trabajo de Titulación**



Ing. Paúl Cornelio Cordero Díaz  
**Director de Escuela**



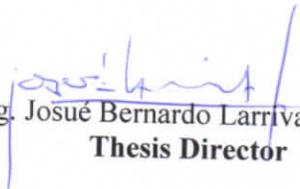
Jorge Antonio Brito Soliz  
**Autor**

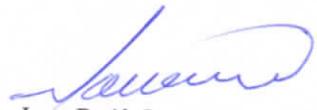
**DESIGN FOR WASTEWATER COLLECTION NETWORK AND  
WASTEWATER TREATMENT PLANT FOR SONDELEG AND ZHUZHO  
COMMUNITIES LOCATED IN THE PARISH OF SAN SEBASTIAN DE  
SIGSIG, CANTON OF SIGSIG, AZUAY PROVINCE**

**ABSTRACT**

This work deals with the sanitation project for *Sondeleg* and *Zhuzho* communities located in *Sigsig* Canton, Province of Azuay. These communities do not have the infrastructure to evacuate and treat wastewater, which causes environmental pollution and infectious diseases that affect people in the sector, their quality of life and their development. Therefore, the design of condominial sewerage networks, and a wastewater treatment plant made up of a dual-chamber septic tank, two anaerobic up-flow filters and infiltration bed was made.

**Keywords:** Sanitation, Infrastructure, Wastewater, Sewage, Condominial, Septic Tank, Anaerobic Filters Infiltration Bed.

  
Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez  
**Thesis Director**

  
Ing. Paúl Cornelio Cordero Díaz  
**School Director**

  
Jorge Antonio Brito Soliz  
**Author**

  
UNIVERSIDAD DEL  
AZUAY  
Dpto. Idiomas

  
Translated by,  
Lic. Lourdes Crespo

Brito Soliz Jorge Antonio  
Trabajo de Graduación  
Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez  
Septiembre, 2016

**DISEÑO DE REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LAS COMUNIDADES  
DE SONDELEG Y ZHUZHO DE LA PARROQUIA SAN SEBASTIÁN DE  
SÍGSIG, CANTÓN SÍGSIG, PROVINCIA DEL AZUAY**

**INTRODUCCIÓN**

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Sígsig comprometido con sus pobladores, analiza la necesidad de mejorar las condiciones de vida de los habitantes de las diferentes comunidades, es por ello que conjuntamente con la Universidad del Azuay a través de un convenio se establece que se realice el estudio de diseño de las redes de alcantarillado sanitario y la planta de tratamiento de aguas residuales para las comunidades de Sondeleg y Zhuzho de la parroquia San Sebastián de Sígsig, Cantón Sígsig, Provincia del Azuay.

Esto se debe a que en la actualidad las comunidades no cuentan con una infraestructura de saneamiento que pueda recibir, evacuar, transportar y tratar las aguas residuales de la población.

El objetivo del presente proyecto es el de diseñar las redes de alcantarillado sanitario y la planta de tratamiento de aguas residuales para las comunidades de Sondeleg y Zhuzho. Esto permitirá prevenir la polución del agua y del suelo que conjuntamente con un sistema de tratamiento garantizarán un adecuado manejo de las aguas residuales para evitar la contaminación de la zona, posibles impactos ambientales, estéticos y precautelar la salud de la población.

### **Antecedentes**

Las comunidades de Sondeleg y Zhuzho ubicadas en la parroquia San Sebastián de Sígsig son las beneficiarias del proyecto del diseño de las redes de alcantarillado sanitario y la planta de tratamiento de aguas residuales, estas comunidades actualmente únicamente cuentan con el servicio de agua, sin embargo también se plantean proyectos para mejorar el sistema de agua a futuro.

El proyecto abarca dos comunidades con áreas similares, sin embargo la comunidad de Zhuzho posee más habitantes y se ubica en la parte baja de la zona, al contrario de la comunidad de Sondeleg que se ubica en la parte alta. La principal fuente de ingresos de los habitantes del sector está basada en la agricultura y elaboración de sombreros de paja toquilla.

### **Justificación**

Las comunidades de Sondeleg y Zhuzho no cuentan con infraestructura adecuada para la evacuación de aguas residuales, ni tampoco con ningún sistema de depuración y disposición final. En consecuencia el medio ambiente y la población presentan riesgos de contaminación y afecciones en la salud respectivamente, impidiendo de esta forma una adecuada calidad de vida y desarrollo, presentándose: enfermedades infecciosas, contaminación del suelo y fuentes de agua.

Por lo tanto el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Sígsig conjuntamente con la Universidad del Azuay ejecutan el diseño de las redes de alcantarillado sanitario y la planta de tratamiento de aguas residuales para dichas comunidades, buscando mejorar las condiciones de vida de los habitantes y dotar de infraestructura básica para el desarrollo de las mismas.

### **Objetivos**

#### **Objetivo General**

Diseñar las redes de alcantarillado sanitario y la planta de tratamiento de aguas residuales para las comunidades de Sondeleg y Zhuzho de la Parroquia San Sebastián de Sígsig, Cantón Sígsig, Provincia del Azuay.

### **Objetivos Específicos**

- Levantar y recopilar información necesaria para el diseño.
- Aplicar los parámetros y criterios de diseño de la normativa vigente.
- Realizar el diseño de los elementos de las redes de alcantarillado sanitario.
- Realizar el diseño de los elementos que conforman la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Realizar el presupuesto de las redes de alcantarillado sanitario y la planta de tratamiento de aguas residuales.

## CAPÍTULO 1

### RECOPILOCIÓN Y LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

#### 1.1 Descripción general de la zona

El proyecto del diseño de redes de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales para las comunidades de Sondeleg y Zhuzho está situado en el cantón Sígsig, ubicado al sureste de la provincia del Azuay y limita:

- Al norte con los cantones de Chordeleg y Gualaceo (Provincia del Azuay)
- Al sur con los cantones de Gualaquiza (Provincia de Morona Santiago) y Nabón (Provincia del Azuay)
- Al este con el cantón Gualaquiza (Provincia de Morona Santiago)
- Al oeste con los cantones de Girón y Cuenca (Provincia del Azuay), como se observa en la figura 1.1.

De acuerdo a la Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo, la parroquia Sígsig forma parte de la zona 6 de planificación que comprende las Provincias de Cañar, Azuay y Morona Santiago, como se observa en la figura 1.2, además al ser considerada como parroquia urbana, la misma no tiene un representante de la parroquia, sino el municipio hace la representación de la misma y forma parte del distrito 01D08 - SÍGSIG y del circuito 01D08C01 conjuntamente con las parroquias San Bartolomé, Guel y Cuchil.

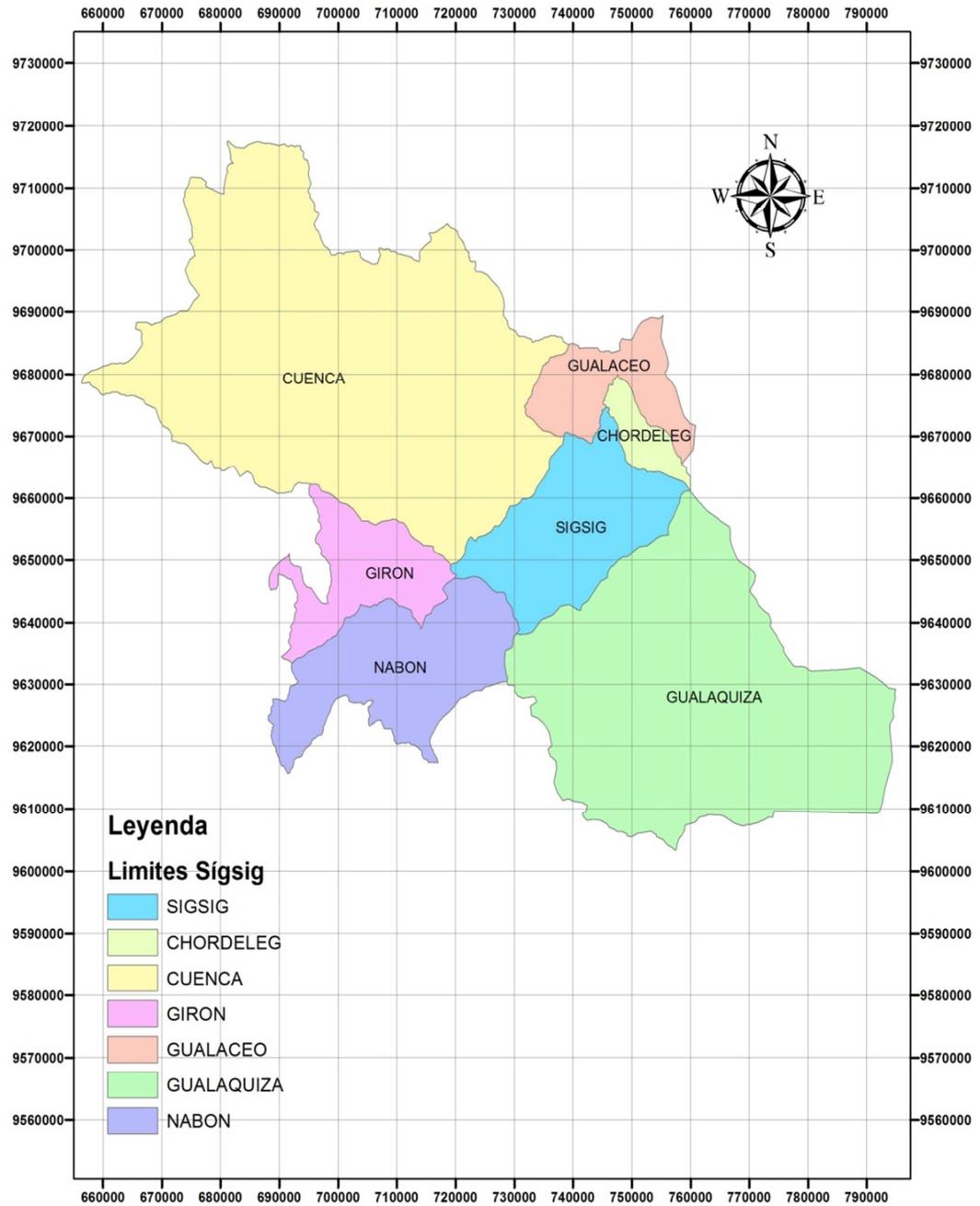


Figura 1.1: Mapa de límites del cantón Sigüig  
 Fuente: (IERSE, 2015)

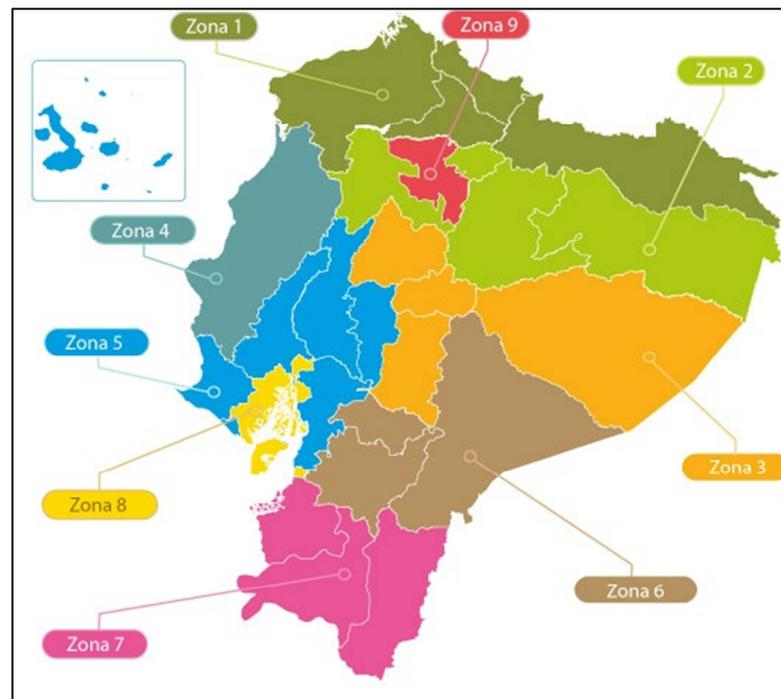


Figura 1.2: Mapa de Zonas de Planificación del Ecuador  
Fuente: (SENPLADES, 2013)

- Zona 1 - Norte: Esmeraldas, Carchi, Imbabura y Sucumbíos.
- Zona 2 - Centro Norte: Pichincha, Napo y Orellana.
- Zona 3 - Centro: Pastaza, Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo.
- Zona 4 - Pacífico: Manabí y Santo Domingo de los Tsáchilas.
- Zona 5 - Litoral: Guayas, Los Ríos, Santa Elena, Bolívar y Galápagos.
- Zona 6 - Austro: Azuay, Cañar y Morona Santiago.
- Zona 7 - Sur: El Oro, Loja y Zamora Chinchipe.
- Zona 8 - Guayaquil: Cantones de Guayaquil, Samborondón y Durán.
- Zona 9 - Quito: Distrito Metropolitano de Quito.

El cantón Sígsig está formado por seis parroquias rurales y una parroquia urbana que lleva el nombre del cantón, siendo la misma donde se ubican las comunidades y la más extensa del todo el cantón con 148.11 km<sup>2</sup>, seguida por: Cuchil 147.78 km<sup>2</sup>; Gima 126.35 km<sup>2</sup>; Ludo 94.13 km<sup>2</sup>; San José de Raranga 65.70 km<sup>2</sup>; San Bartolomé 34.50 km<sup>2</sup> y Guel 28.67 km<sup>2</sup>, como se observa en la figura 1.3 (GAD Sígsig, 2016).

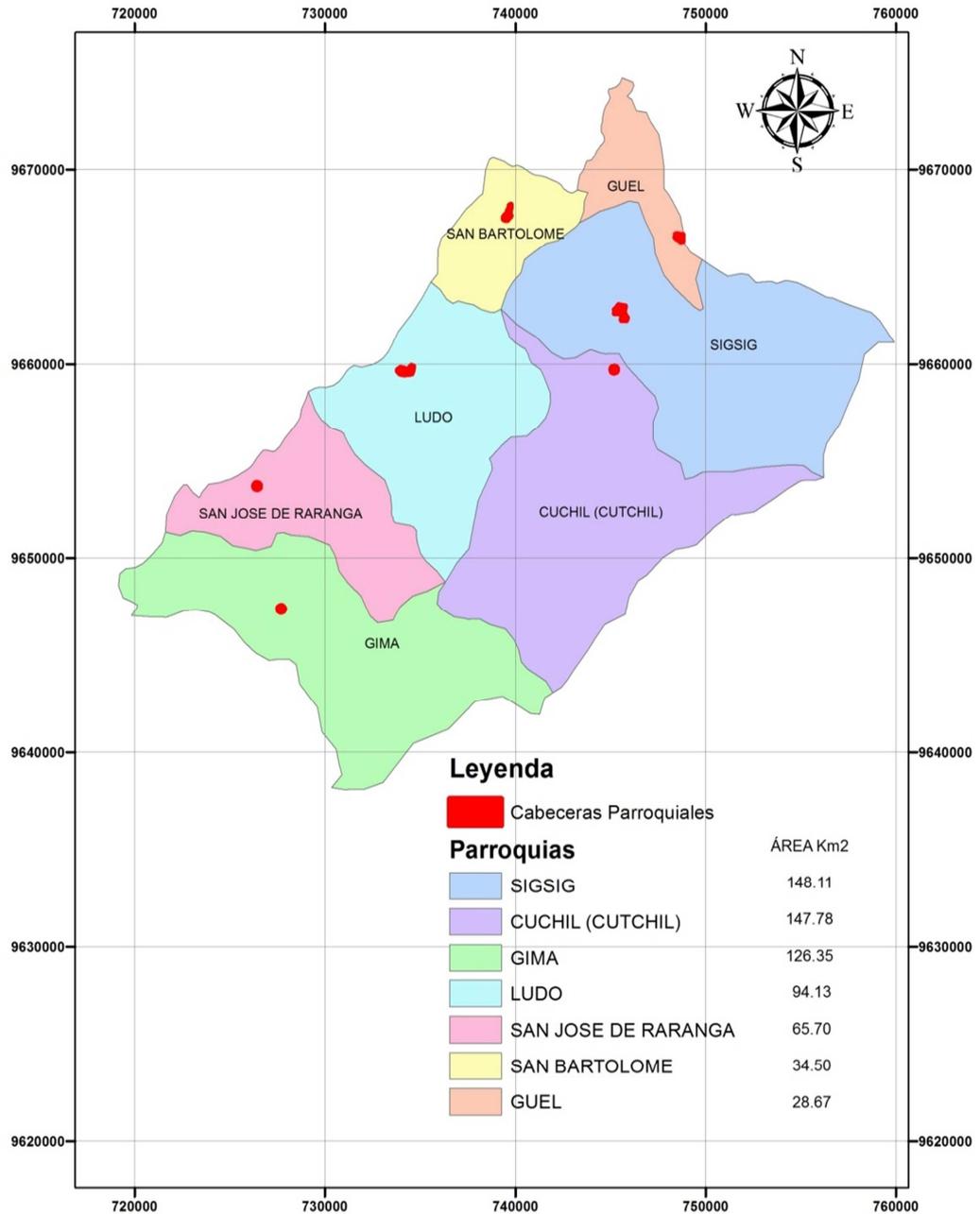


Figura 1.3: Mapa de las parroquias del cantón Sigsig  
Fuente: (IERSE, 2015)

### 1.1.1 Ubicación Geográfica y Vías de Acceso

Las comunidades de Sondeleg y Zhuzho se encuentran ubicadas en la parroquia San Sebastián de Sigsig y geográficamente se encuentran en las coordenadas WGS84:

Sondeleg: Longitud Este: 746 473

Latitud Norte: 9'660 672

Zhuzho: Longitud Este: 745 592

Latitud Norte: 9°660 541

Su conexión física se lo puede hacer mediante los siguientes anillos viales hasta la cabecera cantonal y luego tomar una de las dos vías que comunican las comunidades.

**Cuenca – Sígsig:**

- a) Cuenca – Gualaceo – Chordeleg – Sígsig (70km).
- b) Sígsig – San Bartolomé – El Valle – Cuenca (52 Km).
- c) Cuenca – Quingeo – Ludo – Sígsig (50 Km) (GAD Sígsig, 2016).

**Sígsig-Comunidades:**

Vía 1: 2.20 km

Vía 2: 2.81 km, como se observa en la figura 1.4.

La vía principal que conecta las comunidades posee una longitud de 2.51 km, en un estado regular de material suelto (lastre) no pavimentada y el tiempo en vehículo desde la cabecera cantonal por cualquiera de las dos vías hasta las comunidades es de aproximadamente cinco minutos.

**1.1.2 Área del proyecto**

El área del proyecto que comprende las comunidades de Sondeleg y Zhuzho es de aproximadamente 140 hectáreas, como se observa en la figura 1.4.

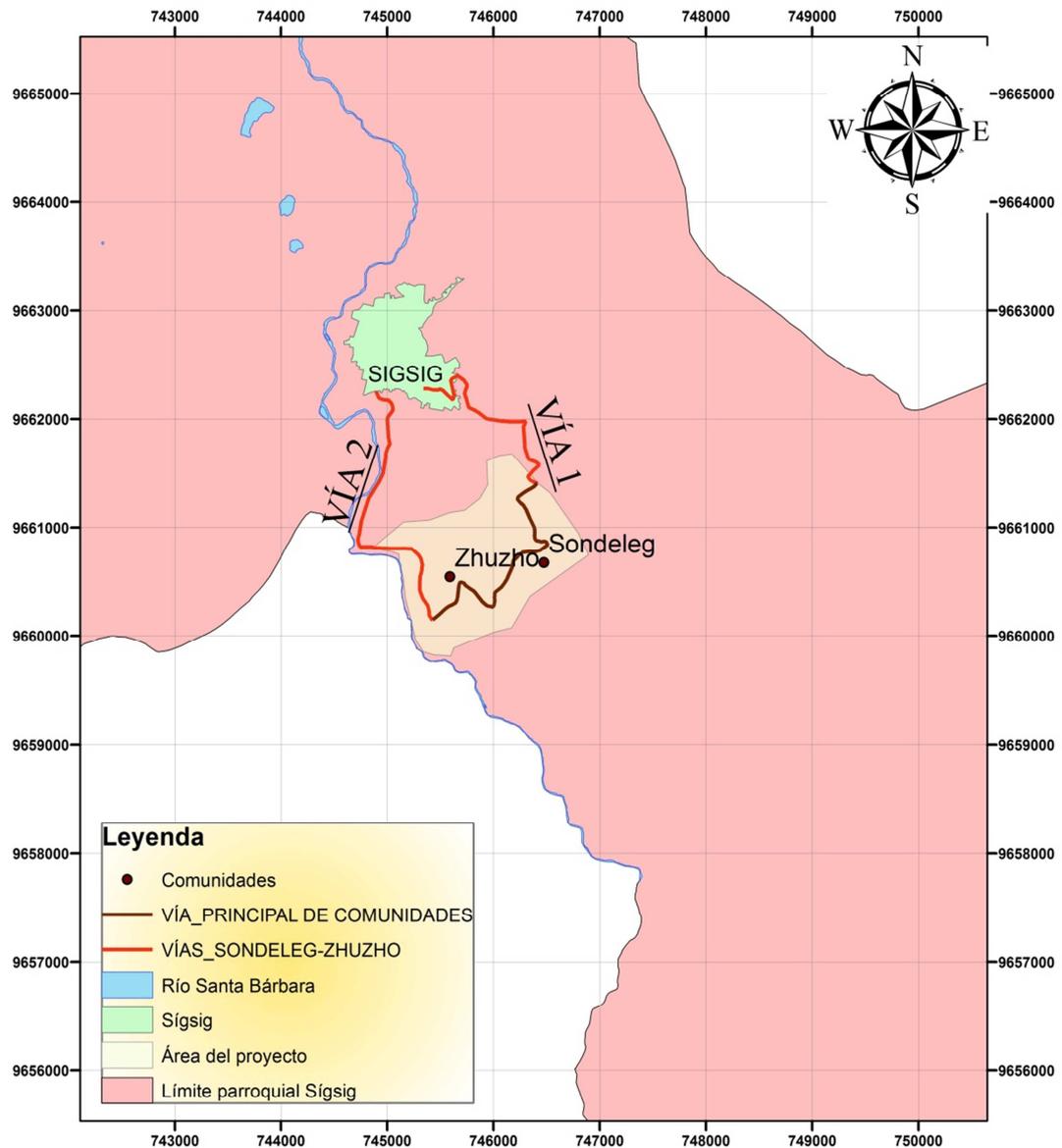


Figura 1.4: Mapa de Vías de acceso  
 Fuente: (SIGTIERRAS, 2015)

### 1.1.3 Clima

El clima de la zona es mesotérmico y semihúmedo con temperaturas promedio anuales entre 12 y 18°C. La zona de menor temperatura comprendida entre los 3 y 4°C en promedios anuales, se encuentra ubicada en la zona de la cordillera Oriental de la parroquia y ascienden conforme avanza a las zonas central y occidental de la parroquia, finalmente las temperaturas más altas se registran en las riberas del río Santa Bárbara, alcanzando los 16 y 17°C en promedios anuales, como se observa en las figura 1.5 (PDOT, 2012).

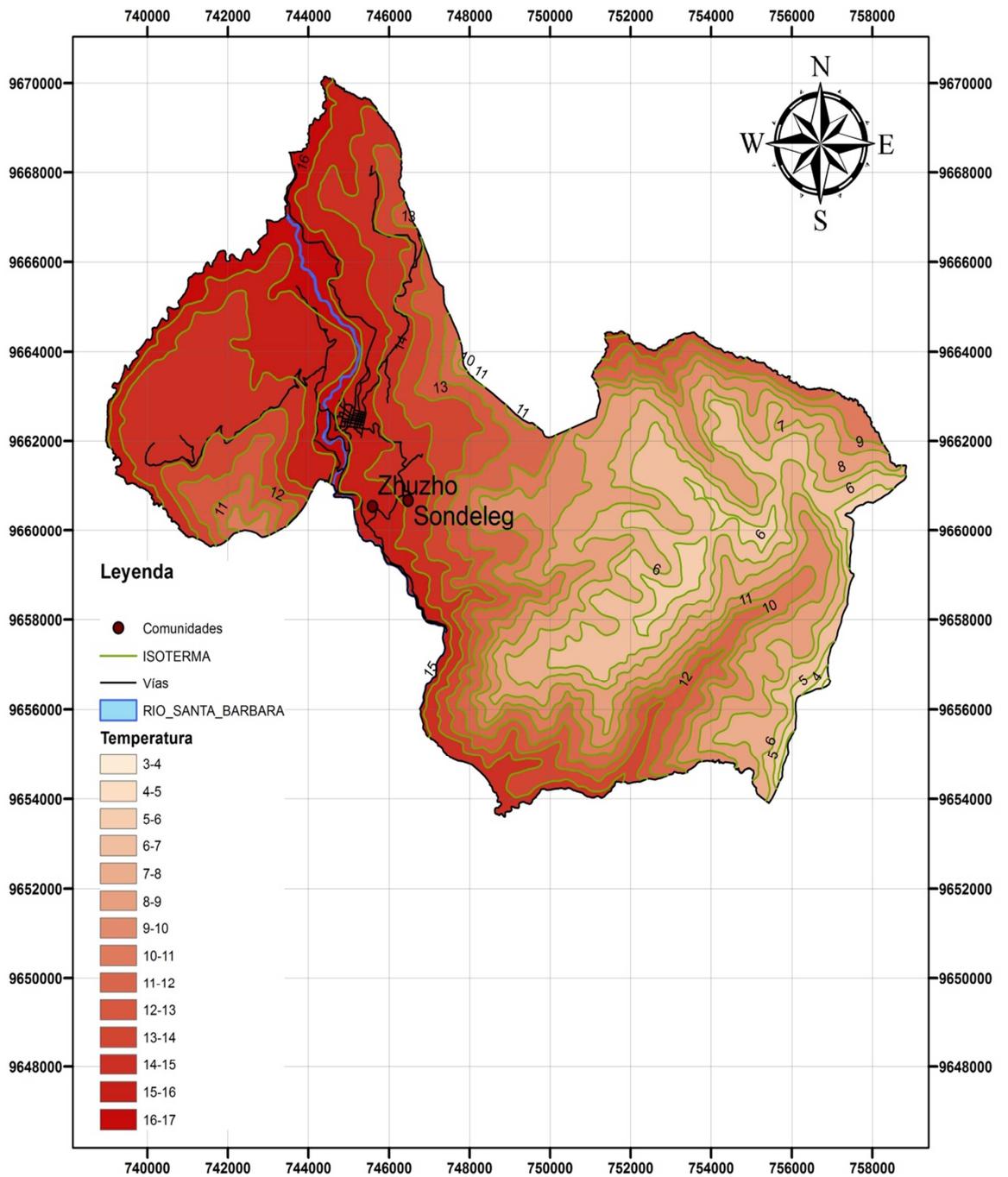


Figura 1.5: Mapa de Zonas de Temperatura  
 Fuente: (IEE, 2012)

### 1.1.4 Topografía y Pendientes

La topografía de la zona es irregular, con pendientes que oscilan en los diferentes ramales de acuerdo a los siguientes rangos de la tabla 1.1.

Tabla 1.1: Pendiente-Área-Porcentaje

Pendiente	Área(Ha)	Porcentaje	Descripción
0 – 2	74.12	0.50	Muy suave
2 – 5	135.674	0.91	Muy suave - Suave
5 – 12	541.587	3.66	Suave
12 – 25	1750.18	11.85	Media
25 – 50	4526.5	30.66	Media - Fuerte
50 – 70	3454.61	23.40	Fuerte
mayor a 70	4277.44	28.97	Muy fuerte

Fuente: (IEE, 2012)

En el caso particular de las comunidades sus pendientes oscilan del 5 al 20% presentándose condiciones para realizar actividades agroproductivas, como se observa en la figura 1.6 (PDOT, 2012).

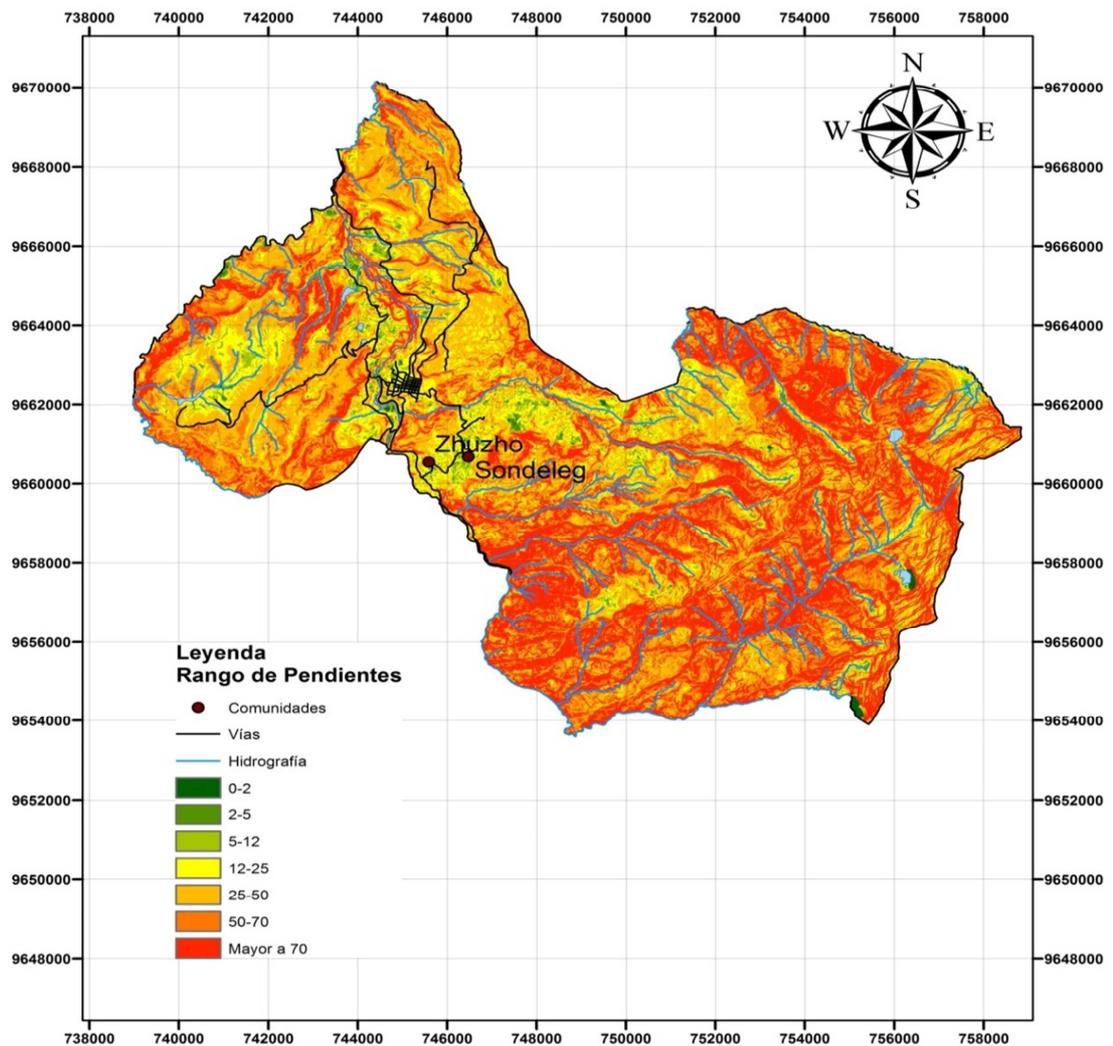


Figura 1.6: Mapa de Pendientes

Fuente: (IEE, 2012)

### **1.1.5 Suelos**

El suelo de la zona es de fertilidad media apropiada para pastos, cultivos agrícolas y frutícolas con susceptibilidad moderada a la erosión. De los 148.11 km<sup>2</sup> de la parroquia Sígsig, el 0.10% corresponde a uso agrícola con plantaciones de maíz, manzana y papa, un 21.56% del territorio corresponde al uso agropecuario mixto, en esta categoría se encuentra las asociaciones de maíz con frejol, haba y papa principalmente, además de los misceláneos frutales y hortalizas y el mayor porcentaje de territorio de la parroquia Sígsig corresponde a uso de conservación y protección, que alcanza el 59.48% del territorio parroquial, aquí se destaca los bosques húmedos ubicados en la parte oriental de la parroquia.

Otra categoría representa el 7.86% de uso de suelo con los pastos ubicados en la zona occidental de la parroquia, cerca de las zonas de cultivo siendo parte cotidiana de las actividades de las comunidades de la parroquia, por último las plantaciones de pino y eucalipto principalmente en las riberas del río Santa Bárbara representan el 2.46% del territorio parroquial (PDOT, 2012).

Las comunidades se encuentran dentro de la zona agropecuaria en su parte alta y dentro de la zona de plantaciones forestales en sus cercanías a la ribera del río Santa Bárbara, como se observa en la figura 1.7.

### **1.1.6 Geología**

De acuerdo PDOT 2012, el cantón Sígsig está constituido por litologías ligadas a procesos intrusivos, efectos de metamorfismo y secuencias volcánicas asociado a eventos continentales y marinos, al este del cantón en las estribaciones de la Cordillera Real; la geología se caracteriza por secuencias metamórficas relacionadas con el proceso de acreción, el oeste representado por un arco de islas pertenecientes al Terreno Alao de origen marino, el Terreno-Alao está conformado de una extensa faja de milonitas, esquistos verdes micáceos, filitas verdes grafiticas y meta volcánicos verdes, masivas y cizalladas.

En la parte centro occidente una alta influencia volcánica Terciaria-Cuaternaria, donde predominan composiciones riolitas, andesíticas a dacíticas asociados a las formaciones Saraguro, Nabón y Tarqui productos de volcanismo efusivo.

En el sector de Cuchil y cercano a la población de Sígsig, aflora en menor proporción materiales meta aglomerados, todos de bajo grado metamórfico, sin embargo en la zona de influencia de las comunidades se encuentran depósitos coluviales, como resultado del transporte gravitacional de los materiales resultantes de la desintegración de relieves primarios, están compuestos por bloques métricos de rocas graníticas, gneis, con presencia de rodados de cuarzo, bloques métricos subangulares de material esquistoso fuertemente alterado formando coluviones antiguos, como se observa en la figura 1.8 (PDOT, 2012).

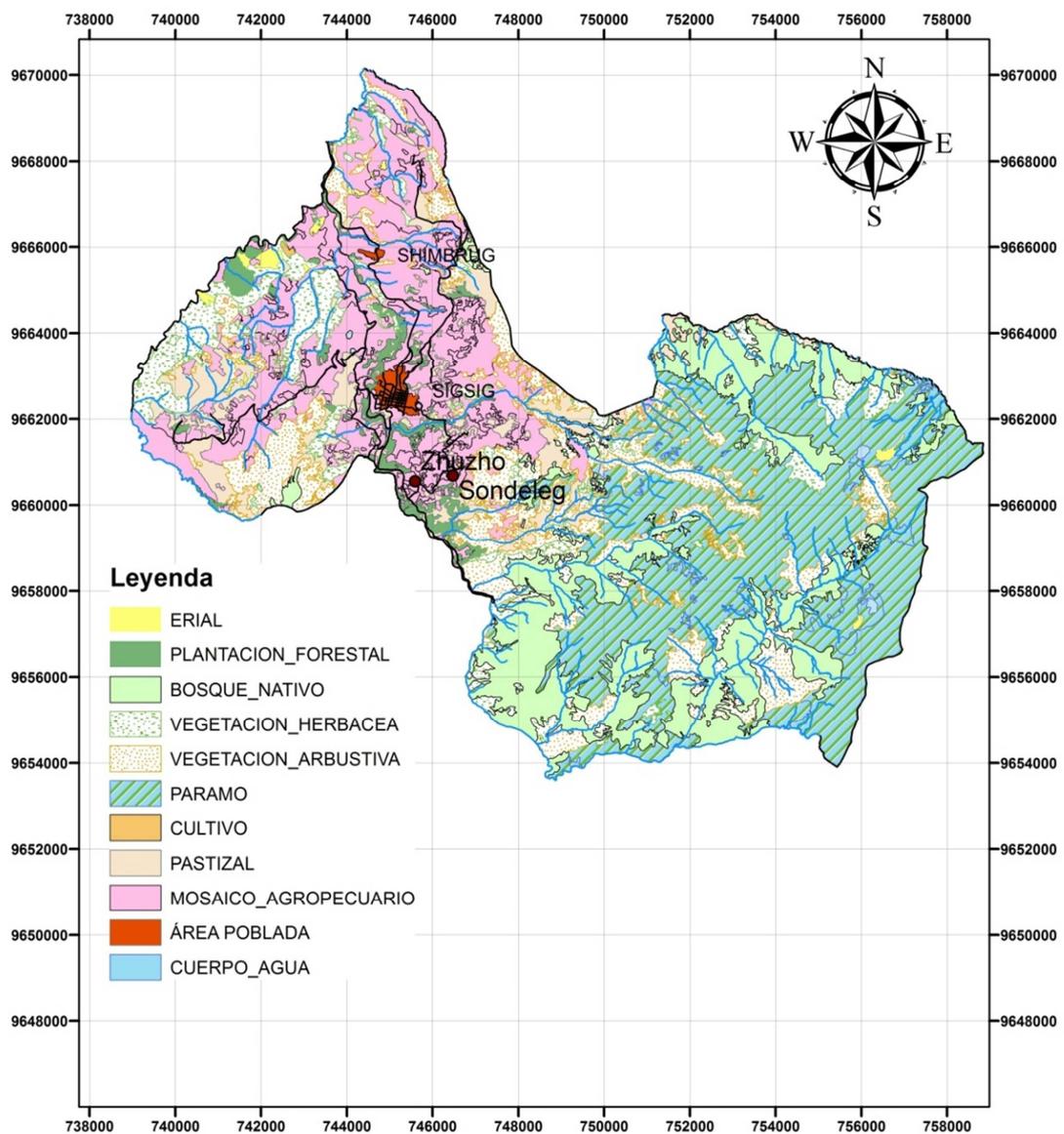


Figura 1.7: Mapa de Uso de Suelo  
 Fuente: (IEE, 2012)

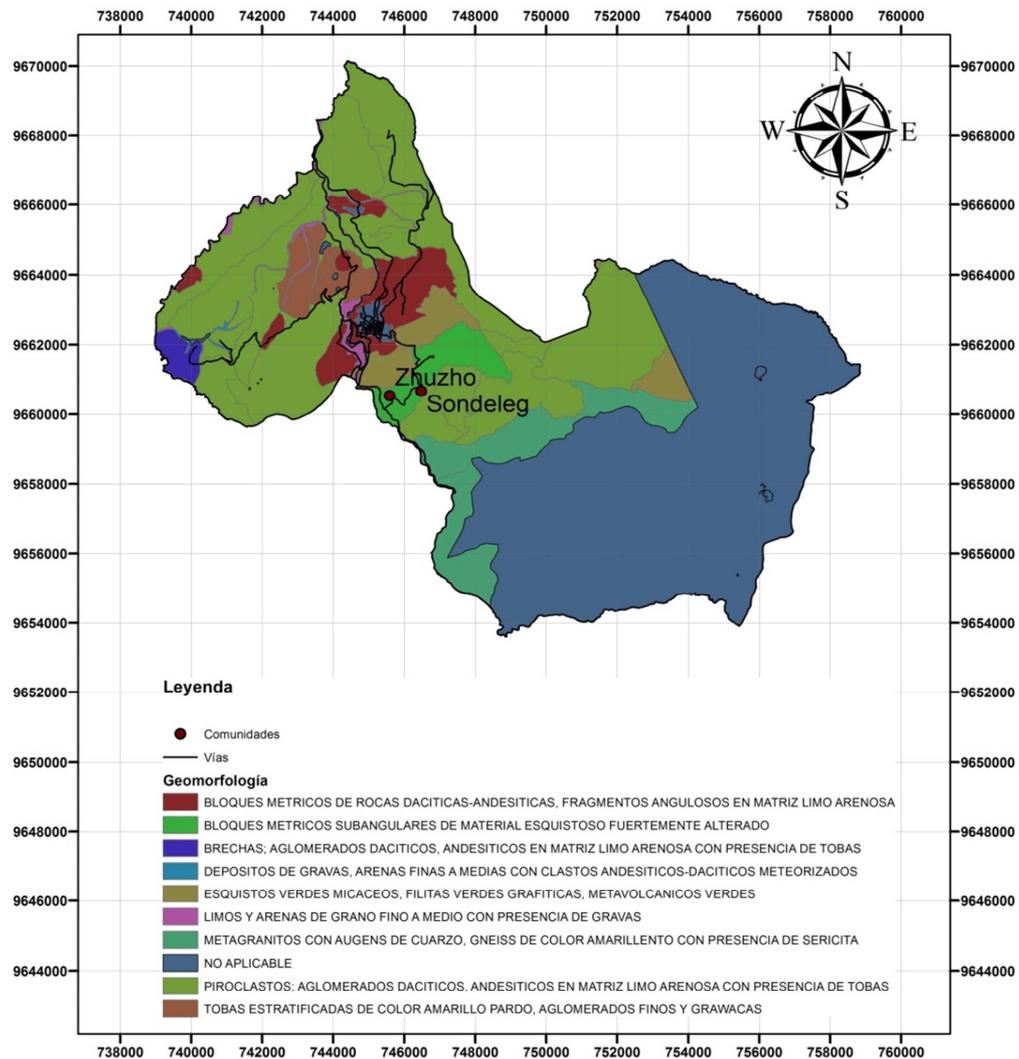


Figura 1.8: Mapa de Geomorfología

Fuente: (IEE, 2012)

### 1.1.7 Hidrografía

Para el análisis de la hidrografía e hidrología se suele tener como referencia la unidad fisiográfica conocida como cuenca, que es un espacio geográfico cuyos aportes hídricos naturales son alimentados exclusivamente por la precipitación y donde los excedentes de agua convergen en un punto de desembocadura.

Igualmente una cuenca hidrográfica es una unidad de territorio que capta la precipitación y conduce el escurrimiento hasta un punto de salida en el cauce principal que generalmente es un área demarcada por una divisoria topográfica (PDOT, 2012).

De acuerdo al PDOT 2012, el mapa de división hidrográfica de la figura 1.10, identifica que la parroquia Sígsig pertenece a la cuenca del río Santiago, a la subcuenca del río Paute y se observa varias microcuencas en la parroquia que se detallan, sin embargo se debe enfatizar la microcuenca del río Alcacay ya que esta abastece de agua para consumo humano al mayor asentamiento poblacional de la parroquia, el centro cantonal de Sígsig.

Las comunidades de Sondeleg y Zhuzho se encuentran dentro de una cuenca general de drenajes menores limitada por los siguientes ríos:

Al oeste el río principal: Santa Bárbara.

Al norte el río secundario: Alcacay.

Al sur la quebrada: Curuncay, como se observa en la figura 1.9.

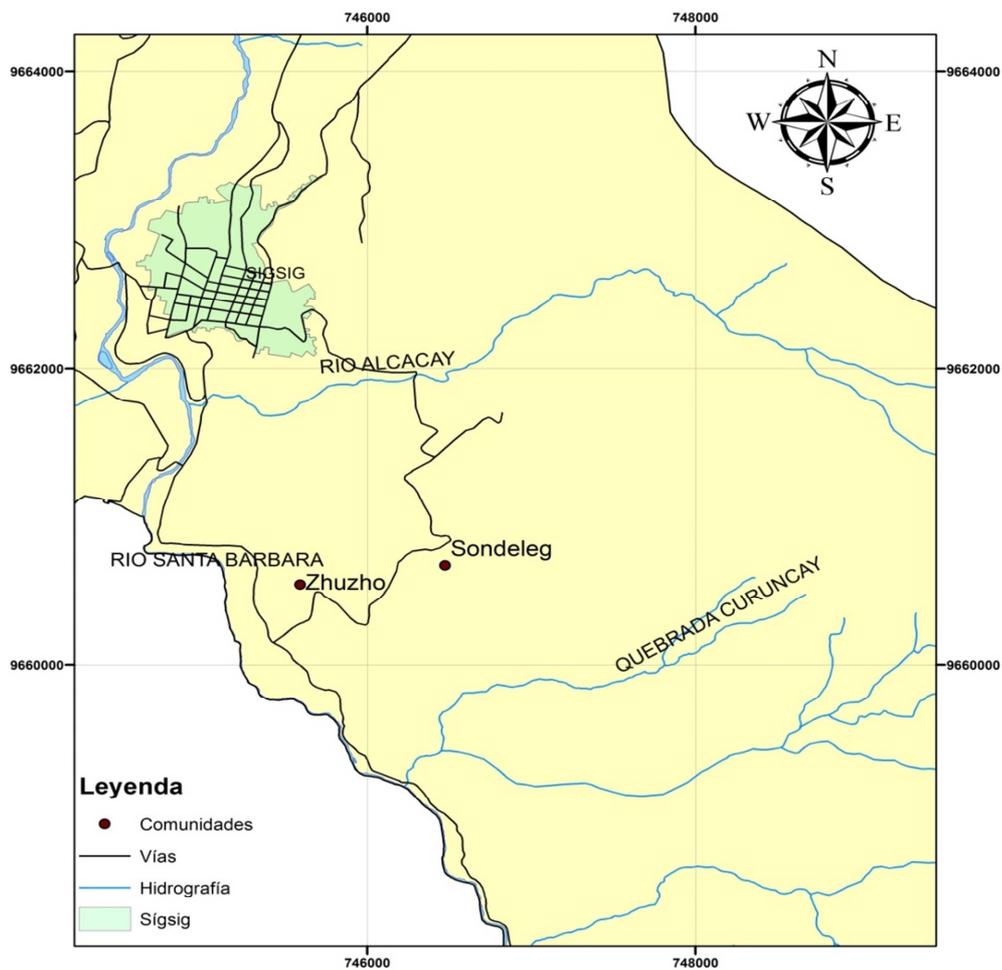


Figura 1.9: Mapa Hidrográfico

Fuente: (IGM, 2015)

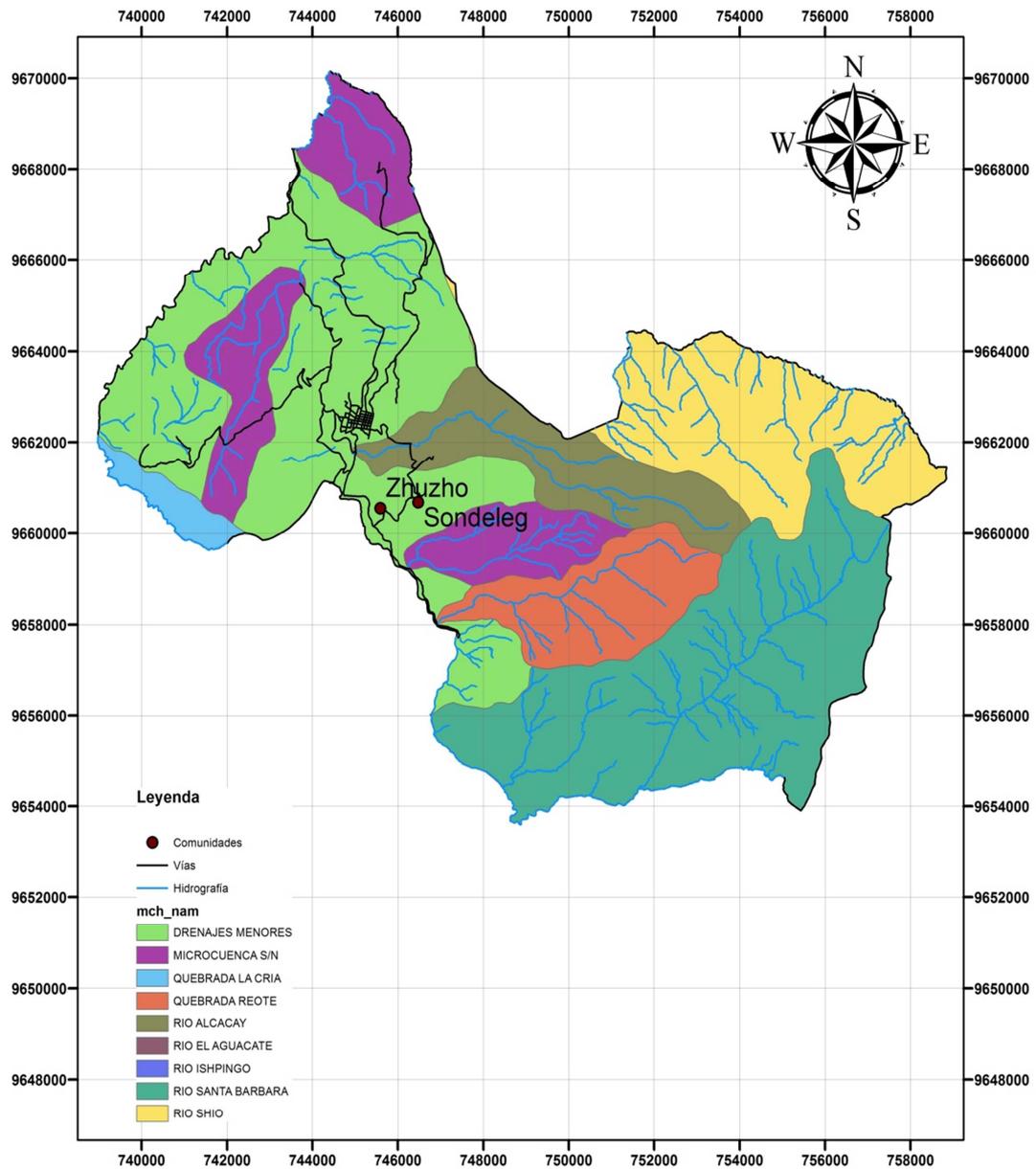


Figura 1.10: Mapa de Microcuencas Hidrográficas  
Fuente: (IEE, 2012)

### 1.1.8 Áreas Naturales Protegidas

Se refiere a los sectores geográficos que tienen una importancia para la conservación, ya que cumplen con requisitos biológicos, étnicos y geofísicos importantes para el patrimonio nacional. Estos espacios se encuentran dentro del Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (PANE) y también dentro de bosques y vegetación protectora declarada por el MAE.

La parroquia Sígsig presenta 6230,21 ha de bosque y vegetación protectora que pertenece a el ABVP de la cuenca del río Paute, ubicada en la zona más oriental de la parroquia (PDOT, 2012).

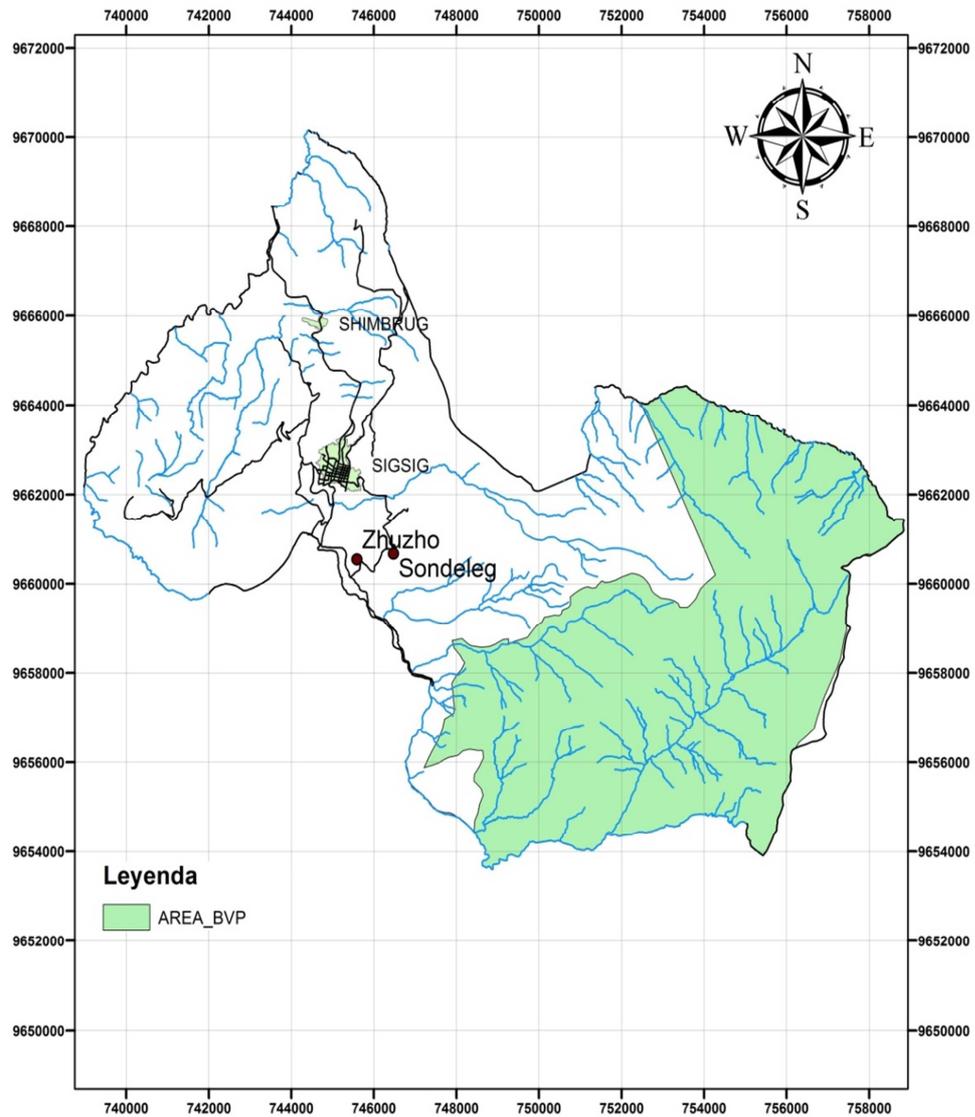


Figura 1.11: Mapa de ABVP

Fuente: (IEE, 2012)

### 1.1.9 Precipitación

De acuerdo al INAMHI y la INECCEL, existen dos estaciones meteorológicas en la parroquia Sígsig, la del Inamhi con una precipitación anual de 707.6 mm al año y la del Inecel con una precipitación anual de 639.7 mm al año.

Tabla 1.2: Precipitación mensual

Código	Nombre Estación	Ppa	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
M424	INAMHI	707.6	42.4	63.5	73	80.3	70.8	56.4	70.4	46.1	39.3	60.4	56.1	48.9
M664	INECEL	639.7	39.1	52.5	70.1	81.9	61.2	44.4	55.2	41.5	38.1	67.1	45.4	43.1

Fuente: (INAMHI-INECEL, 2015)

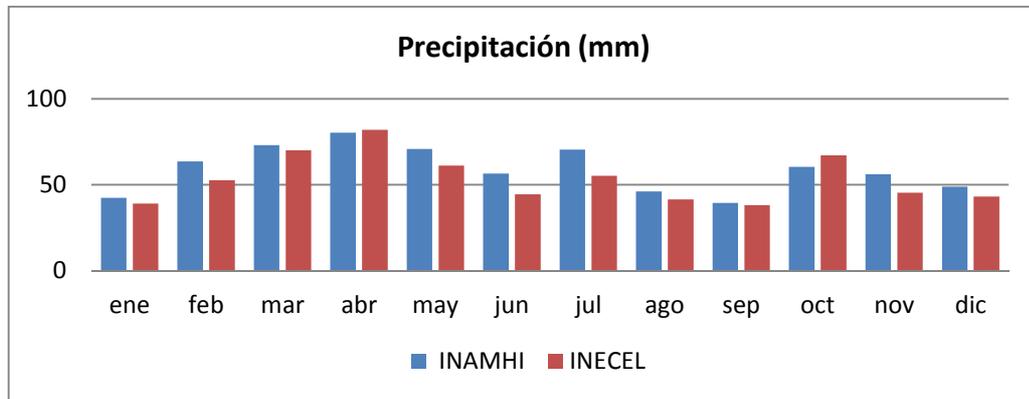


Figura 1.12: Precipitaciones por Estaciones Meteorológicas

Fuente: (INAMHI-INECEL, 2015)

Los resultados del mapa de isoyetas, presenta variaciones importantes en sus niveles de precipitación, que varían entre los rangos de 700 a 1900 mm, las zonas de mayor precipitación se encuentran ubicadas en la parte nororiental de la parroquia; conforme se avanza hacia el oeste los rangos de precipitación disminuyen hasta las zonas más bajas de precipitación ubicados en la confluencia de los ríos Santa Bárbara y Bolo Pamar, que registran las precipitaciones más bajas de la parroquia en promedios anuales de 700 mm, conjuntamente con la zona donde se ubican las comunidades con una precipitación promedio de 800 mm por año, como se observa en la figura 1.13 (PDOT, 2012).

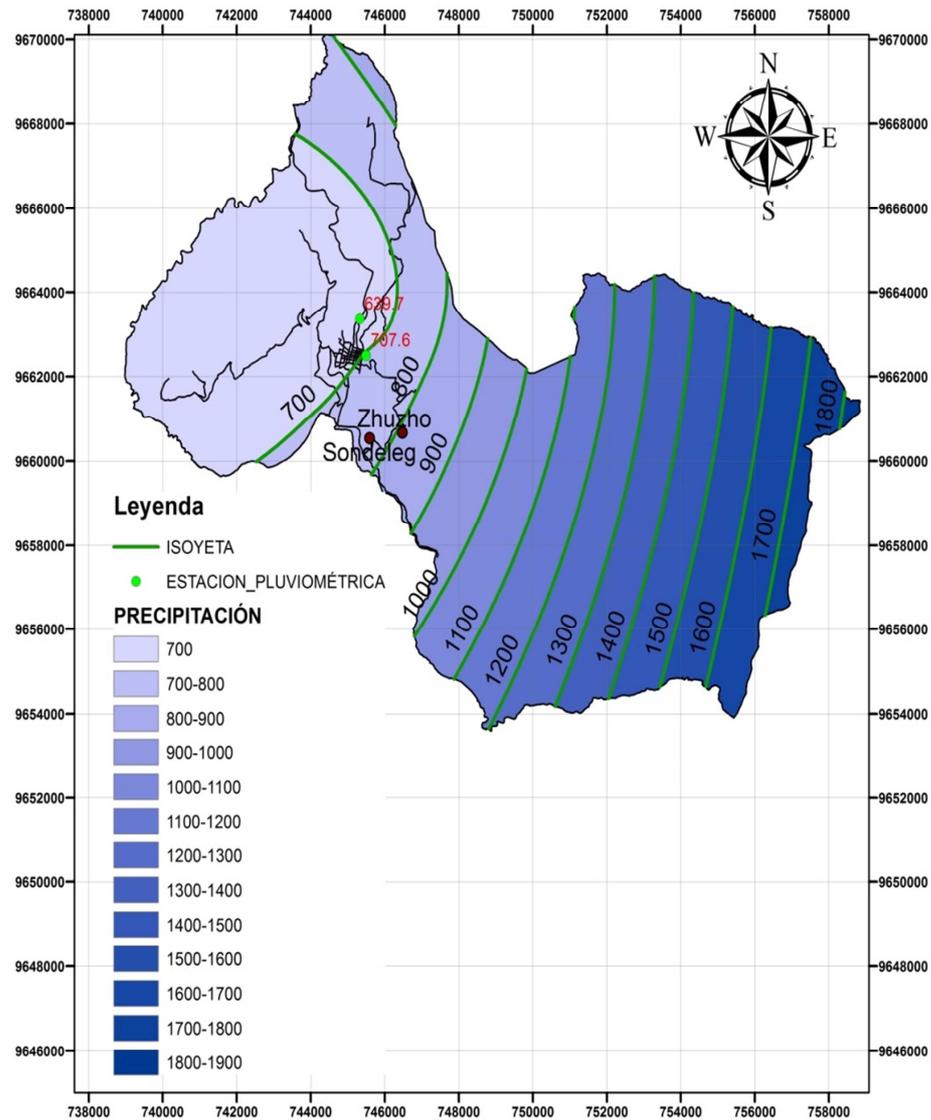


Figura 1.13: Mapa de Zonas de Precipitación  
Fuente: (IEE, 2012)

### 1.1.10 Turismo

Entre los atractivos turísticos de la parroquia, se destaca su riqueza histórica como su centro histórico, el museo municipal, los diferentes lugares que albergan vestigios arqueológicos de diversas culturas, la cueva negra de Chobshi, las riberas del río Santa Bárbara y las playas de Zhingate ubicada a pocos minutos del centro parroquial donde se realizan importantes eventos de carácter social y cultural como la fiesta de carnaval y el tradicional “Lunes Sigseño” donde se congregan gran cantidad de sigseños y turistas para finalizar las festividades de cantonización (PDOT, 2012).



Figura 1.14: Foto Playas de Zhingate  
Fuente: (GAD Sígsig, 2016)



Figura 1.15: Ubicación Playas de Zhingate  
Fuente: (SIGTIERRAS, 2015)

### 1.1.11 Aspectos demográficos

De acuerdo a los datos del Censo de población y vivienda 2010, el cantón Sígsig presenta una población total de 26 910 habitantes en el área urbana y rural. En el área urbana la población es de 3 676 habitantes, en el área rural la población es de 23 234 habitantes.

Tabla 1.3: Distribución Poblacional

Nombre de parroquia	URBANO	RURAL	Total
CUCHIL	-	1 688	1 688
GIMA	-	2 886	2 886
GUEL	-	1 348	1 348
LUDO	-	3 366	3 366
SAN BARTOLOMÉ	-	4 101	4 101
SAN JOSÉ DE RARANGA	-	2 351	2 351
SÍGSIG	3 676	7 494	11 170
<b>Total</b>	<b>3 676</b>	<b>23 234</b>	<b>26 910</b>

Fuente: (INEC, 2010)

De los 26 910 habitantes 11 915 son hombres y 14 995 son mujeres, siendo Sígsg la parroquia más poblada, representando el 41.51 % de la población de todo el cantón, donde el 44 % de la población del cantón son hombres y el 56% son mujeres.

Tabla 1.4: Población Hombres-Mujeres

Nombre de parroquia	Hombre	Mujer	Total
CUCHIL	725	963	1 688
GIMA	1 299	1 587	2 886
GUEL	564	784	1 348
LUDO	1 494	1 872	3 366
SAN BARTOLOMÉ	1 834	2 267	4 101
SAN JOSÉ DE RARANGA	1 040	1 311	2 351
SÍGSIG	4 959	6 211	11 170
<b>Total</b>	<b>11 915</b>	<b>14 995</b>	<b>26 910</b>

Fuente: (INEC, 2010)

El Censo de población y vivienda 2010 también indica el número de personas promedio por hogar según las parroquias: Sígsg 3.70; Cuchil 3.38; Gima 3.62; Guel 3.23; Ludo 4.08; San Bartolomé 4.02 y San José de Raranga 4.10.

Tabla 1.5: Promedio de personas por hogar

Nombre de la Parroquia	Total de personas	Total de hogares	Promedio de personas por hogar
SÍGSIG	11 111	3 005	3.70
CUCHIL	1 688	500	3.38
GIMA	2 886	798	3.62
GUEL	1 348	417	3.23
LUDO	3 365	825	4.08
SAN BARTOLOMÉ	4 101	1 019	4.02
SAN JOSÉ DE RARANGA	2 351	574	4.10

Fuente: (INEC, 2010)

En referencia a los censos nacionales efectuados por el INEC en los años 1990, 2001 y 2010, la evolución de la población en los últimos 20 años muestra evidencia de una tendencia creciente de la población en los dos períodos censales. La tasa de crecimiento intercensal al año 2001 es de 0.89% menos del 1%, mientras que para el año 2010 se experimenta un incremento considerable que alcanza al 11.09% en el período intercensal 2001-2010.

Tabla 1.6: Evolución de la población 1990-2010

<b>Crecimiento Intercensal en la parroquia Sígsig</b>			
<b>Año</b>	<b>Hombre</b>	<b>Mujer</b>	<b>Total</b>
1990	4 425	5 541	9 966
2001	4 443	5 612	10 055
2010	4 959	6 211	11 170

Fuente: (INEC, 2010)

La población ocupada por rama de actividad del cantón Sígsig, de acuerdo a la figura 1.16, se observa que la principal actividad de los pobladores del cantón Sígsig es la agricultura, silvicultura, ganadería y pesca, siendo al mismo tiempo su principal fuente de ingresos.

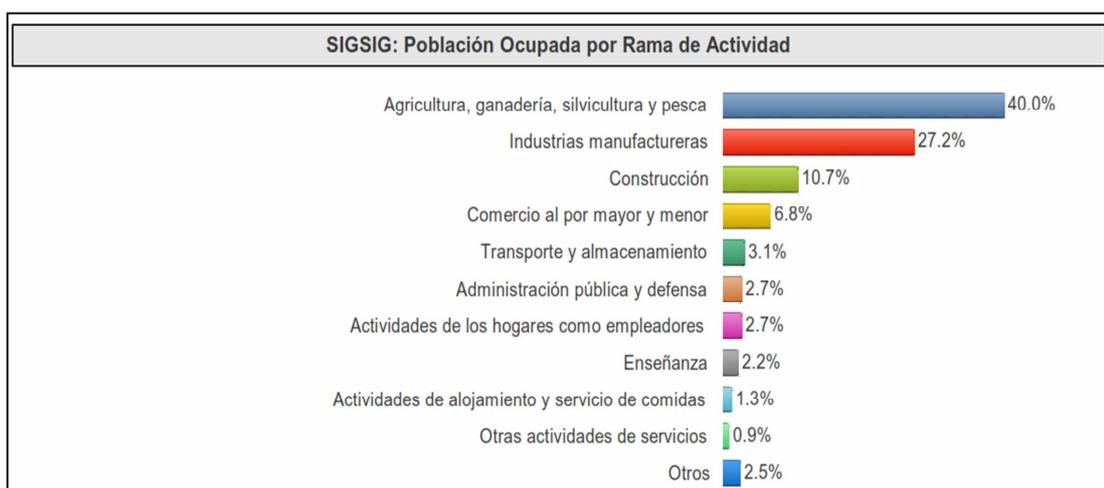


Figura 1.16: Población Ocupada por Rama de Actividad del cantón Sígsig  
Fuente: (INEC, 2010)

En cuanto a los niveles de instrucción de la población como se indica en la tabla 1.7, 3 229 personas que representan el 47.93% de la población tiene como nivel de instrucción más alto la primaria, 1 440 personas que equivalen a 21.37% terminaron la educación básica; 313 personas es decir, el 4.65% de la población han terminado el bachillerato y apenas 139 personas que representan el 2.06% de la población tiene educación superior y 513 personas que representan el 7.61% de la población no tienen ninguna instrucción

Tabla 1.7: Nivel de Instrucción

Nivel de instrucción más alto al que asiste o asistió	Sígsg	%
Ninguno	513	7.61
Centro de Alfabetización	173	2.57
Preescolar	36	0.53
Primario	3 229	47.93
Secundario	700	10.39
Educación Básica	1 440	21.37
Bachillerato - Educación Media	313	4.65
Ciclo Post bachillerato	14	0.21
Superior	139	2.06
Postgrado	2	0.03
Se ignora	178	2,64
<b>Total</b>	<b>6 737</b>	<b>100</b>

Fuente: (INEC, 2010)

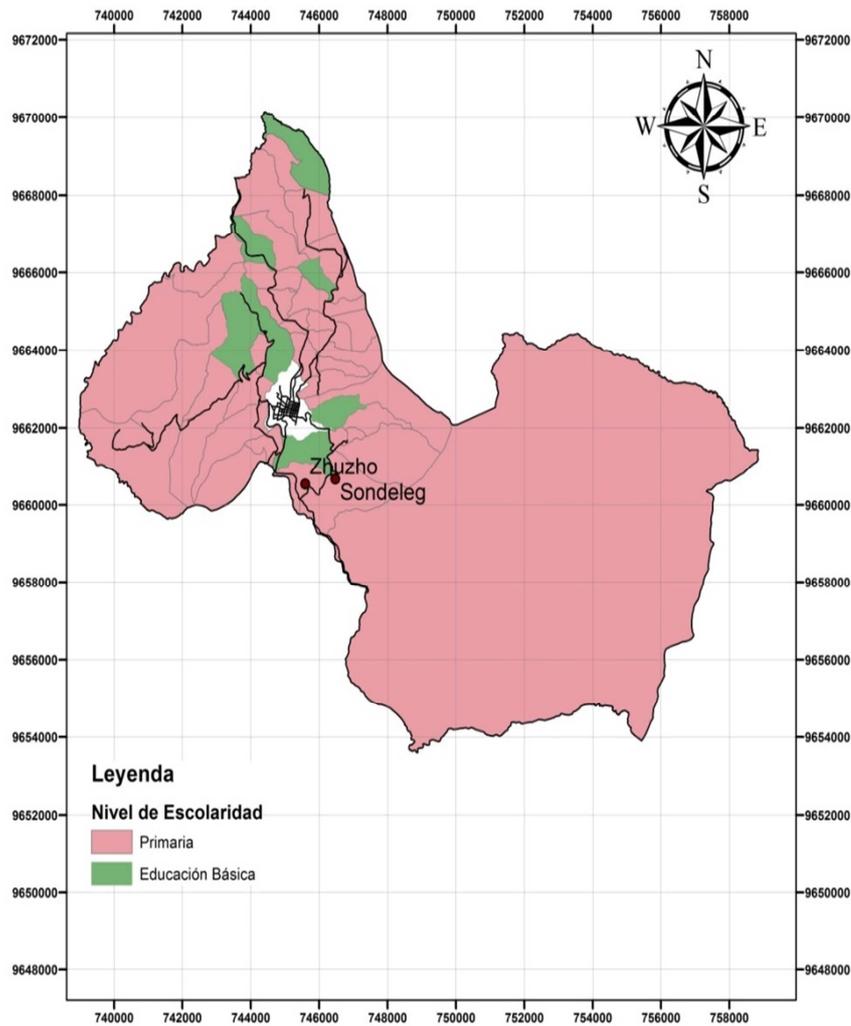


Figura 1.17: Mapa de Nivel de Escolaridad

Fuente: (IEE, 2012)

### 1.1.12 Enfermedades

Las principales enfermedades registradas en el Hospital San Sebastián de Síg sig al mes de enero de 2015 fueron: amigdalitis, diabetes, hipertensión arterial, infección urinaria, resfrió común, diarrea de origen infeccioso, conjuntivitis viral, enfermedad cardiaca y parasitismo intestinal. Las posibles causas de estas enfermedades son: una mala alimentación y malos hábitos de higiene, además se debe considerar que en la periferia de la cabecera cantonal no dispone de agua potable, lo cual provoca infecciones estomacales, parasitarias y como se observa en la tabla 1.8 la enfermedad que tiene mayor frecuencia es la amigdalitis sobre todo en la población de 1 a 14 años (PDOT, 2012).

Tabla 1.8: Registro de Enfermedades

PRINCIPALES CAUSAS DE MORBILIDAD AMBULATORIA ENERO DE 2015 HOSPITAL SAN SEBASTIAN																			
DIAGNOSTICO	CODIGO	< 1 AÑO		1 A 4 AÑOS		5 A 14 AÑOS		15 A 35 AÑOS		36 A 49 AÑOS		50 A 64 AÑOS		65 Y + AÑOS		TOTAL		TOTAL GENERAL	
		H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M		
AMIGDALITIS	J03			2	4		3								1	2	8	10	
DIABETES MELLITUS NO INSULINO DEPENDIENTE	E11									2	2	1	4			6	3	9	
HIPERTENSION ARTERIAL	I10									1	2	1	1	4	3	6	9		
INFECCIÓN URINARIA	N39					1		5				1		1			8	8	
RINOFARINGITIS / RESFRIO COMUN	J00	1		2	2	2										5	2	7	
EDA/GASTROENTERITIS/ DIARREA DE ORIGEN INFECC	A09	1		2		2	1									5	1	6	
CERVICITIS	N72								3		3							6	6
CONJUNTIVITIS VIRAL	B30	2		1				1				1		1		6		6	
ENFERMEDAD CARDIACA HIPERTENSIVA	I11												1	3	1	3	4	4	
PARASITISMO INTESTINAL	B82.9					2	1				1					2	2	4	

PRINCIPALES CAUSAS DE MORBILIDAD AMBULATORIA ENERO DE 2015 ZHIMBRUG																		
DIAGNOSTICO	CODIGO	< 1 AÑO		1 A 4 AÑOS		5 A 14 AÑOS		15 A 35 AÑOS		36 A 49 AÑOS		50 A 64 AÑOS		65 Y + AÑOS		TOTAL		TOTAL GENERAL
		H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	
AMIGDALITIS	J03	1		5	3	2	5	2	6		3					10	17	27
RINOFARINGITIS / RESFRIO COMUN	J00			3	7	2	2		3							5	12	17
HIPERTENSION ARTERIAL	I10											1	4	3	6	4	10	14
FARINGITIS	J02.9	1	1	3		1	3	2		2						7	6	13
EDA/GASTROENTERITIS/ DIARREA DE ORIGEN INFECC	A09		1	2		1	3	1		1						5	4	9
DORSALGIA ( LUMBALGIA )	M54							1		1		1	1	4	1	7	8	
BRONQUITIS AGUDA	J20	1		2	2	1						1				4	3	7
CONJUNTIVITIS	H10				1	1		1								2	1	3
INFECCIÓN URINARIA	N39										2						2	2
GASTRITIS DUODENITIS	K29							1	1							1	1	2

Fuente: (Hospital San Sebastián de Síg sig, 2012)

### 1.1.13 Servicios Existentes

A nivel cantonal los servicios existentes son: Administración y Gestión: Municipio, Policía, Registro Civil, Hospital San Sebastián, Instituciones Financieras, Notarías, Registro de la Propiedad.

En lo referente al abastecimiento de agua de 2 960 viviendas 1 524 se abastecen por tubería dentro de la vivienda, en 1 058 viviendas lo hacen por tubería fuera de la vivienda pero dentro del edificio o terreno, lo cual no significa que sea agua potable. En 251 viviendas no reciben agua por tubería sino por otros medios. En el caso de procedencia del agua para tomar, el 67 % de la población bebe el agua tal como la obtiene, el 29 % hierve el agua, el 3 % colocan cloro y el 1 % filtran el agua o compran agua purificada, como se observa en la tabla 1.9 (INEC, 2010).

Tabla 1.9: Tipo de Conexión para Abastecimiento de Agua

<b>Conexión para Abastecimiento de Agua en la parroquia Sígsig</b>		
<b>Tipo de conexión</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Por tubería dentro de la vivienda	1 524	51.49
Por tubería fuera de la vivienda pero dentro del edificio o terreno	1 058	35.74
Por tubería fuera del edificio, lote o terreno	127	4.29
No recibe agua por tubería sino por otros medios	251	8.48
<b>Total</b>	<b>2 960</b>	<b>100</b>

Fuente: (INEC, 2010)

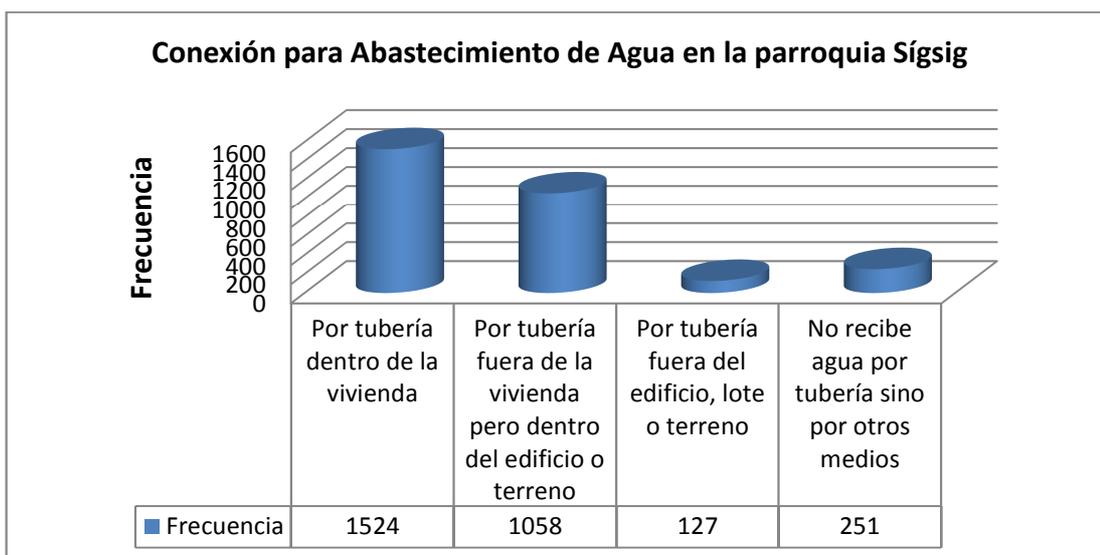


Figura 1.18: Tipo de Conexión para Abastecimiento de Agua

Fuente: (INEC, 2010)

Para la evacuación de las aguas servidas en la parroquia, según el Censo de Población y vivienda del 2010 el 29.22% de las viviendas están conectadas a los servicios de red pública de alcantarillado, mientras que un mayor porcentaje el 45,91% de las viviendas utiliza pozos sépticos, el 7.94% tiene pozos ciegos, el 2.23% descargan sus desechos directamente al río, mar o lago, el 2.13% usa letrinas y el 12.57% no posee ningún mecanismo de eliminación, como se observa en la tabla 1.10.

Tabla 1.10: Evacuación de Aguas Residuales

<b>Evacuación de Aguas Residuales en la parroquia Sígsig al año 2010</b>		
<b>Tipo de conexión</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Conectado a red pública de alcantarillado	865	29.22
Conectado a pozo séptico	1 359	45.91
Conectado a pozo ciego	235	7.94
Con descarga directa al mar, río, lago o quebrada	66	2.23
Letrina	63	2.13
No tiene	372	12.57
<b>Total</b>	<b>2 960</b>	<b>100</b>

Fuente: (INEC, 2010)

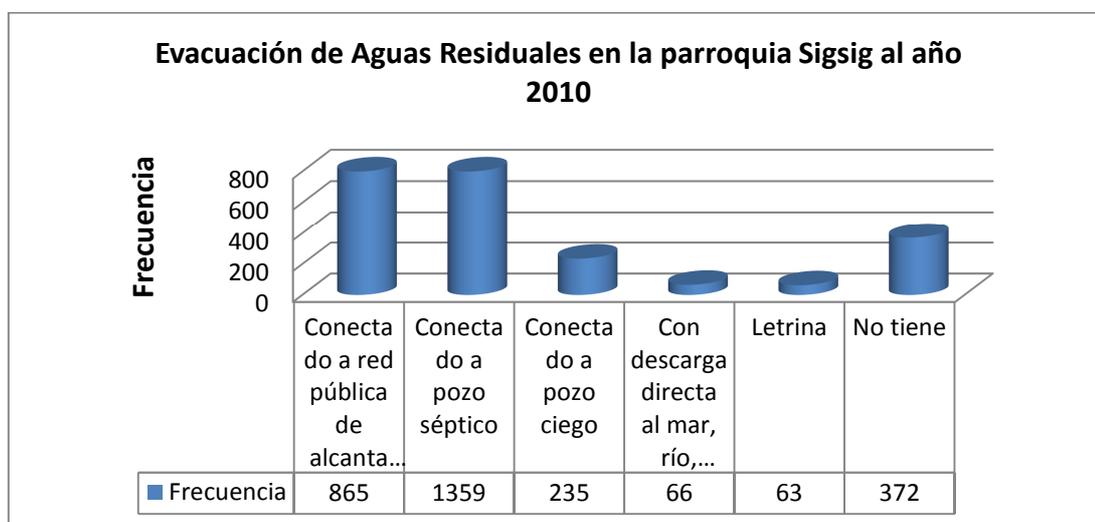


Figura 1.19: Evacuación de Aguas Residuales

Fuente: (INEC, 2010)

Finalmente para la parroquia Sígsig de acuerdo a datos del Censo de Población y vivienda del 2010 indica que el acceso a la energía eléctrica de procedencia de la empresa eléctrica representa un 97.40%, representando 2 883 viviendas y únicamente 77 viviendas no tiene el servicio de energía eléctrica, como se observa en la tabla 1.11.

Tabla 1.11: Acceso a Energía Eléctrica

Acceso a Energía Eléctrica		
Tipo de red	Frecuencia	Porcentaje
Red de empresa eléctrica de servicio público	2 883	97.40
No tiene	77	2.60
<b>Total</b>	<b>2 960</b>	<b>100</b>

Fuente: (INEC, 2010)

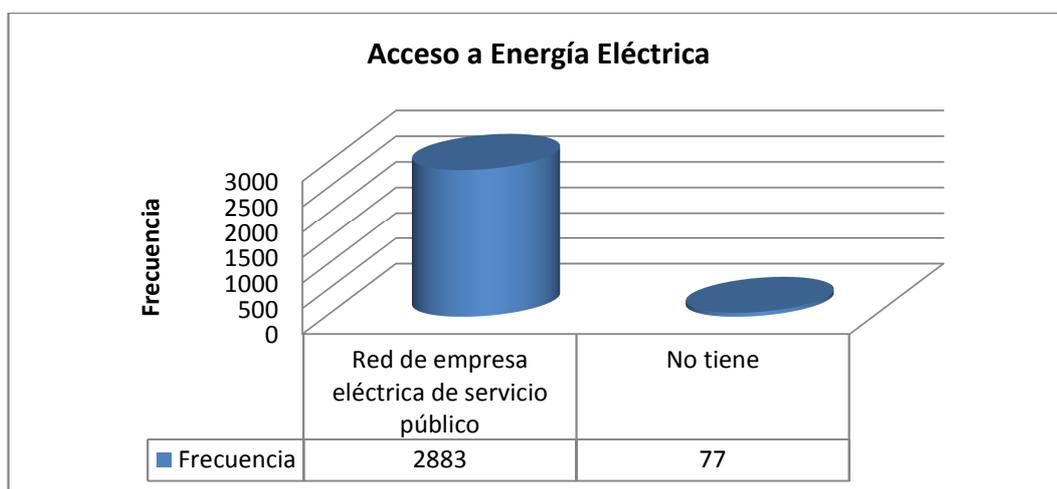


Figura 1.20: Acceso a Energía Eléctrica

Fuente: (INEC, 2010)

En el caso particular de las comunidades de Sondeleg y Zhuzho coinciden de forma general con toda la información antes mencionada, sin embargo a continuación se muestran datos específicos recopilados de las comunidades, realizados a través de una encuesta a los habitantes del sector.

**Anexo 1:** Encuestas realizadas en las comunidades de Sondeleg y Zhuzho.

A nivel de la comunidad se cuenta con abastecimiento de agua (95%) y de energía eléctrica (97%), administrativamente cuentan con representantes por cada comunidad y juntas de agua potable.

El servicio eléctrico se lo suministra a través del servicio nacional interconectado por la Empresa Eléctrica Regional Sur, encargada de brindar el servicio para las provincias de Azuay y Morona Santiago, en forma regular.

El servicio de abastecimiento de agua de las comunidades, es un sistema que considera únicamente una cloración para su desinfección.



Figura 1.21: Abastecimiento de Agua

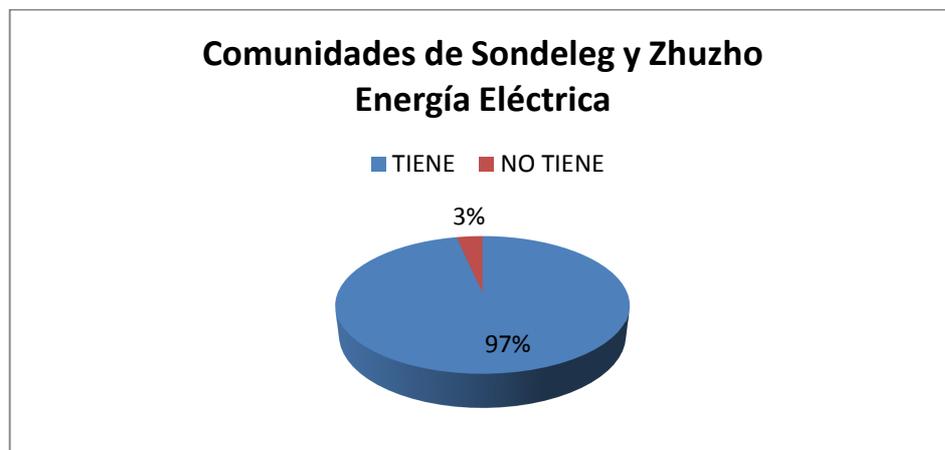


Figura 1.22: Energía Eléctrica

Dentro de los servicios a nivel de la comunidad estas no cuentan con un sistema de alcantarillado sanitario, sin embargo la evacuación de estas aguas se las realiza en un 80% a través de fosas sépticas o pozos ciegos y un 12% no cuentan con ninguna tipo de evacuación para las aguas servidas.

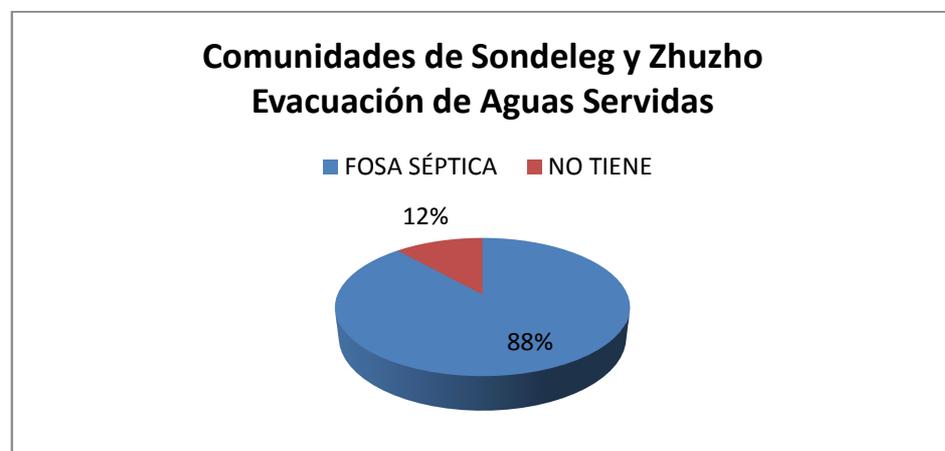


Figura 1.23: Evacuación de Aguas Servidas

En cuanto a las condiciones socio-económicas de las comunidades, únicamente el 28 % de los habitantes posee un trabajo permanente y el 72% un trabajo ocasional que en mucho de los casos refleja desempleo, en general debido a la edad avanzada de los pobladores y el nivel de instrucción del jefe del hogar, primaria (68%); secundaria (15%); superior (6%); no tiene (11%).



Figura 1.24: Tipo de Trabajo

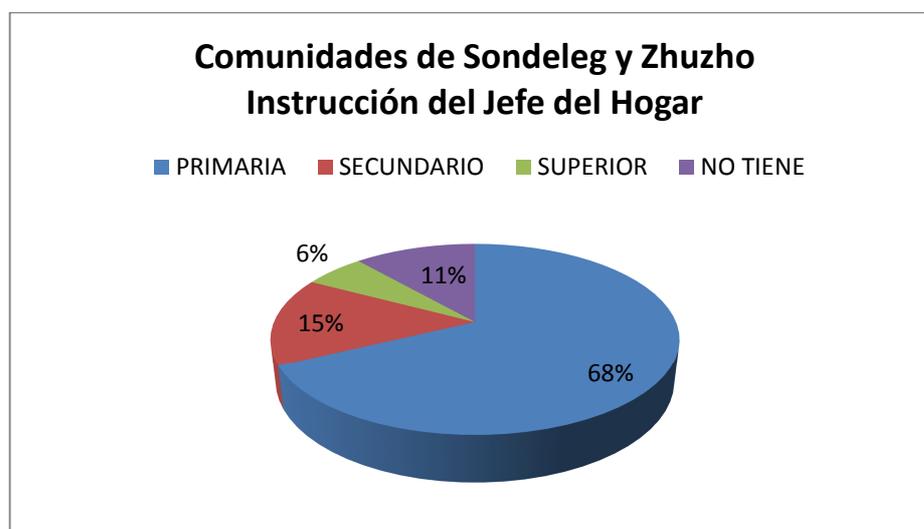


Figura 1.25: Instrucción del Jefe del Hogar

De acuerdo a la figura 1.26, acerca de la población de hombres y mujeres del cantón, encontramos que para el caso particular de las comunidades tenemos datos semejantes, reflejando que el 41 % de la población son hombres y el 59% son mujeres.

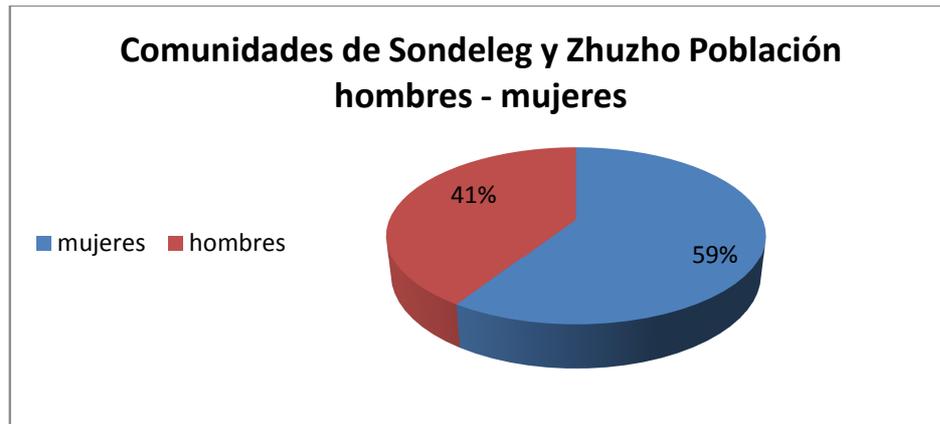


Figura 1.26: Población hombres-mujeres de las comunidades

Es importante mencionar que de acuerdo a la información recopilada en las comunidades se realizó dos preguntas, una para medir la aceptación del proyecto y otra para evaluar la posibilidad de un aporte económico al proyecto, orientado hacia un aporte para el mantenimiento y funcionamiento del mismo.

1 ¿Está de acuerdo con el proyecto de implementación del sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales?

Reflejando una aceptación para el proyecto del 97 %.

2 ¿Para la implementación del sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales estaría dispuesto a pagar?

La mayoría de los pobladores no estarían dispuestos a aportar para el proyecto (66%), en parte debido al desconocimiento de los beneficios de contar con un sistema adecuado para la evacuación, transporte y tratamiento de las aguas residuales y al considerarse un servicio de segunda importancia en relación al agua potable, aunque algunos pobladores si estarían dispuestos a aportar para al proyecto (34%).

## CAPÍTULO 2

### PARÁMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑO

#### 2.1 Tipo de Sistema

Un sistema de alcantarillado se considera al conjunto de tuberías y estructuras necesarias para recibir, evacuar y transportar las aguas residuales y de alcantarillado pluvial de la población, desde el lugar que se generan hasta el lugar en donde se vierten o se tratan. Estos sistemas pueden clasificarse de dos maneras: alcantarillado sanitario es el que transporta las aguas residuales y el alcantarillado pluvial, cuando transporta el agua de escorrentía pluvial.

Estos sistemas pueden ser diseñados de manera separada, combinada o mixta y las características para la selección del tipo de sistema de alcantarillado que se va a diseñar será en base a una serie de parámetros como:

- Inversión del proyecto
- Características de las cuencas aportantes y del cuerpo receptor
- Precipitaciones
- Posibles reusos del agua.<sup>1</sup>

De acuerdo al Artículo 37 de la Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua se considerarán servicios públicos básicos, los de agua potable y saneamiento ambiental que comprende alcantarillado sanitario, alcantarillado pluvial y las actividades de recolección, conducción, tratamiento, disposición final y derivados del proceso de depuración relacionados con el agua e indica que el alcantarillado pluvial y el sanitario constituyen sistemas independientes sin interconexión posible.

Siendo una de las razones para que el diseño de las redes de alcantarillado para las comunidades de Sondeleg y Zhuzho del cantón Sígsig sea un alcantarillado de tipo sanitario.

---

<sup>1</sup> (Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias, 1992)

## **2.2 Áreas de aportación**

Las áreas de aportación o también llamadas áreas tributarias sirven para zonificar el área del proyecto en base a la topografía, considerando los diversos usos de suelo e incluyendo zonas de futuro desarrollo.<sup>2</sup>

## **2.3 Parámetros de Diseño**

Las tuberías y colectores en general deberán seguir las pendientes naturales del terreno y se proyectaran como canales o conductos sin presión y calculados tramo por tramo.

### **2.3.1 Periodo de Diseño**

En cualquier obra de ingeniería civil, se entiende periodo de diseño el número de años en el cual una obra ha de prestar con eficiencia el servicio para el cual fue diseñado (Cualla, 2001).

Las obras de ingeniería componentes de los sistemas de alcantarillado se diseñarán en lo posible, para sus períodos óptimos de diseño, para el caso particular de las comunidades, según los parámetros de la CPE INEN 005-9-2 (1997) se diseñará para un periodo de 20 años, además señala que los equipos se utilizarán de acuerdo a su vida útil y se podrá optar por periodos de diseño diferentes en casos justificados, pero en ningún caso la población futura será mayor que 1.35 veces la población actual.

### **2.3.2 Dotación**

Una dotación es la cantidad de agua consumida diariamente en promedio por cada habitante y estarán en función de los diferentes niveles de servicio aplicables como se indica en la norma CPE INEN 005-9-2 (1997), para áreas rurales.

---

<sup>2</sup> (Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias, 1992)

Tabla 2.1: Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.

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

Fuente: CPE INEN 005-9-2 (1997)

El nivel de servicio para las comunidades de Sondeleg y Zhuzho de acuerdo al diseño concebido se clasifica como un nivel IIb de conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa (AP) y un con sistema de alcantarillado sanitario (DRL), con el cual conforme a la tabla 2.2 para clima frío obtenemos una dotación 75 l / hab x día.

Tabla 2.2: Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio

NIVEL DE SERVICIO	CLIMA FRÍO (L/hab*día)	CLIMA CÁLIDO (l/hab*día)
La	25	30
Lb	50	65
Lla	60	85
Llb	75	100

Fuente: CPE INEN 005-9-2 (1997)

### 2.3.3 Caudal de diseño

Las aguas residuales que constituyen un sistema de alcantarillado sanitario son:

- Aguas residuales domésticas
- Aguas residuales industriales pre tratadas
- Contribución por infiltración
- Conexiones clandestinas.

El caudal medio diario de aporte a las redes de alcantarillado sanitario para aguas residuales domésticas se calculará al principio y final del periodo de diseño y será igual al producto de la población aportante y las dotaciones de agua potable, afectado por el coeficiente de retorno.<sup>3</sup>

$$Q_m = C \frac{P D}{86400}$$

Donde:

$Q_m$  = Caudal medio diario (l/s)

$C$  = Coeficiente de retorno

$P$  = Población (hab)

$D$  = Dotación (l/hab/día)

Para determinar los valores de coeficiente de retorno en comunidades que no disponen de sistemas de alcantarillado, se podrán utilizar valores obtenidos para otras ciudades o de literatura técnica, justificando siempre el valor seleccionado.

Según estudios estadísticos se adoptará un coeficiente de retorno o aporte del 60% al 80% de la dotación de agua potable.<sup>4</sup>

Los caudales de aguas residuales domésticas varían sensiblemente a lo largo del día por lo que para el dimensionamiento de las obras de alcantarillado será necesario determinar el caudal máximo instantáneo, que depende de varios factores, ligados a condiciones de consumo tamaño y estructura de la red, donde no se recomienda adoptar valores de literatura u otras zonas en especial cuando las poblaciones ya

---

<sup>3</sup> (Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias, 1992)

<sup>4</sup> (NB688-01, 2001)

cuentan con un sistema donde es posible determinar este caudal a través de mediciones de campo (CPE-INEN-005-9-1, 1992).

$$Q_{max} = M Q_m$$

Donde:

$Q_{max}$  = Caudal máximo instantáneo

$Q_m$  = Caudal medio diario (l/s)

$M$  = Coeficiente de punta o de mayoración.

Cuando las comunidades no disponen de alcantarillado o cuando no sean representativas las mediciones, se podrá utilizar coeficientes de mayoración de ciudades de características similares o de la literatura técnica y este coeficiente puede ser obtenido mediante el coeficiente de Harmon como se indica en la ecuación.

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}}$$

Donde:

$P$  = Población en miles de habitantes<sup>5</sup>

Tomando en cuenta todos los parámetros mencionados anteriormente se puede obtener el caudal de diseño para la red de alcantarillado sanitario.

$$Q_d = Q_{max} + Q_i + Q_e$$

Donde:

$Q_d$  = Caudal de diseño (l/s)

$Q_{max}$  = Caudal máximo instantáneo

$Q_i$  = Caudal por infiltración

$Q_e$  = Caudal por conexiones erradas o clandestinas

### 2.3.4 Caudal por conexiones erradas

El caudal debido a conexiones erradas es aquel que proviene de conexiones domiciliarias que permiten la entrada de aguas lluvias, recogido en los techos, patios, etc. (CPE-INEN-005-9-1, 1992).

$$Q_e = \frac{P_f \times D}{86400}$$

---

<sup>5</sup> (NB688-01, 2001)

Donde:

$Q_e$  = Caudal por conexiones erradas (l/s)

$D$  = Dotación (l / hab x día)

$P_f$  = Población futura

Las especificaciones técnicas de diseño de redes de alcantarillado para la ciudad de Cuenca de Etapa EP, recomiendan una dotación de 115 l / hab x día para el cálculo de conexiones erradas, clandestinas o ilícitas.

### **2.3.5 Caudal por infiltración**

El caudal debido a la infiltración es aquel que proviene de aguas lluvias o freáticas que ingresan a la red de alcantarillado sanitario, a través de juntas y conexiones defectuosas, de las tapas de los pozos de revisión y cajas domiciliarias.<sup>6</sup>

De acuerdo a las especificaciones técnicas de diseño de redes de alcantarillado para la ciudad de Cuenca de Etapa EP, se recomienda el valor de 1 l/s/km.

### **2.3.6 Profundidades**

De acuerdo a la CPE INEN 005-9-1 (1992), el diseño de las redes de alcantarillado sanitario debe considerar que toda la red de tuberías pasen por debajo de las de agua potable, cuando las tuberías sean paralelas se dejarán alturas libres proyectadas de 0.3 m y cuando se crucen alturas de 0.2 m. Las tuberías de la red deben tener profundidades adecuadas para recoger las aguas residuales de las casas más bajas a uno u otro lado de la calzada y cuando deben soportar tránsito vehicular, se considerará un relleno mínimo de 1.2 m de alto sobre la clave del tubo para su seguridad.

### **2.3.7 Diámetros de tubería**

El diámetro mínimo recomendado por la CPE INEN 005-9-2 (1997) para redes de alcantarillado sanitario será de 0.2 m y si es alcantarillado pluvial será de 0.25 m, además siempre que sea posible la red sanitaria debe ser colocada en la calzada opuesta en el que se ha instalado la tubería de agua potable generalmente al sur y al

---

<sup>6</sup> (Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias, 1992)

oeste del cruce de los ejes y las tuberías de red pluvial irán por el centro de la calzada. Las conexiones domiciliarias de alcantarillado tendrán un diámetro mínimo de 0,1 m para sistemas sanitarios y 0,15 m para sistemas pluviales y una pendiente mínima de 1%.

### 2.3.8 Velocidades

Las velocidades mínimas admisibles en las redes durante cualquier año de su periodo de diseño nunca deben ser menores que 0.45 m/s, pero preferiblemente que sea mayor 0.6 m/s para impedir la acumulación de gas sulfhídrico en el líquido, responsable del olor característico a huevo podrido de las aguas residuales, genera problemas de corrosión en las tuberías y es toxico para los seres humanos (Metcalf y Eddy, 1995).

Las velocidades máximas admisibles en las redes de alcantarillado dependen del material de fabricación como se indican en la tabla 2.3.<sup>7</sup>

Tabla 2.3: Velocidades máximas a tubo lleno y coeficientes de rugosidad recomendados

MATERIAL	VELOCIDAD MÁXIMA m/s	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD
Hormigón simple:		
Con uniones de mortero.	4	0.013
Con uniones de neopreno para nivel freático alto	3.5 - 4	0.013
Asbesto cemento	4.5 - 5	0.011
Plástico	4.5	0.011

Fuente: CPE INEN 005-9-1 (1992)

### 2.3.9 Rugosidad

La rugosidad en las redes de alcantarillado está representada por el tamaño y forma de la rugosidad de la pared y, generalmente, se considera un único factor de n, sin embargo una misma sección de un canal natural puede tener partes de rugosidad diferente, por lo general debido a presencia de gravas gruesas en el fondo y finas en las orillas (Sotelo, 2002).

<sup>7</sup> (Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias, 1992)

Para el diseño de las redes de alcantarillado se tomarán los valores de la tabla 2.4. Sin embargo a continuación se muestra una lista de valores de n para canales de varios tipos y para cada uno de ellos, los valores de n mínimos, normales y máximos (Chow, 1983).

Tabla 2.4: Valores de n para diferentes tipos de canales

Tipo y descripción del canal		Mínimo	Normal	Máximo
<b>A. Metales</b>				
a)	Latón, liso	0.009	0.010	0.013
b)	Acero	0.01	0.012	0.014
	1 Con bridas y soldado	0.013	0.016	0.017
	2 Remachado y espiral			
<b>c) Hierro fundido</b>				
	1 Con recubrimiento superficial	0.01	0.013	0.014
	2 Sin recubrimiento	0.011	0.014	0.016
<b>d) Hierro forjado</b>				
	1 Negro	0.012	0.014	0.015
	2 Galvanizado	0.013	0.016	0.017
<b>e) Metal corrugado</b>				
	1 Subdren	0.017	0.019	0.021
	2 Dren pluvial	0.021	0.024	0.03
<b>B. No Metales</b>				
a)	Acrílico	0.008	0.009	0.01
b)	Vidrio	0.009	0.01	0.013
<b>c) Cemento</b>				
	1 Pulido	0.01	0.011	0.013
	2 En mortero	0.011	0.013	0.015
<b>d) Concreto</b>				
	1 Alcantarilla recta y libre a azolve	0.01	0.011	0.013
	2 Alcantarilla con curvas, conexiones y algunos asolamientos	0.011	0.013	0.014
	3 Terminado	0.011	0.012	0.014
	4 Alcantarilla recta, con pozos de vista, entradas, etc	0.013	0.015	0.017
	5 Colado en molde de acero, sin acabado	0.012	0.013	0.014
	6 Colado en molde de madera, sin acabado	0.012	0.014	0.016
	7 Colado en molde de madera rugosa, sin acabado	0.015	0.017	0.02
<b>e) Madera</b>				
	1 Machihembrada	0.01	0.012	0.014
	2 Laminada y tratada	0.015	0.017	0.02
<b>f) Arcilla</b>				
	1 Tubos de barro cocido	0.011	0.013	0.017

Fuente: (Chow, 1983)

### 2.3.10 Pendiente mínima

El valor de la pendiente mínima para las redes de alcantarillado debe ser aquel que permita las condiciones de autolimpieza y control de gases adecuados según los criterios del literal 2.3.8 para velocidades mínimas (EMAAP-Q, 2009).

## 2.4 Análisis poblacional

### 2.4.1 Población actual

La población para el diseño se calculará en base a la población presente mediante un recuento poblacional, el cual se determinó para las comunidades de Sondeleg y Zhuzho mediante datos recopilados en las comunidades a través de una encuesta, y de los estudios topográficos realizados en la zona se estableció una muestra de 197 familias con una media de 4 personas por familia. Resultando una población actual de 788 habitantes.

### 2.4.2 Población futura

La población hace referencia al número de habitantes que se tendrá al final del período de diseño y para su cálculo se harán proyecciones de crecimiento poblacional utilizando por lo menos tres métodos conocidos entre ellos: proyección aritmética, geométrica, incrementos diferenciales, etc.

Para el cálculo de la tasa de crecimiento poblacional, se tomarán como base los datos estadísticos proporcionados por los censos nacionales, la Norma CPE INEN 005-9-2 (1997) recomienda a falta de datos una proyección geométrica e índices de crecimientos como se indican en la tabla 2.5.

Tabla 2.5: Tasas de crecimiento poblacional

Región Geográfica	r (%)
Sierra	1,0
Costa, oriente y Galápagos	1,5

Fuente: CPE INEN 005-9-2 (1997)

Por otra parte de acuerdo a los datos del Censo de población y vivienda 2010, se indica un índice de crecimiento poblacional para la parroquia Sígsig de 1.17%, por lo que para el caso particular de las comunidades se tomarán los valores indicados en la

norma CPE INEN 005-9-2 (1997), es decir una tasa de crecimiento poblacional del 1% para la región sierra.

Tabla 2.6: Tasas de crecimiento INEC

Nombre de parroquia	2010			2001		
	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total
SÍGSIG	4 959	6 211	11 170	4 443	5 612	10 055
CUCHIL	725	963	1 688	692	900	1 592
GIMA	1 299	1 587	2 886	1 465	1 761	3 226
GUEL	564	784	1 348	524	743	1 267
LUDO	1 494	1 872	3 366	1 368	1 696	3 064
SAN BARTOLOMÉ	1 834	2 267	4 101	1 545	1 836	3 381
Nombre de parroquia			Tasa de Crecimiento Anual 2001-2010			
			Hombre	Mujer	Total	
SÍGSIG			1.22%	1.13%	1.17%	
CUCHIL			0.52%	0.75%	0.65%	
GIMA			-1.34%	-1.16%	-1.24%	
GUEL			0.82%	0.60%	0.69%	
LUDO			0.98%	1.10%	1.04%	
SAN BARTOLOMÉ			1.91%	2.34%	2.15%	

Fuente: (INEC, 2010)

Tabla 2.7: Fórmulas para cálculo de la población futura

Método	Fórmula
Proyección Aritmética	$Pt = Po \times (1 + r \times t)$
Proyección Geométrica	$Pt = Po \times (1 + r)^t$
Proyección Exponencial	$Pt = Po \times e^{r \times t}$

Fuente: (CELADE, 2012)

Donde:

Pt = Población el momento t

Po = Población al momento o

r = Tasa de crecimiento

t = Periodo de tiempo (t – o).<sup>8</sup>

<sup>8</sup> (CELADE, 2012)

Tabla 2.8: Resumen de Proyección de la población en las comunidades de Sondeleg y Zhuzho

Año	t	Po	Población			
			Aritmético r = 1%	Geométrico r = 1%	Exponencial r = 1%	Promedio r = 1%
2016	0	788	788	788	788	788
2017	1	788	796	796	796	796
2018	2	788	804	804	804	804
2019	3	788	812	812	812	812
2020	4	788	820	820	820	820
2021	5	788	827	828	828	828
2022	6	788	835	836	837	836
2023	7	788	843	845	845	844
2024	8	788	851	853	854	853
2025	9	788	859	862	862	861
2026	10	788	867	870	871	869
2027	11	788	875	879	880	878
2028	12	788	883	888	888	886
2029	13	788	890	897	897	895
2030	14	788	898	906	906	903
2031	15	788	906	915	916	912
2032	16	788	914	924	925	921
2033	17	788	922	933	934	930
2034	18	788	930	943	943	939
2035	19	788	938	952	953	948
2036	20	788	946	962	962	957

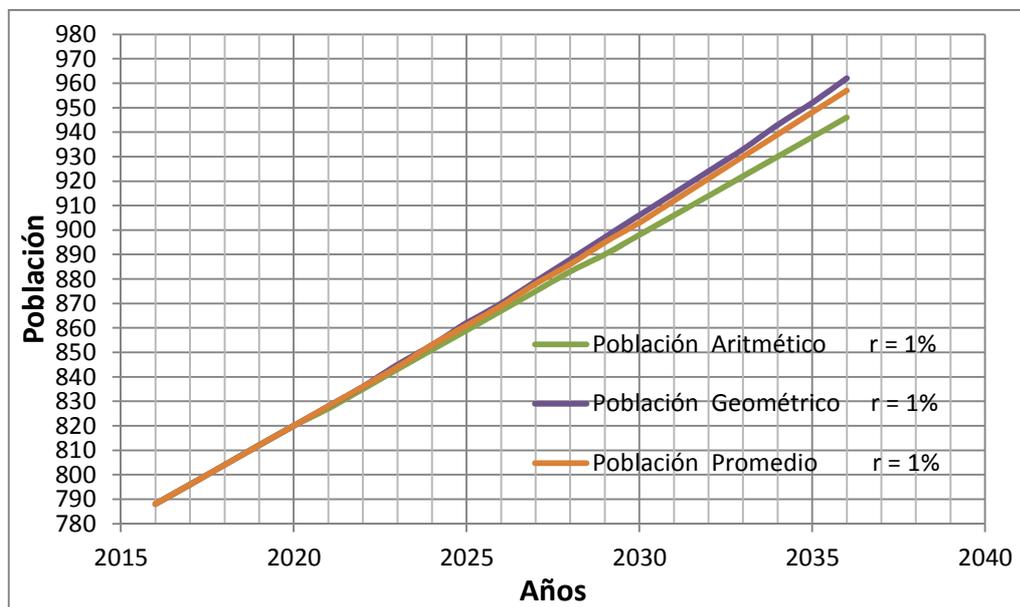


Figura 2.1: Gráfico de proyección poblacional

### 2.4.3 Densidad Poblacional

La densidad es un factor importante para el diseño de los sistemas de alcantarillado, y es definido como el número de personas que habitan en una extensión de terreno,

generalmente una hectárea donde se determina una población a servir conjuntamente con las áreas de aporte (Cualla, 2001).

$$Dp = \frac{P}{A}$$

Donde:

$Dp$  = Densidad Poblacional (hab/ha)

$P$  = Población (hab)

$A$  = Área Tributaria (ha)

## 2.5 Hidráulica de redes de alcantarillado

Las redes o sistemas de alcantarillado se deben diseñar para trabajar a flujo libre por gravedad, tradicionalmente se diseñan bajo condiciones de flujo uniforme mediante la ecuación de Manning, basada en la fórmula de Chezy para flujo uniforme y permanente, considerando una velocidad y tirantes constantes respecto al espacio donde se obtiene la siguiente ecuación (Ruiz, Agosto 2008).

$$V = C \times \sqrt{S \times R}$$

Donde:

$V$  = velocidad media del agua en flujo uniforme (m/s)

$C$  = Coeficiente de resistencia o fricción.

$S$  = Pendiente de la línea de energía en flujo uniforme, en el fondo del canal.

$R$  = Radio hidráulico (m)

Esta ecuación obtenida por Chezy en 1775, no pudo ser utilizada por la dificultad de obtener un valor confiable para el coeficiente  $C$ .

### 2.5.1 Estimación de coeficientes de resistencia o fricción “C”

Justamente debido a la dificultad para obtener este coeficiente se realizaron investigaciones por diferentes autores, donde experimentalmente dedujeron formulas empíricas para calcular el coeficiente “C” de la fórmula de Chezy como se indican a continuación en la siguiente tabla en función del radio hidráulico “R”, la pendiente del canal y la naturaleza de las paredes (Pérez, 2005).

Tabla 2.9: Ecuaciones para determinar el coeficiente de Chezy

AUTOR	ECUACIÓN	OBSERVACIONES
Ganguillet y Kutter (1869)	$C = \frac{41.65 + \frac{0.00281}{So} + 1.811/n}{1 + \frac{n}{Rh^{1/2}}(41.65 + 0.00281/So)}$	Recomendable para canales naturales; cambios pequeños de n originan cambios grandes en C. Rh en pie; $C \text{ pie}^{(1/2)}/s$ n: coeficiente de rugosidad, de Manning
Kutter	$C = \frac{100Rh^{1/2}}{m + Rh^{1/2}}$	Es una simplificación de la ecuación de Ganguillet. m: coeficiente de rugosidad Rh en pie; $C \text{ pie}^{(1/2)}/s$
Bazin (1897)	$C = \frac{157.6}{1 + m/Rh^{1/2}}$	Basada en un gran número de datos experimentales. m: coeficiente de rugosidad
Koseny	$C = 20 \log y + Nc$	Basada en datos experimentales, análoga a la de los tubos. y: profundidad hidráulica Nc: coeficiente de rugosidad
Manning y Strickler (1890)	$C = \frac{\varphi Rh^{1/6}}{n}$	Es la ecuación más empleada. Se obtuvo a partir de siete formulas diferentes, basadas en los ensayos de Bazin. n: coeficiente de rugosidad, de Manning $\varphi$ : constante que depende del sistema de unidades empleados
Pavlovskij	$C = \frac{Rh^z}{n^{0.6}}$	Considera que el exponente de la ecuación de Manning no es constante. Si Rh $\leq$ 1 m, z = 1.5 m Si Rh > 1 m, z = 1.3n <sup>0.6</sup> Válida en el sistema métrico
Martínez	$C = 17.7 \log \frac{Rh}{d} + 13.6$	d: diámetro (m) del grano del fondo del material de río. Válida para 0.15 m $\leq$ Rh $\leq$ 2.25 m.

Fuente: (Pérez, 2005)

## 2.6 Flujo en tuberías a sección llena

El flujo en tuberías circulares a sección llena basa su diseño en la fórmula de Manning, obtenida en 1889 por el ingeniero irlandés Robert Manning para determinar el valor de “C”.

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

Donde:

V = Velocidad (m/s)

Rh = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente (m/m)

Arrocha (1983) describe los elementos hidráulicos de la ecuación de Manning para flujo a sección llena.

Tirante de agua

$$H = D$$

Donde:

D = Diámetro (m)

Perímetro mojado

$$P = \pi \times D$$

Área mojada

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

Radio Hidráulico

$$Rh = \frac{A}{P} = \frac{\frac{\pi \times D^2}{4}}{\pi \times D} = \frac{D}{4}$$

Gasto o caudal

$$Q = A \times V$$

Donde:

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

A = Área (m<sup>2</sup>)

V = Velocidad (m/s)

### 2.7 Flujo en tuberías a sección parcialmente llena

El flujo a sección llena se presenta bajo ciertas condiciones como se indicó anteriormente y se debe distinguir entre dos elementos: unos, los que hacen referencia a la sección geométrica del conducto y los otros, los que se refieren al caudal que fluye por los conductos. Por razones prácticas en primer lugar se determinan las características hidráulicas para conductos trabajando a sección llena y posteriormente relaciones para las diferentes alturas de agua en los conductos. A estas relaciones se les denomina relación de elementos hidráulicos como: caudal, perímetro mojado, área mojada, radio hidráulico, rugosidad, velocidad y tirantes de agua y se los puede encontrar en monogramas, figuras o tablas (Arrocha, 1983).

Arrocha (1983) describe los elementos hidráulicos para flujo a sección parcialmente llena, en función de  $\theta$  a partir de la figura 2.2.

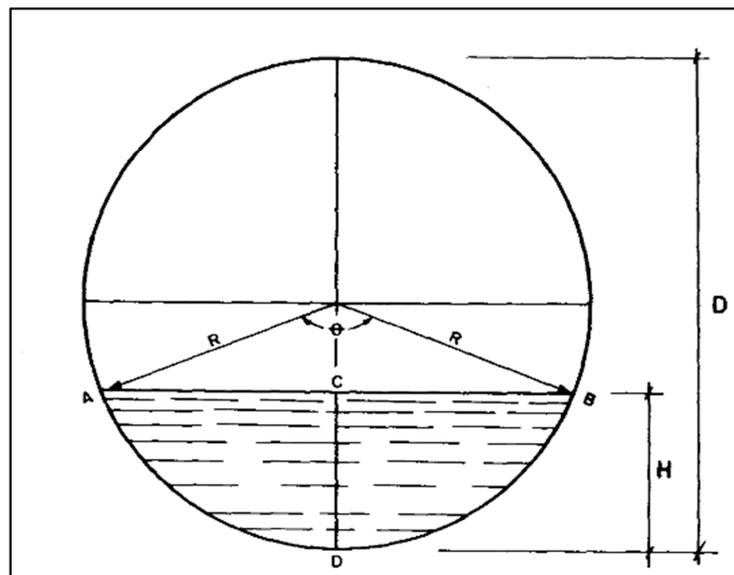


Figura 2.2: Cálculo en conductos parcialmente llenos  
Fuente: (Arrocha, 1983)

Tirante de agua

$$H = \frac{D}{2} \left( 1 - \cos \frac{\theta}{2} \right)$$

Donde:

D = Diámetro (m)

H = Tirante de agua de sección parcialmente llena (m)

$\theta$  = Ángulo central en grados

Perímetro mojado

$$P = \frac{\pi \times D \times \theta}{360^\circ}$$

Área mojada

$$a = \frac{D^2}{8} \left( \frac{\pi}{180^\circ} \theta - \sin \theta \right)$$

Radio Hidráulico

$$Rh = \frac{a}{P} = \frac{\frac{D^2}{8} \left( \frac{\pi}{180^\circ} \theta - \sin \theta \right)}{\frac{\pi \times D \times \theta}{360^\circ}} = \frac{D}{4} \left( 1 - \frac{180^\circ \sin \theta}{\pi \theta} \right)$$

La velocidad

$$v = \frac{0.397 \times D^{2/3}}{n} \left( 1 - \frac{\sin \theta}{\theta} \right)^{2/3} S^{1/2}$$

Caudal o gasto<sup>9</sup>

$$q = \frac{D^{8/3}}{7 \times 257.15 \times n \times (2\pi\theta)^{2/3}} (2\pi\theta - 360 \sin \theta)^{5/3} S^{1/2}$$

Las relaciones fundamentales para diferentes alturas quedan definidas como:

$$\frac{v}{V} = \left( 1 - \frac{\sin \theta}{\theta} \right)^{2/3}$$

$$\frac{q}{Q} = \frac{a}{A} \times \frac{v}{V}$$

$$\frac{q}{Q} = \left( \frac{\theta - \sin \theta}{2\pi} \right) \left( 1 - \frac{\sin \theta}{\theta} \right)^{2/3}$$

---

<sup>9</sup> (EMAAP-Q, 2009)

A partir de las ecuaciones anteriores podemos determinar las relaciones fundamentales  $v/V$  y  $q/Q$ , sin embargo para cada variable (caudal, velocidad) existen en realidad dos curvas, una para coeficiente de rugosidad constante y otra para coeficiente de rugosidad variable en función de la altura,  $n$  llena es el coeficiente para toda la sección y  $n$  es el coeficiente para la sección parcialmente llena, presentándose una pequeña variación que se debe considerar para un adecuado diseño (Rocha Felices).

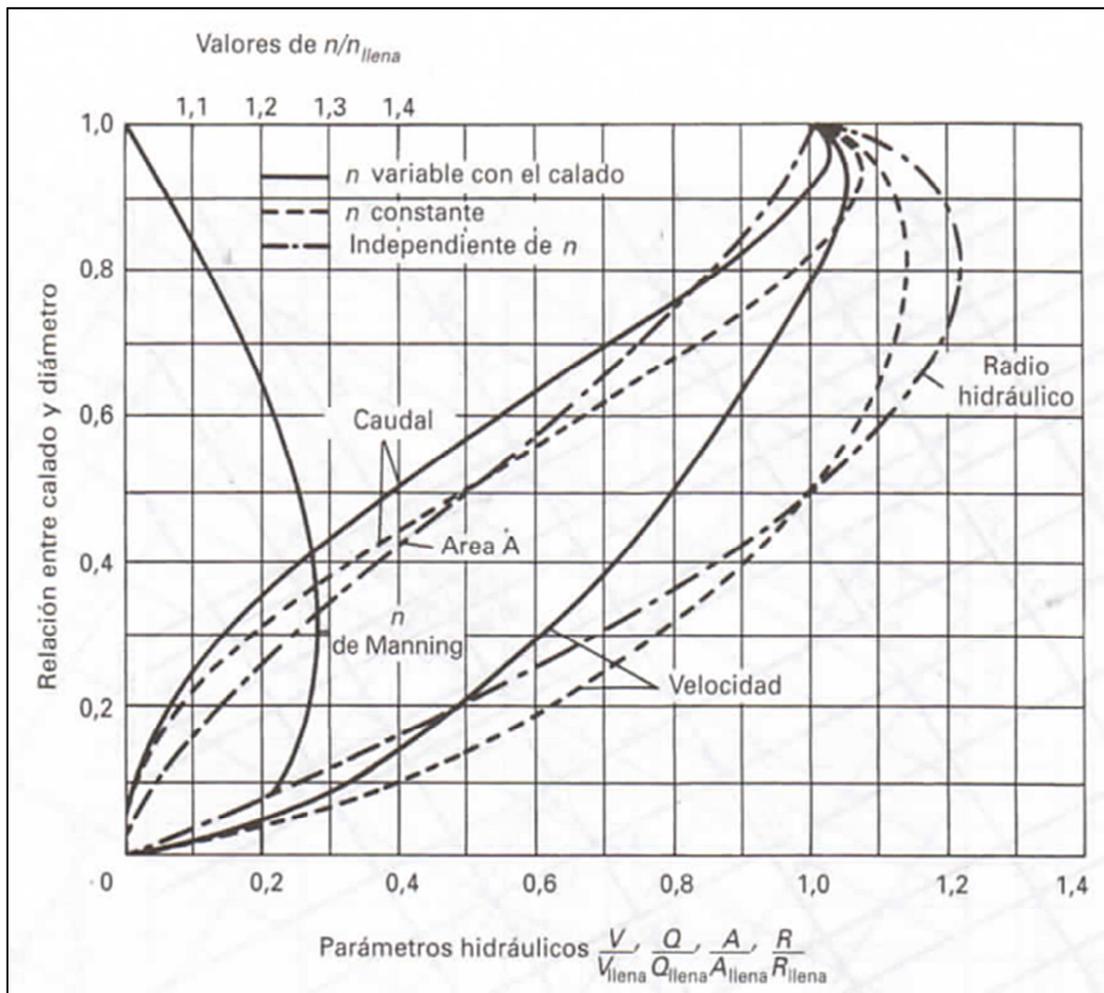


Figura 2.3: Parámetros hidráulicos de conductos de sección circular

Fuente: (Metcalf y Eddy, 1995)

A partir de la figura anterior se obtienen valores de  $n/n$  llena en función de  $H/D$ , con los cuales se puede determinar una ecuación, a través de una línea de tendencia polinómica con la que podemos obtener con mayor exactitud las relaciones  $v/V$  Y  $q/Q$ .

Tabla 2.10: n/n llena en función de H/D

H/D	n/n llena
0.1	0.82
0.2	0.79
0.3	0.78
0.4	0.78
0.5	0.8
0.6	0.82
0.7	0.85
0.8	0.89
0.9	0.93
1	1

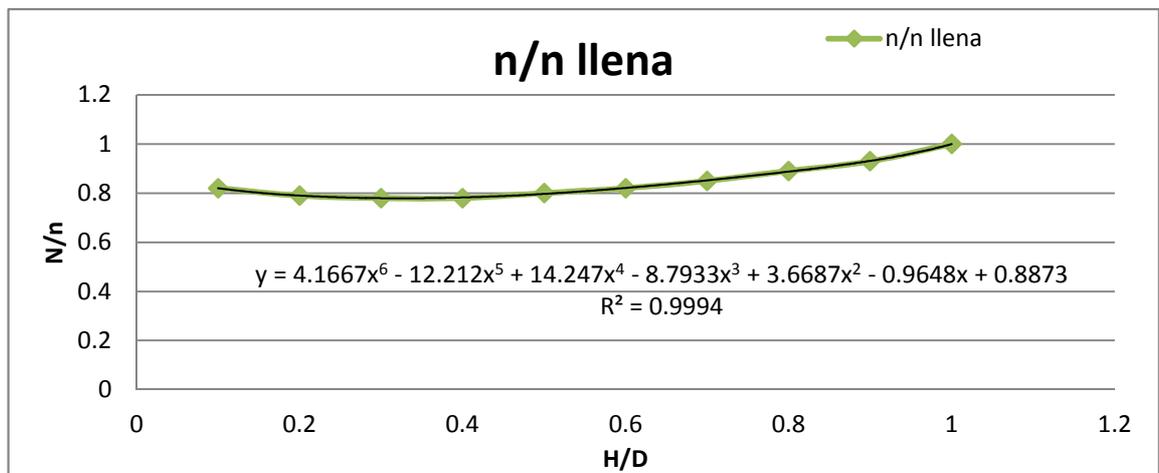


Figura 2.4: Línea de tendencia polinómica de n/n llena

Las relaciones hidráulicas fundamentales quedan definidas por las siguientes ecuaciones y para los diferentes H/D se puede observar en la tabla.

$$\frac{v}{V} = \frac{n}{n \text{ llena}} \times \left(\frac{rh}{RH}\right)^{2/3}$$

$$\frac{q}{Q} = \frac{n}{n \text{ llena}} \times \frac{a}{A} \times \left(\frac{rh}{RH}\right)^{2/3}$$

Tabla 2.11: Propiedades Hidráulicas de Conductos Circulares

H/D	$\Theta^\circ$	n constante		n variable		
		q/Q	v/V	n/n llena	q/Q	v/V
0.01	0.57	0	0	0.878	0	0
0.02	32.52	0.001	0.141	0.869	0.001	0.122
0.03	39.90	0.002	0.184	0.861	0.001	0.158
0.04	46.15	0.003	0.222	0.854	0.003	0.190
0.05	51.68	0.005	0.257	0.847	0.004	0.218
0.06	56.72	0.007	0.289	0.841	0.006	0.243
0.07	61.37	0.010	0.319	0.835	0.008	0.267
0.08	65.72	0.013	0.348	0.830	0.011	0.289
0.09	69.83	0.017	0.375	0.825	0.014	0.309
0.1	73.74	0.021	0.401	0.820	0.017	0.329
0.11	77.48	0.025	0.426	0.816	0.021	0.348
0.12	81.07	0.031	0.450	0.812	0.025	0.365
0.13	84.54	0.036	0.473	0.808	0.029	0.382
0.14	87.89	0.042	0.495	0.805	0.034	0.399
0.15	91.15	0.049	0.517	0.802	0.039	0.414
0.16	94.31	0.056	0.538	0.799	0.044	0.430
0.17	97.40	0.063	0.558	0.796	0.050	0.444
0.18	100.42	0.071	0.577	0.794	0.056	0.459
0.19	103.37	0.079	0.597	0.792	0.062	0.472
0.2	106.26	0.088	0.615	0.790	0.069	0.486
0.21	109.10	0.097	0.633	0.788	0.076	0.499
0.22	111.89	0.106	0.651	0.787	0.083	0.512
0.23	114.63	0.116	0.668	0.785	0.091	0.524
0.24	117.34	0.126	0.684	0.784	0.099	0.536
0.25	120.00	0.137	0.701	0.783	0.107	0.548
0.26	122.63	0.148	0.717	0.782	0.116	0.560
0.27	125.23	0.159	0.732	0.781	0.125	0.572
0.28	127.79	0.171	0.747	0.780	0.134	0.583
0.29	130.33	0.183	0.762	0.780	0.143	0.594
0.3	132.84	0.196	0.776	0.779	0.153	0.605
0.31	135.33	0.209	0.790	0.779	0.163	0.616
0.32	137.80	0.222	0.804	0.779	0.173	0.626
0.33	140.25	0.235	0.817	0.779	0.183	0.637
0.34	142.67	0.249	0.830	0.779	0.194	0.647
0.35	145.08	0.263	0.843	0.779	0.205	0.657
0.36	147.48	0.277	0.855	0.780	0.216	0.667
0.37	149.86	0.292	0.868	0.780	0.228	0.677
0.38	152.23	0.307	0.879	0.781	0.239	0.687
0.39	154.58	0.322	0.891	0.782	0.251	0.696
0.4	156.93	0.337	0.902	0.782	0.264	0.706

0.41	159.26	0.353	0.913	0.783	0.276	0.715
0.42	161.59	0.368	0.924	0.784	0.289	0.725
0.43	163.90	0.384	0.934	0.786	0.302	0.734
0.44	166.22	0.400	0.944	0.787	0.315	0.743
0.45	168.52	0.417	0.954	0.788	0.328	0.752
0.46	170.82	0.433	0.964	0.790	0.342	0.761
0.47	173.12	0.450	0.973	0.791	0.356	0.770
0.48	175.42	0.466	0.983	0.793	0.370	0.779
0.49	177.71	0.483	0.991	0.795	0.384	0.788
0.5	180.00	0.500	1.000	0.797	0.398	0.797
0.51	182.29	0.517	1.008	0.799	0.413	0.806
0.52	184.58	0.534	1.016	0.801	0.428	0.814
0.53	186.88	0.551	1.024	0.803	0.443	0.823
0.54	189.18	0.568	1.032	0.805	0.458	0.831
0.55	191.48	0.586	1.039	0.808	0.473	0.840
0.56	193.78	0.603	1.046	0.810	0.489	0.848
0.57	196.10	0.620	1.053	0.813	0.504	0.856
0.58	198.41	0.637	1.060	0.816	0.520	0.864
0.59	200.74	0.655	1.066	0.818	0.536	0.872
0.6	203.07	0.672	1.072	0.821	0.552	0.880
0.61	205.42	0.689	1.078	0.824	0.568	0.888
0.62	207.77	0.706	1.084	0.827	0.584	0.896
0.63	210.14	0.723	1.089	0.830	0.600	0.904
0.64	212.52	0.740	1.094	0.833	0.616	0.911
0.65	214.92	0.756	1.099	0.836	0.632	0.919
0.66	217.33	0.773	1.104	0.839	0.648	0.926
0.67	219.75	0.789	1.108	0.842	0.665	0.933
0.68	222.20	0.806	1.112	0.845	0.681	0.940
0.69	224.67	0.821	1.116	0.849	0.697	0.947
0.7	227.16	0.837	1.120	0.852	0.713	0.954
0.71	229.67	0.853	1.123	0.855	0.729	0.961
0.72	232.21	0.868	1.126	0.859	0.745	0.967
0.73	234.77	0.883	1.129	0.862	0.761	0.973
0.74	237.37	0.898	1.131	0.866	0.777	0.979
0.75	240.00	0.912	1.133	0.869	0.793	0.985
0.76	242.66	0.926	1.135	0.873	0.808	0.991
0.77	245.37	0.939	1.137	0.876	0.823	0.996
0.78	248.11	0.953	1.138	0.880	0.838	1.002
0.79	250.90	0.965	1.139	0.884	0.853	1.007
0.8	253.74	0.977	1.140	0.887	0.867	1.011
0.81	256.63	0.989	1.140	0.891	0.882	1.016
0.82	259.58	1.000	1.140	0.895	0.896	1.021
0.83	262.60	1.011	1.139	0.899	0.909	1.025

0.84	265.69	1.021	1.139	0.903	0.922	1.029
0.85	268.85	1.030	1.137	0.908	0.935	1.032
0.86	272.11	1.039	1.136	0.912	0.948	1.036
0.87	275.46	1.047	1.134	0.916	0.960	1.039
0.88	278.93	1.054	1.131	0.921	0.971	1.042
0.89	282.52	1.060	1.128	0.926	0.982	1.045
0.9	286.26	1.066	1.124	0.931	0.992	1.047
0.91	290.17	1.070	1.120	0.936	1.002	1.049
0.92	294.28	1.073	1.115	0.942	1.011	1.050
0.93	298.63	1.075	1.109	0.948	1.019	1.051
0.94	303.28	1.076	1.103	0.954	1.026	1.052
0.95	308.32	1.075	1.095	0.960	1.032	1.052
0.96	313.85	1.071	1.086	0.967	1.036	1.050
0.97	320.10	1.066	1.075	0.975	1.039	1.048
0.98	327.48	1.057	1.062	0.982	1.038	1.043
0.99	337.04	1.042	1.044	0.991	1.032	1.034
1	360.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

En colectores primarios, secundarios e interceptores para permitir una aireación adecuada del flujo de las aguas residuales el valor máximo permisible del tirante de agua para un caudal de diseño debe estar entre el 70% y 85% del diámetro real de este, sin embargo se recomienda que el tirante de agua no supere el 80% de su diámetro (EMAAP-Q, 2009).

Finalmente para realizar el diseño de las redes de alcantarillado se pueden ajustar curvas a la figura 2.3 para  $n$  variable, o se puede usar los valores de la tabla 2.11 para  $n$  variable.

## CAPÍTULO 3

### DISEÑO DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO

#### 3.1 Generalidades

Todas las redes de alcantarillado están constituidas principalmente de dos partes: la primera los conductos de la red o sistema de alcantarillado; segundo los elementos y estructuras complementarias. Este último grupo que abarca las instalaciones complementarias de las alcantarillas tiene por finalidad asegurar el comportamiento adecuado de la red según el diseño previsto y mantener las buenas condiciones de funcionamiento.

Entre las instalaciones complementarias utilizadas en las redes de alcantarillado podemos encontrar:

- Pozos de revisión
- Conexiones domiciliarias
- Cámaras de descarga
- Sumideros
- Sifones invertidos
- Disipadores de energía (Metcalf y Eddy, 1995).

#### 3.2 Pozos de Revisión

Los pozos de revisión son estructuras que permiten el acceso desde la calle al interior de un sistema de alcantarillado, generalmente para permitir el ingreso de personal de limpieza e inspección.

De acuerdo a la CPE INEN 005-9-1 (1992) se recomienda:

Colocar pozos de revisión en todos los cambios de pendientes, cambios de dirección, exceptuando el caso de alcantarillas curvas y en las confluencias de los colectores, evitando el ingreso de escorrentía pluvial y si esto es inevitable se diseñarán tapas herméticas especiales que impidan el ingreso de escorrentía pluvial.

La distancia máxima entre pozos de revisión para diámetros menores a 350 mm será de 100 m; para diámetros entre 400 mm y 800 mm será de 150 m y para diámetros mayores a 800 mm será 200 m y para cualquier diámetro, los pozos podrán colocarse a distancias mayores, dependiendo de las condiciones del proyecto y sus características topográficas y urbanísticas, considerando una longitud máxima entre pozos que no debe exceder a la permitida por los equipos de limpieza.

La abertura superior del pozo será como mínimo 0,6 m. El cambio de diámetro desde el cuerpo del pozo hasta la superficie se hará preferiblemente usando un tronco de cono excéntrico, para facilitar el descenso al interior del pozo.

El diámetro del cuerpo del pozo estará en función del diámetro de la máxima tubería conectada al mismo, como se observa en la tabla 3.1.

Tabla 3.1: Diámetros recomendados para pozos de revisión

<b>DIÁMETRO DE LA TUBERÍA</b> <b>mm</b>	<b>DIÁMETRO DEL POZO</b> <b>m</b>
Menor o igual a 550	0,9
Mayor a 550	Diseño especial

Fuente: CPE INEN 005-9-1 (1992)

Para acceder al alcantarillado a través de los pozos, estos irán provistos de una escalera de acceso mediante el empotramiento de peldaños de hierro, con un diámetro mínimo de 18 mm, y recubiertos por dos manos de pintura anticorrosiva.

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

Para el caso de las conexiones domiciliarias se deberán cumplir con los criterios del literal 2.3.7 y se iniciará con una estructura, denominada caja de revisión o caja domiciliaria, a la cual llegará la conexión intradomiciliaria, con el objetivo básico de permitir posible las acciones de limpieza de la conexión domiciliaria, con profundidades según cada caso y su entrada al pozo de revisión será por una tubería en un ángulo de 45 grados respecto del eje principal del flujo.

### **3.3 Sistema de Alcantarillado Sanitario y Condominial**

El diseño de las redes de alcantarillado sanitario para las comunidades de Sondeleg y Zhuzho de la parroquia San Sebastián de Sígsig del Cantón Sígsig tiene por finalidad recolectar, transportar y disponer las aguas servidas, considerando las recomendaciones mencionadas en capítulos anteriores, se diseña la red de alcantarillado, según la distribución espacial de la población y por los caminos más convenientes topográficamente, trabajando únicamente a gravedad y no a presión.

Debido a la distribución dispersa de las habitantes de las comunidades se optó por realizar una red principal que sigue la vía de acceso que comunica a las comunidades y recomendar un trazado para una red condominial que posteriormente se conectará a la red principal.

Una red condominial es un sistema concebido para recibir, evacuar y transportar las aguas residuales, difiere del sistema convencional debido a que la red no rodea las manzanas y donde las casas se conectan de manera individual, sino consiste en un ramal que recoge las aguas servidas de un conjunto de viviendas, para conectarse a la red principal en un único punto, de pequeños diámetros y poca profundidad, permitiendo un considerable ahorro de tubería (Programa de Agua y Saneamiento, 2001).

En general se recomiendan profundidades no menores a 1.20 metros para ramales principales y no menores a 0.50 metros para conexiones intradomiciliarias (MIDUVI, 2008).

Entre las ventajas de este sistema podemos encontrar:

- Es un sistema alternativo al sistema tradicional, que genera soluciones eficientes y económicas.
- Garantiza el acceso a los servicios de alcantarillado, permitiendo la ampliación de la cobertura.
- Se adapta fácilmente a diferentes y difíciles condiciones topográficas de terreno.
- Permite ejecutar las obras en menor tiempo y con menores recursos económicos (MIDUVI, 2008).

A continuación se resumen los parámetros establecidos para el diseño de las redes de alcantarillado sanitario y condominial.

Tabla 3.2: Parámetros de Diseño de Alcantarillado Sanitario

PARÁMETROS DE DISEÑO			
			HORMIGÓN
DATOS DE DISEÑO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Dotación Media Futura	<b>D<sub>mf</sub></b>	lt/hab x día	75
Densidad Poblacional	<b>D<sub>p</sub></b>	hab/ha	7.10
Coefficiente de retorno [0.7-0.8]	<b>C</b>	adim	0.80
Población Actual	<b>P<sub>a</sub></b>	hab	788
Población Futura	<b>P<sub>f</sub></b>	hab	962
Caudal por conexiones erradas	<b>Q<sub>e</sub></b>	lt/hab x día	115
Caudal de infiltración	<b>Q<sub>inf</sub></b>	lt/s/Km	1
Velocidad Máxima	<b>V<sub>max</sub></b>	m/s	4
Velocidad Mínima	<b>V<sub>min</sub></b>	m/s	0.60
Máxima Altura/Diámetro	<b>d/D</b>	adim.	0.80
Profundidad mínima Pozo Revisión	<b>h</b>	m	1.50 o 1.80
Caudal mínimo sanitario (inodoro)	<b>q<sub>m</sub></b>	l/seg	2.20
Material de la tubería	<b>n</b>	rugosidad	0.014
S Mínima	<b>S</b>	%	1

Tabla 3.3: Parámetros de Diseño de Alcantarillado Condominial

PARÁMETROS DE DISEÑO			
			PVC
DATOS DE DISEÑO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Dotación Media Futura	<b>D<sub>mf</sub></b>	lt/hab x día	75
Densidad Poblacional	<b>D<sub>p</sub></b>	hab/casa	4
Coefficiente de retorno [0.7-0.8]	<b>C</b>	Qar/Qap	0.8
Caudal de infiltración	<b>Q<sub>inf</sub></b>	lt/s/Km	1
Velocidad Máxima	<b>V<sub>max</sub></b>	m/s	4.5
Velocidad Mínima	<b>V<sub>min</sub></b>	m/s	0.6
Profundidad Pozo Revisión	<b>h</b>	m	1.2
Caudal mínimo sanitario (inodoro)	<b>q<sub>m</sub></b>	l/seg	2.2
Material de la tubería	<b>n</b>	rugosidad	0.011
S Mínima	<b>S</b>	%	1

Según los parámetros establecidos en la tabla 3.2 y 3.3 se realiza el diseño de las redes de alcantarillado sanitario y condominial para las comunidades de Sondeleg y Zhuzho, obteniéndose los siguientes resultados:

- La concepción de la red está conformada por la conducción principal, que sigue la vía principal que atraviesa las comunidades y una red condominial

que permitirá la evacuación de las aguas residuales de todas las viviendas que se encuentran dispersas y que serán conducidas posteriormente hacia la red principal.



Figura 3.1: Foto de Vía principal de las comunidades

- El dimensionamiento de la red resultó adecuada para un diámetro de 200 mm, de hormigón.
- El dimensionamiento para las redes condominiales será de 160 mm para las tuberías que conducen las aguas residuales hacia la red principal y la redes que conectan las casas con esta red será de 110 mm, conformado por pozos domiciliarios que son tubos de hormigón  $D=300$  mm y accesorios que permiten unión entre tuberías.
- El material será de PVC, por la flexibilidad y poca profundidad de la red que seguirá topográficamente la ruta más corta y adecuada, es por eso que se puede tener las excavaciones mínimas en su construcción, disminuyendo los costos, los planos para este sistema se pueden observar en el anexo 7.
- La profundidad de los pozos de cabeza de la red principal es de 1.80 m para garantizar un adecuado relleno mínimo de 1.2 m de alto sobre la clave del tubo para su seguridad debido a que se encuentra debajo de la vía principal que comunica las comunidades y para garantizar una adecuada profundidad que permita de mayor manera las conexiones de las casas cercanas a la vía.

- La red de alcantarillado pasa por debajo de armicos que conducen agua y se garantizó una altura de 50 cm entre las cotas de los tubos.



Figura 3.2: Foto de pasos de agua de las comunidades

- Finalmente se garantizaron las pendientes adecuadas, mayores al 1% y se trabajó dentro del rango de las velocidades permitidas para tuberías de hormigón.
- Los cálculos y resultados de las redes de alcantarillado condominial y sanitario se detallan en el anexo 6.
- Para el diseño de las redes de alcantarillado se utilizó la normativa descrita en la bibliografía, ya que no existe ninguna actualización reciente de la misma.
- Los planos de los diseños de la red de alcantarillado sanitario en planta y perfil se pueden observar en el anexo 8.

**Anexo 6** : Cálculos del diseño de la red de alcantarillado condominial y sanitario.

**Anexo 7** : Planos para el sistema condominial.

**Anexo 8** : Planos en planta y perfil de la red de alcantarillado sanitario.

## CAPÍTULO 4

### DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

#### 4.1 Generalidades

Las aguas residuales son un producto inevitable de las actividades humanas, generados en toda comunidad una vez que ha sido contaminada durante los diferentes usos para los cuales ha sido empleada.

Romero (2008) define varios términos importantes relacionados con las aguas residuales como:

Aguas residuales son aquellas aguas y sólidos usados que por cualquier medio se introducen en las cloacas y son transportadas a través del sistema de alcantarillado.

Aguas residuales domésticas (ARD) son los residuos líquidos originados en viviendas, residencias, edificios comerciales e institucionales.

Aguas residuales municipales son los residuos líquidos transportados a través del sistema de alcantarillado de una ciudad o población y posteriormente tratados en una planta de tratamiento municipal.

Aguas residuales industriales son aquellas aguas residuales provenientes de las descargas de las diferentes industrias.

Aguas negras es un término para referirse a las aguas residuales originadas en los inodoros, es decir, las aguas que transportan excrementos humanos y orina, compuestos generalmente por: sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales.

Aguas grises es un término para referirse a las aguas residuales originadas en tinajas, duchas, lavamanos y lavadoras, es decir, toda agua residual doméstica excluyendo únicamente la de los inodoros, compuesto generalmente por: sólidos suspendidos, fósforo, grasas, coliformes fecales y DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno).

## 4.2 Caracterización de Aguas Residuales

La caracterización del agua residual se la puede realizar de varias maneras, dependiendo su propósito, sin embargo el muestreo debe ser el apropiado para asegurar representatividad de la muestra y un análisis de laboratorio de conformidad con normas estándar que garanticen precisión y exactitud de los resultados.

En las comunidades de Sondeleg y Zhuzho se realizaron muestras instantáneas en una fosa séptica al no encontrarse ninguna descarga directa en un cuerpo receptor, ya que las muestras instantáneas o simples son mejor aplicables cuando el flujo del agua residual no es continuo y la descarga de contaminantes es intermitente (Romero Rojas, 2008).

El objetivo de los estudios de caracterización de aguas residuales es el de determinar las características físicas, químicas y biológicas del agua, así como de las concentraciones de los constituyentes del agua residual, para poder seleccionar los procesos óptimos para reducir las concentraciones de los contaminantes, en definitiva, es la base para el diseño de las instalaciones para su tratamiento. (Metcalf y Eddy, 1995).

Las muestras para la caracterización de aguas residuales se realizaron en dos fosas sépticas, pertenecientes a habitantes de las comunidades, debido a que no se encontró ninguna descarga directa u otra fuente para la toma de muestras.



Figura 4.1: Materiales utilizados para la caracterización de las aguas residuales



Figura 4.2: Muestras tomadas en campo

Las muestras deben ser tomadas adecuadamente y en recipientes que garanticen no alterar las mismas y ser transportadas adecuadamente hasta los laboratorios donde se realizarán los respectivos análisis, en recipientes de 1 galón para el análisis químico y en recipientes esterilizados de 100 ml para la parte biológica.

A continuación se resumen, los resultados de algunos parámetros de la caracterización de las aguas residuales en los laboratorios de ETAPA EP, como se observa en la tabla 4.1.

## **Anexo 2 : Resultados de caracterización de aguas residuales**

Tabla 4.1: Resultados de caracterización de aguas residuales

<b>Resultados</b>			
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>
DBO5	mg/l	226	203
Sólidos suspendidos totales	mg/l	114	116
Sustancias solubles al hexano	mg/l	14	33
Coliformes totales	NMP / 100 ml	3.30E+06	1.30E+07
Ph		7.6	7.59

### **4.3 Sistema de Depuración de Aguas Residuales**

Un sistema de depuración de aguas residuales hace referencia a la purificación o remoción de sustancias contenidas en las aguas residuales tanto físicas, como químicas y biológicas, con el objetivo de proteger la salud y promover el bienestar de los pobladores.

Las características físicas del agua residual son las relacionadas con el contenido total de sólidos, materia en suspensión, materia sedimentable, materia coloidal y materia disuelta y parámetros como turbiedad, color, olor y densidad.

Las características químicas del agua residual hacen referencia a la materia orgánica, la medición de su contenido orgánico, la materia inorgánica y los gases, donde se distinguen parámetros como DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) representa la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar (estabilizar) la materia orgánica biodegradable, DQO (Demanda Química de Oxígeno) usado generalmente para medir el contenido orgánico presente, y el fósforo importante para análisis de nutrientes, importante en el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. (Crites y Tchobanoglous, 2000).

Finalmente las características biológicas del agua residual son de fundamental importancia en el control de enfermedades causadas por organismos patógenos de origen humano y el papel principal de los microorganismos y las bacterias en la estabilización de la materia orgánica, aquí se distinguen parámetros relacionados a organismo patógenos, microorganismos y bacterias, donde principalmente se destaca la bacteria coliforme como un indicador de la posible presencia de organismos patógenos (Metcalf y Eddy, 1995).

Para una adecuada depuración de las aguas residuales se deben definir las técnicas apropiadas sin olvidar que la complejidad de un sistema de depuración es función directa de los objetivos propuestos de remoción. Es por ello que al contar con un gran número de métodos y procesos para el tratamiento de las aguas residuales se distinguen varios tipos de tratamiento principalmente un primario y un secundario (Romero Rojas, 2008).

Por otra parte también se debe distinguir fundamentalmente entre dos procesos que se presentan al tratar las aguas residuales. El proceso aerobio consiste en la descomposición de materia orgánica en presencia de oxígeno libre. En cambio el proceso anaerobio es la descomposición u oxidación de compuestos orgánicos en ausencia de oxígeno libre.

### 4.3.1 Tratamiento Primario

De acuerdo al Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario, Libro VI - Anexo 1, el tratamiento primario se refiere a la remoción parcial de los sólidos sedimentables y flotantes presentes en el agua residual, mediante operaciones físicas tales como: sedimentación, filtración, floculación, mezclado y desarenado.

Sin embargo en algunos casos es necesario operaciones preliminares para dar un pretratamiento a las aguas residuales con el objetivo de remover aquellos constituyentes que puedan causar dificultades en la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento.

#### Fosa Séptica

Las fosas o tanques sépticos son cámaras construidas para detener las aguas residuales domésticas, por un periodo específico de tiempo, con el propósito de permitir la decantación de sólidos, retención de material graso contenido en las aguas residuales, transformándolos bioquímicamente en sustancias o compuestos más simples y estables (Athayde, 1982).

En consecuencia se pueden encontrar varias fases dentro de un tanque séptico como:  
Retención: las aguas residuales son retenidas en el tanque séptico un periodo adecuadamente establecido que generalmente puede variar de 24 a 12 horas, dependiendo de la contribución de los afluentes, como se observa en la tabla 4.2.

Tabla 4.2: Periodo de Retención en Tanques Sépticos

Período de retención (T)			
Contribución l/día		Período de retención	
		Horas	Días (T)
a	6000	24	1
6000	7000	21	0.875
7000	8000	19	0.79
8000	9000	18	0.75
9000	10000	17	0.71
10000	11000	16	0.67
11000	12000	15	0.625
12000	13000	14	0.585
13000	14000	13	0.54
más de	14000	12	0.5

Fuente: (NBR 7229, 1992)

**Sedimentación:** Conjuntamente con la fase anterior se produce una sedimentación por la acción de la gravedad del 60 al 70 % de los sólidos en suspensión contenidos en las aguas residuales, formándose una sustancia semilíquida denominada lodo. Parte de los sólidos no sedimentados, como aceites, grasas y otros materiales mezclados con gases, son retenidos en la superficie libre del líquido.

**Digestión:** Los lodos y las sustancias retenidas en la superficie libre del líquido son atacados por bacterias anaerobias, provocando una destrucción total o parcial de organismos patógenos.

**Eficiencia:**

Normalmente la eficiencia de un tanque séptico y otras unidades de tratamiento para las comunidades de Sondeleg y Zhuzho se expresa en función de los parámetros comúnmente adoptados en los diversos procesos de tratamiento. Los más usados son: Sólidos en Suspensión y DBO. A continuación se pueden observar las eficiencias de las unidades de tratamiento.

Tabla 4.3: Eficiencias de remoción de DBO5

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

Fuente: (Athayde, 1982)

Tabla 4.4: Eficiencias de remoción de Sólidos en Suspensión

<b>Posibles eficiencias de remoción de Sólidos en Suspensión</b>	
<b>Unidad de Tratamiento</b>	<b>Eficiencia de remoción de Sólidos en Suspensión</b>
Tanques sépticos de cámaras en serie	16 - 70 %
Filtro anaerobio	64 %

Fuente: (Rengel, 2000)

Para el caso particular de las comunidades de Sondeleg y Zhuzho se optó por un tanque séptico de doble cámara rectangular dispuesto secuencialmente en la dirección del flujo de líquido y conectado correctamente, en el que debe producirse, conjunta y cada vez menos, procesos de flotación, sedimentación y digestión (NBR 7229, 1992).

Es importante recordar que el tanque séptico no purifica las aguas residuales, sólo reduce su carga orgánica a un grado de tratamiento aceptable en determinadas condiciones. Así mismo los sólidos no sedimentables son arrastradas con el efluente, conjuntamente con el producto soluble de la descomposición de lodos

El efluente de los tanques sépticos generalmente es oscuro y de un olor característico, causado por la presencia del gas sulfhídrico y otros gases que producen olores. Las bacterias están presentes en grandes cantidades y sus efluentes difieren de los sistemas comunes de tratamiento, debido a su fase anaerobia.

Es necesario distinguir entre el volumen total y el volumen útil en un tanque séptico, el volumen total es igual al volumen útil más el volumen correspondiente al espacio para la circulación de gas en el tanque y el volumen útil es el espacio interno mínimo necesario para el buen funcionamiento del tanque séptico.

**Parámetros de diseño para Fosa Séptica de doble cámara:**

El diseño de la fosa Séptica de doble cámara rectangular se lo realizó de acuerdo a la Norma Brasileña NB - 41/81 la cual establece un volumen útil en función del período de retención indicado en la tabla 4.2, la población servida y la contribución de aguas residuales y lodos, como se observa en la tabla 4.5.

Tabla 4.5: Contribución de Aguas Residuales y de Lodos

<b>Contribución unitaria de aguas residuales ( C ) y lodos (Lf) por tipo de predios y ocupantes</b>			
<b>Predio</b>	<b>Unidad</b>	<b>Contribución l/día</b>	
		<b>Aguas residuales ( C )</b>	<b>Lodos (Lf)</b>
<b>1 OCUPANTES PERMANENTES</b>			
<b>RESIDENCIA</b>			
Alta	persona	160	1
Medio	persona	130	1
Bajo	persona	100	1
Hoteles sin cocina y sin lavandería	persona	100	1
Alojamiento provisorio	persona	80	1
<b>2 OCUPANTES TEMPORALES</b>			
Fábricas en general	operario	70	0.3
Edificios Públicos	persona	50	0.2
Restaurantes y Similares	comida	25	0.1
Cinemas, Teatros y Templos	lugar	2	0.02

Fuente: (NBR 7229, 1992)

A continuación se resumen los parámetros de diseño adoptados, dimensionamiento y recomendaciones constructivas:

Tabla 4.6: Parámetros de diseño de la fosa séptica de doble cámara

Volumen Útil de la Fosa Séptica				
Datos:				
Descripción	Símbolo	Unidad	Datos	Referencia
Número de habitantes servidos	N	hab	962	Tabla 2.8
Contribución Aguas residuales	C	l/hab x día	100	Tabla 4.5
Periodo de retención	T	días	0.5	Tabla 4.2
Contribución de lodos	Lf	l/hab x día	1	Tabla 4.5
Remoción de DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub>	mg/lt	35 %	Tabla 4.3

Tabla 4.7: Dimensionamiento de la fosa séptica de doble cámara

Descripción	Símbolo	Unidad	Fórmula	Datos Calculados
Volumen Útil	V	Litros	$V = 1.3 + N (C \times T + 100 \times lf)$	187590
		m <sup>3</sup>		187.59

Fuente: (NBR 7229, 1992)

Tabla 4.8: Medidas constructivas de la fosa séptica de doble cámara

ANCHO (b)	LARGO (L)	PROFUNDIDAD (H)	VOLUMEN REAL
m	m	m	m <sup>3</sup>
5	15.2	2.5	190

Recomendaciones:

- Ancho interno mínimo  $b = 0.80$  metros
- Profundidad útil mínima  $h = 1.20$  metros
- Relación Largo / Ancho:
- Ancho interno no debe superar dos veces la profundidad útil:
- Ancho interno de la cámara debe ser menor a la longitud
- La relación de volumen de las cámaras
- La relación de longitud de las cámaras

$$2 \leq \frac{L}{b} \leq 4$$

$$b \leq 2 h$$

$$b < L$$

$$\frac{2}{3} V$$

$$\frac{1}{3} V$$

L1	Cámara 1	$\frac{2}{3}L$
L2	Cámara 2	$\frac{1}{3}L$

- Los bordes superiores de estos orificios deben ser localizados a una distancia de 0.30 m por debajo de la superficie del líquido (Athayde, 1982).
- La capacidad soportante en el área de estudio para el diseño de la fosa séptica será de 16 ton/m<sup>2</sup> de acuerdo al estudio de suelos realizado, el mismo que se anexa en el presente estudio.
- La construcción de la fosa séptica considerará los materiales y detalles de armado, de acuerdo con las especificaciones y recomendaciones de ETAPA EP, los mismos que se anexan en el presente estudio.

**Anexo 3 : Estudio de Suelos.**

**Disposición final de los efluentes sólidos de las fosas sépticas:**

La parte sólida retenida en las fosas sépticas (lodo) deberá ser removida periódicamente, de acuerdo con el período de almacenamiento establecido en el cálculo de estas unidades, para estimar la frecuencia de lodos a ser removidos se usarán los valores recomendados como se observa en la tabla 4.9.

Tabla 4.9: Tiempo requerido para digestión de lodos

<b>Tiempo requerido para digestión de lodos</b>	
<b>Temperatura °C</b>	<b>Tiempo de digestión (días)</b>
5	110
10	76
15	55
20	40
> 25	30

Fuente: (OPS/CEPIS/05.168, 2009)

La frecuencia de extracción de lodos estará en función de los tiempos referenciales de la tabla 4.9, cuya frecuencia resultante para el caso particular de las comunidades de Sondeleg y Zhuzho al encontrarse en una zona con temperaturas promedio anuales entre los 12°C Y 18°C es de 55 días, considerando que existirá una mezcla de lodos frescos y lodos digeridos que se encontrarán al fondo de a fosa. De esta manera el intervalo entre extracciones de lodos sucesivas será como mínimo el tiempo de digestión a excepción de la primera extracción que será de al menos el doble del tiempo de digestión (OPS/CEPIS/05.168, 2009).

En consecuencia los lodos provenientes de las fosas sépticas también deberán ser tratados adecuadamente y no podrán ser depositados en el suelo ni mucho menos en cursos de agua. Es por esto que se concibió un lecho de secado para el tratamiento de los lodos, generalmente el método más simple y económico para deshidratar a los lodos, es decir disminuir el contenido de agua presente en los lodos, ideal para el caso de comunidades rurales (Athayde, 1982).

Es conveniente destacar que no se debe extraer totalmente el lodo, sino dejar una altura de aproximadamente 10 a 15 cm que sirve como inóculo para que continúe el proceso de digestión anaerobia de los sólidos sedimentados.

Finalmente los lodos después de ser deshidratados, deberán depositarse en un relleno sanitario o una central de tratamiento de lodos, para el caso particular de las comunidades el lodo deshidratado será depositado en el relleno sanitario de la parroquia Sígsig.

#### **Parámetros de diseño para el lecho de secado:**

De acuerdo a la OPS/CEPIS/05.168, 2009 los parámetros recomendados para el diseño de un lecho de secado estará en función del contenido de sólidos suspendidos (SS) contenidos en las aguas residuales que se sedimentarán en la fosa séptica para posteriormente formar los lodos.

Tabla 4.10: Parámetros de diseño del lecho de secado

<b>Lechos de Secado</b>				
<b>Datos</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Datos</b>	<b>Referencia</b>
Número de habitantes servidos	N	hab	962	Tabla 2.8
Densidad promedio de lodos	p lodo	Kg/l	1.04	
% Sólidos contenido en los lodos		%	10	8-12
Tiempo de digestión en días	Td	días	55	Tabla 4.9
Profundidad de lecho de secado	h	m	0.4	0.20-0.40
Contribución per cápita SS (Sólidos Suspendidos)	CpSS	grSS/ hab x día	90	

Fuente: (OPS/CEPIS/05.168, 2009)

Tabla 4.11: Dimensionamiento del lecho de secado

Descripción	Símbolo	Unidad	Fórmula	Datos Calculados
Carga de sólidos que ingresan a la fosa	C	KgSS/día	$C = \frac{N \times CpSS}{1000}$	86.58
Masa de sólidos que conforman los lodos	Msd	KgSS/día	$Msd = (0.5 \times 0.7 \times 0.5 \times C) + (0.5 \times 0.3 \times C)$	28.14
Volumen diaria de lodos digeridos	Vld	l/día	$Vld = \frac{Msd}{p \text{ lodo} \times (\% \frac{\text{sólidos}}{100})}$	270.56
Volumen de lodos a extraerse	Vel	m <sup>3</sup>	$Vel = \frac{Vld \times Td}{1000}$	14.88
Volumen real a extraerse	Vr	m <sup>3</sup>	$Vr = 90\% \times Vel$	13.39

Fuente: (OPS/CEPIS/05.168, 2009)

Tabla 4.12: Dimensiones constructivas del lecho de secado

ANCHO	LARGO	PROFUNDIDAD	VOLUMEN REAL
m	m	m	m <sup>3</sup>
4.5	10	0.4	18

### 4.3.2 Tratamiento Secundario

De acuerdo al Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario, Libro VI - Anexo 1, el tratamiento secundario se usa principalmente para la remoción de compuestos orgánicos biodegradables y sólidos suspendidos, a través de procesos biológicos como: lodos activados, filtros percoladores y sistemas de lagunas y sedimentación. Es importante destacar que si es necesario un proceso más avanzado para remover ciertos constituyentes de las aguas residuales a más de un tratamiento primario y secundario, se puede implementar un tratamiento terciario o avanzado el cual supone, generalmente, su aplicación para remover nutrientes con el objetivo de prevenir la eutrofización de toda fuente receptora.

#### Filtro biológico anaerobio de lecho fijo con flujo ascendente

Consiste en un reactor biológico donde las aguas residuales se purifican o tratan por microorganismos no aeróbicos. El proceso es eficiente en la reducción de altas cargas

orgánicas y su depuración es debida a la fijación y el desarrollo de microorganismos en forma de una película biológica en la superficie de cada pieza de piedra empleada como material de relleno y en forma de flóculos y gránulos en los intersticios del material de relleno. El afluente fluye en los intersticios del lecho manteniéndose en contacto con el lodo activo adherido produciéndose la adsorción y remoción de materia orgánica disuelta (NBR 13969, 1997).

El objetivo de un filtro percolador es reducir la carga orgánica presente en las aguas residuales domésticas al propiciar un mayor tiempo de retención celular, mediante la inmovilización y retención de bacterias, en la forma de película biológica, a fin de mantener un contacto prolongado entre la biomasa activa y el afluente de aguas residuales. Consiste en un lecho de piedras o cualquier medio natural o sintético, sobre el cual se filtran las aguas residuales, las que producen el crecimiento de microorganismos, o películas microbiales sobre el lecho.

Generalmente el lecho filtrante es de piedra de profundidad recomendada de 1.20 metros y usualmente circular, donde el material orgánico presente en las aguas residuales es adsorbido y descompuesto por la biomasa adherida al medio filtrante, en la parte interior cercana a la superficie del medio, predominan las condiciones anaerobias y en la parte externa, condiciones aerobias (Romero Rojas, 2008).

**Parámetros de diseño para filtro biológico anaerobio de flujo ascendente:**

El diseño se basa en la norma brasileña y el primer parámetro es la carga orgánica volumétrica de los lechos bacterianos, la cual puede ser de baja, media o de alta carga en función de la carga orgánica aplicada, profundidad y grado de recirculación (Collado, 1992).

Tabla 4.13: Clasificación de los lechos bacterianos

Clasificación de los lechos bacterianos				
	Alta carga		Media carga	Baja carga
	Piedra	Plástico		
CO (kgDBO/m3xdía)	0.3 -1.0	1.0 - 5.0	0.24 -0.48	0.08 - 0.32
CH (m3/m2xh)	0.5 - 1.5	1.5 - 3.0	4 - 10 m/d	1 - 4 m/d
H (m)	< 3.0	< 7.0	< 3.0	< 3.0
Recirculación (%)	100 - 300	100 - 300	0 - 100	0
Rendimiento (%DBO)	60 - 80	65 - 85	60 - 80	90 - 95

Fuente: (Collado, 1992)

El material del lecho bacteriano es un parámetro importante en el cual se trata de conseguir la mayor superficie específica e índice de huecos, para aumentar la biomasa degradante.

Tabla 4.14: Características del lecho bacteriano

<b>Características del lecho bacteriano</b>				
<b>Medio de soporte</b>	<b>Tamaño (cm)</b>	<b>Peso específico (Kg/m3)</b>	<b>Superficie específica (m2/m3)</b>	<b>Huecos (%)</b>
Plástico	50 - 120	33 - 100	80 -100	95 - 97
Piedras	2 – 7	1500	64	46
Piedras	10	1120	45	60
Escorias	5 – 8	1130	66	50

Fuente: (Collado, 1992)

Finalmente el filtro anaerobio estará en función de la carga orgánica por cada habitante en función del predio, la misma que deberá ser tratada por el lecho bacteriano considerando que la fosa séptica remueve inicialmente un 40 % de los valores que se indican a continuación.

Tabla 4.15: Contribución diaria de vertidos y carga orgánica por tipo de edificio y ocupantes

<b>Contribución diaria de vertidos y carga orgánica por tipo de edificio y ocupantes</b>			
<b>Predio</b>	<b>Unidad</b>	<b>Aguas residuales l/día</b>	<b>Contribución de carga orgánica gDBO5,20/d</b>
<b>1 OCUPANTES PERMANENTES</b>			
<b>RESIDENCIA</b>			
Alta	persona	160	50
Medio	persona	130	45
Bajo	persona	100	40
Hoteles sin cocina y sin lavandería	persona	100	30
Alojamiento provisorio	persona	80	30
<b>2 OCUPANTES TEMPORALES</b>			
Fábricas en general	operario	70	25
Edificios Públicos	persona	50	25
Restaurantes y Similares	comida	25	25
Cinemas, Teatros y Templos	lugar	2	1

Fuente: (NBR 13969, 1997)

A continuación se resumen los parámetros de diseño adoptados, dimensionamiento y recomendaciones constructivas:

Tabla 4.16: Parámetros filtro anaerobio de flujo ascendente

Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente				
Datos				
Descripción	Símbolo	Unidad	Datos	Referencia
Número de habitantes servidos	N	hab	962	Tabla 2.8
Carga orgánica por habitante	Co	grDBO5.20/día	26 (65%)	Tabla 4.15
Carga orgánica volumétrica	Lv	kgDBO/m <sup>3</sup> xdia	0.3	Tabla 4.13
Altura del lecho filtrante	hm	m	1.2	
Porosidad del medio filtrante	e	%	46	Tabla 4.14
Remoción de DBO5	DBO5	mg/lt	70 %	Tabla 4.3

Tabla 4.17: Carga orgánica del efluente

Descripción	Símbolo	Unidad	Fórmula	Datos Calculados
Carga orgánica del efluente	L	kgDBO/dia	$L = \frac{N \times Co}{1000}$	25.01

Fuente: (NBR 13969, 1997)

Tabla 4.18: Dimensionamiento del Volumen útil – total del filtro anaerobio

Descripción	Símbolo	Unidad	Fórmula	Datos Calculados
Volumen útil del lecho filtrante	V	m <sup>3</sup>	$V = \frac{L}{Lv}$	83.37
Volumen Total	VT	m <sup>3</sup>	$VT = \frac{V}{e}$	181.25

Fuente: (NBR 13969, 1997)

Tabla 4.19: Medidas constructivas del filtro anaerobio

Unidad	Tanque de Ferrocemento	Altura	Diámetro
<b>u</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>m</b>	<b>m</b>
# 1	100	2.50	7.30
# 2	100	2.50	7.30

**Recomendaciones:**

- La profundidad útil del lecho filtrante será de 1.20m
- La capacidad soportante en el área de estudio para el diseño de los filtros será de 16 ton/m<sup>2</sup> de acuerdo al estudio de suelos realizado, el mismo que se anexa en el presente estudio.
- Se optará por construir dos tanques de 100 m<sup>3</sup> de ferrocemento por condiciones de operatividad en lugar de uno de 200 m<sup>3</sup>, para la construcción de los tanques de ferrocemento se considerará los materiales y detalles de armado, de acuerdo con las especificaciones y recomendaciones de ETAPA EP, los mismos que se anexan en el presente estudio.

**4.3.3 Lechos de infiltración**

Los lechos de infiltración son zanjas cuyos anchos son superiores a los 90 centímetros y que pueden contener más de una línea de tuberías de distribución. La ventaja de los lechos de filtración en relación a las zanjas es que requieren menos terreno y son aceptables en terrenos planos, de pendientes menores al 10 % y en suelos arenosos o granulares (Romero Rojas, 2008).

De acuerdo a Romero Rojas, 2008 se recomiendan las siguientes consideraciones para el diseño de lechos de infiltración:

- Profundidad mínima del lecho de 60 centímetros y recubrimiento mínimo de tierra de 30 cm.
- Para la línea de conducción tuberías perforadas cada 15 centímetros de 10 centímetros de diámetro.
- Profundidad mínima del lecho de 30 cm y debe extenderse al menos 5 centímetros sobre la tubería y 15 centímetros por debajo de la misma.
- Las tuberías no deben distanciarse más de 1.80 metros y colocarse máximo a una distancia de 1 metro de las paredes laterales del lecho.
- Si existe más de un lecho debe distanciarse al menos 1.80 m entre ellos.
- La longitud recomendada de las líneas de tuberías es de 18 metros pero puede tener una longitud máxima permisible de 30 metros.
- Finalmente se recomienda una separación entre 0.60 centímetros y 1.20 metros del nivel freático.

**Parámetros de diseño para lechos de infiltración:**

El primer parámetro de diseño es la tasa de aplicación de aguas residuales de los lechos bacterianos, la cual es función de la tasa de percolación del suelo según su textura, que conjuntamente con las recomendaciones constructivas permiten el dimensionamiento del lecho de infiltración.

Tabla 4.20: Tasas de aplicación de aguas residuales para sistemas de infiltración

<b>Tasas de aplicación de aguas residuales para sistemas de infiltración</b>		
<b>Textura del suelo</b>	<b>Tasa de percolación (min/cm)</b>	<b>Tasa de aplicación (L /m2 x día)</b>
Grava, arena gruesa	< 0.40	No recomendado
Arena media a gruesa	0.4 -2.0	48
Arena fina, arena magrosa	2.1 - 6.0	32
Marga, marga arenosa	6.1 - 12.0	24
Marga, marga limosa porosa	12.1 - 24.0	18
Marga arcillolimosa, marga arcillosa	24.1 - 48.0	8
Arcillas, arcillas coloidales	> 48	No recomendado

Fuente: (Romero Rojas, 2008)

Collado Ramón, 1992 coincide con los valores de la tabla anterior y recomienda una tasa de aplicación CH de 20 a 50 m3 / m2 x día.

A continuación se resumen los parámetros de diseño adoptados y su dimensionamiento.

Tabla 4.21: Parámetros de diseño del Lecho filtrante

<b>Lecho filtrante</b>				
<b>Datos</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Datos</b>	<b>Referencia</b>
Número de habitantes servidos	N	hab	962	Tabla 2.8
Contribución Aguas residuales	C	l/hab x día	100	Tabla 4.15
Tasa de aplicación	Vc	l/m2 x día	35	Tabla 4.20
Longitud de cada lecho	L	m	30	
Separación entre lechos	b	m	0.90	
Ancho del lecho	a	m	92.80	
Remoción de DBO5	DBO5	mg/lt	75 %	Tabla 4.3

Tabla 4.22: Dimensionamiento del lecho de infiltración

Descripción	Símbolo	Unidad	Fórmula	Datos Calculados
Área de infiltración	A	m <sup>2</sup>	$A = \frac{N \times C}{Vc}$	2748.57
Ancho de área de infiltración	a	m	$a = \frac{A}{L}$	91.62
			Ancho asumido	92.80
Longitud de tuberías	Lt	m	$Lt = N^{\circ} \times L$	1590
Número tuberías por lecho	N°	u		53

Fuente: (Romero Rojas, 2008)

A continuación se resume la eficiencia esperada por las unidades que conforman la planta de tratamiento, para este caso se establecieron los valores más bajos recomendados en la tabla 4.3 y 4.4 del presente capítulo, los cuales deben ser monitoreados durante su vida útil con los parámetros de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, Libro VI, Anexo 1, como se indican en el presente manual de operación y mantenimiento de las unidades.

Tabla 4.23: Parámetros de remoción en unidades de la PTAR

Parámetro	Unidad	Afluente	% Remoción Fosa	% Remoción Filtro	% Remoción lecho	Efluente
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO5 (mg/l)	226	35	70	75	11
Sólidos Suspendidos Totales	SST (mg/l)	114	16	64		34

Fuente: (Rengel, 2000)

Finalmente los planos y detalles de las unidades de la PTAR se detallan en el:

**Anexo 9** : Planos de la PTAR.

#### 4.4 Ubicación

La PTAR está ubicada en la margen derecha del Río Santa Bárbara, en las coordenadas del sistema WGS84:  $X = 745140$  y  $Y = 9660752$ ; y, a una altitud de 2429 msnm con un área aproximada de 9 500 m<sup>2</sup>. El caudal medio de diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales contempla los aportes de: las aguas residuales domésticas que aportan al sistema de alcantarillado; las aguas provenientes por conexiones erradas y la infiltración al sistema de alcantarillado, el cual es de 9.43 litros por segundo, al final del período de diseño y está previsto que los habitantes de la comunidad disponga o compren a nombre de la comunidad el espacio requerido para la PTAR.



Figura 4.3: Terreno para la PTAR

#### 4.5 Manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales

##### 4.5.1 Objetivo

El objetivo del manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) para las comunidades de Sondeleg y Zhuzho es establecer procedimientos básicos de operación y mantenimiento, que contribuyan a obtener la eficiencia esperada, previniendo contaminación en la zona, posibles afecciones a la salud, impactos ambientales, estéticos y posibles inconvenientes generados por la interrupción del servicio.

El presente manual está dirigido a los miembros de las comunidades de Sondeleg y Zhuzho y a los técnicos encargados de realizar las actividades de operación y mantenimiento de la PTAR, con la finalidad de cumplir con el objetivo para la que fue diseñada.

#### 4.5.2 Definiciones<sup>10</sup>

**Operación:** Son las acciones destinadas a lograr que las instalaciones, equipos, procesos y operaciones se realicen de manera correcta y cumplan con sus funciones de forma adecuada para lograr su máximo rendimiento.

**Mantenimiento:** Son aquellas acciones destinadas a reparar o restaurar las instalaciones, equipos, estructuras, procesos u operaciones para mantener y conservar la capacidad para cumplir con sus funciones de forma adecuada, de tal manera que el rendimiento proyectado o esperado sea efectivo, seguro y realizado con economía para el bien de la comunidad servida. Generalmente se puede analizar el mantenimiento dentro de tres tipos de mantenimiento:

**Correctivo:** Son intervenciones no programadas, con el objetivo de devolver a las instalaciones, equipos, estructuras, procesos u operaciones averiadas a su estado operacional que tenía antes que el defecto fuera descubierto.

**Preventivo:** Son intervenciones periódicas o rutinarias de inspección y cuidado programadas para identificar y evitar fallas, prolongando el funcionamiento adecuado de las obras.

**Predictivo:** Son intervenciones realizadas con el fin de prevenir o adelantarse a posibles fallas debidas a condiciones de trabajo o antigüedad como lo es la sustitución de piezas.

Dentro del mantenimiento preventivo distinguimos las siguientes clases de actividades:

- Prolongación de la vida útil de las unidades de tratamiento.

---

<sup>10</sup> (OPS/CEPIS/05.168, 2009)

- Eliminación de todo aquello que afecte el correcto funcionamiento de las instalaciones y equipos.
- Orden y limpieza en general.

Dentro del mantenimiento correctivo encontramos la siguiente actividad:

- Sustitución, arreglo o reposición de elementos y procesos que no funcionen adecuadamente.

#### **4.5.3 Personal**

El personal requerido para el cumplimiento de las actividades de operación y mantenimiento de la PTAR para las comunidades de Sondeleg y Zhuzho, deberá ser el necesario para garantizar un adecuado funcionamiento y operación. Se recomienda como mínimo implementar el siguiente personal.

- 1 Operador de la PTAR.
- 1 Jornalero.

Debido a que generalmente los miembros de las comunidades son los encargados de realizar estas actividades, el personal seleccionado deberá ser entrenado, haciéndole conocer todas las medidas de seguridad que deberá adoptar, para protegerse y evitar accidentes que dañen su integridad física o afecten a su salud, el uso de equipos de protección personal que puede incluir guantes, mascarillas, cascos y se recomienda que el GAD Municipal de Sígsig supervise el adecuado mantenimiento y funcionamiento de la PTAR.

#### **4.5.4 Sistema de tratamiento**

La planta de tratamiento de aguas residuales para las comunidades de Zhuzho y Sondeleg, está conformada por una fosa séptica de doble cámara, dos filtro anaerobio de flujo ascendente, un lecho de infiltración y un lecho de secados para tratar los lodos provenientes de la fosa séptica, que depurarán las aguas del sistema de alcantarillado de las comunidades previo a su descarga en el efluente, para este caso el Río Santa Bárbara.

El grado de tratamiento contemplado en la PTAR es la depuración de materia sólida y orgánica particulada y disuelta en las aguas residuales, cumpliendo los criterios mencionados de acuerdo al Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario,

Libro VI - Anexo 1 Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua acerca de los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 4.24: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas	Sustancias Solubles al Hexano	mg/l	0.3
Coliformes Fecales	Nmp/ 100 ml		Remoción > al 99.9%
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O5.	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Nitrógeno Total Kjedahl	N	mg/l	15
Sólidos Sedimentables		mg/l	1.0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1 600

Fuente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, Libro VI, Anexo 1, Tabla 12

Adicionalmente debido a la cercanía de la PTAR a zonas turísticas del Cantón Sígsig como: las Playas de Zhingate y zonas de actividades acuáticas, principalmente la pesca. Luego del proceso de depuración de las aguas residuales la calidad de las aguas del río Santa Bárbara, deberá cumplir con límites máximos permisibles que se indican en la Norma para aguas con fines recreativos de contacto secundario (deportes náuticos y pesca), como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 4.25: Criterios de calidad de aguas para fines recreativos mediante contacto secundario

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas	Sustancias Solubles al Hexano	mg/l	0.3
Coliformes Totales	Nmp/ 100 ml		4 000
Coliformes Fecales	Nmp/ 100 ml		1 000
Potencial de Hidrógeno			6.5 - 8.5
Sólidos flotantes	visible		ausencia

Fuente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, Libro VI, Anexo 1, Tabla 10

Para las distintas unidades y procesos considerados en el sistema de depuración de las aguas residuales para las comunidades de Sondeleg y Zhuzho, se recomiendan las siguientes actividades necesarias para su adecuada operación, ejecutadas por los miembros de las comunidades o conjuntamente con el GAD Municipal de Sígsig.

#### **4.5.5 Rejilla al ingreso de la fosa séptica de doble cámara**

**Descripción:** Constituido por una rejilla de desbaste de sólidos; formada por platinas inclinadas paralelas y uniformemente espaciadas, de acero inoxidable, con una inclinación de 45°.

El mantenimiento previsto de este elemento será de limpieza manual, mediante un rastrillo; el material retirado se colocará en un carretilla para posteriormente ser removido y transportado temporalmente en un contenedor, previo a su destino final como residuo sólido en el relleno sanitario de la ciudad, o se puede colocar en un pozo sanitario adyacente al sitio preparado para esta actividad el cual deberá ser cubierto con una capa de tierra. La frecuencia de limpieza está en función del estado de la rejilla, la misma que será evaluada por el personal de operación de la PTAR.

#### **Objetivos:**

- Evitar posibles obstrucciones a la entrada de la fosa séptica.
- Permitir el flujo normal de las aguas residuales a las unidades de depuración.

#### **Personal y equipo:**

- Operador y Jornalero
- Herramientas menores: rastrillo, pala, carretilla.

#### **Tiempo estimado:**

- Limpieza de rejillas: 30 minutos.

#### **Frecuencia aproximada:**

- Limpieza rejillas: semanal o quincenal

#### **4.5.6 Fosa séptica de doble cámara<sup>11</sup>**

**Descripción:** Antes de poner en funcionamiento la fosa séptica, se recomienda su llenado con agua y si fuera posible, inoculado con lodo proveniente de otra fosa cercana, en este caso se podría realizar una inoculación de los lodos de la fosa séptica

---

<sup>11</sup> (OPS/CEPIS/05.168, 2009)

de la ciudad del Sígsig por su cercanía, con el propósito de acelerar el desarrollo de los microorganismos anaeróbicos.

Para la inspección y limpieza se recomienda que al abrir la tapa de registro de la fosa séptica, a pesar de contar con tubos de salida de gases, se recomienda dejar transcurrir un tiempo hasta tener la seguridad que el tanque se haya ventilado lo suficiente, de los gases que se acumulan, ya que pueden causar asfixia o ser explosivos al mezclarse con el aire. Por ello nunca debe encenderse fósforo o cigarrillo cuando se apertura una fosa séptica. La fosa séptica se debe limpiar antes que se acumule demasiada cantidad de lodos y natas (materiales flotantes también llamados espumas).

La fosa séptica se limpiará cuando el fondo de lecho de natas este a menos de 7.5 centímetros de la pantalla de salida o cuando se tenga una acumulación de aproximadamente del 40 % o más de la altura de agua en la fosa (Romero Rojas, 2008).

Cuando la acumulación de natas excede lo admisible, se deben retirar las natas o espumas que estén flotando con un cernidor de malla fina de plástico y se puede colocar en un pozo sanitario de por lo menos 60 centímetros de profundidad adyacente al sitio preparado para esta actividad y ser cubierto posteriormente con tierra.

La presencia de turbiedad en el líquido efluente es un indicador que la nata o los lodos han sobrepasado los límites permisibles y es necesario un mantenimiento inmediato. Por ello se debe extraer parcialmente el lodo ubicado al fondo de la unidad. Para esta actividad se requiere la abertura de las válvulas para su descarga a gravedad. El lodo succionado debe depositarse en el lecho de secado.

El espesor de la nata se puede medir con un listón de madera en cuyo extremo lleve una aleta articulada, el cual se fuerza a través de la capa de nata hasta llegar la zona de sedimentación en donde la aleta se desplazará a la posición horizontal y al levantar el listón suavemente, se podrá determinar por la resistencia natural que ofrece la nata.

Para determinar el espesor de lodo y la profundidad del líquido, se emplea un vara en cuyo extremo tenga enrollado una tela tipo felpa en una longitud de aproximadamente un metro en la cual se marcará claramente el nivel del lodo. Deberá cuidarse de no extraer totalmente el lodo, sino dejar una altura de aproximadamente 10 a 15 cm que sirve como inóculo para que continúe el proceso de digestión anaerobia de los sólidos sedimentados.

En general todos los procesos mencionados anteriormente se dan en la primera cámara que posee un volumen dos veces mayor al de la segunda cámara, la cual presenta una acumulación de lodos considerablemente inferior, debiendo ser evaluada su frecuencia de limpieza de acuerdo a las experiencias adquiridas en el proceso de operación de la PTAR.

**Objetivo:**

- Asegurar su normal funcionamiento, evitando la acumulación excesiva de lodos y natas sobrenadantes.

**Personal y equipo:**

- Operador y Jornalero
- Herramientas menores: varilla, listón de madera, barreta, cernidor de malla fina de plástico.

**Tiempo estimado:**

- Limpieza de natas: 1 hora
- Limpieza de lodos: 4 horas

**Frecuencia aproximada:**

- Limpieza de natas: mensual o quincenal
- Limpieza de lodos: cada 1/2 o 1 año

**4.5.7 Filtro anaerobio de flujo ascendente**

**Descripción:** Al iniciar el funcionamiento de un filtro anaerobio de flujo ascendente hay que tener en cuenta que este no opera a toda su capacidad en los primeros seis a doce meses después de su arranque, debido al tiempo requerido por la biomasa para

estabilizarse, aunque también es posible inocular un lodo anaerobio municipal en el material del filtro. (CONAGUA, 2013).

Para la inspección y evaluación en este tipo de unidades únicamente se recomienda verificar que con el tiempo los sólidos no taponen los poros del filtro, este tiempo se puede alargar garantizando que la fosa séptica este trabajando adecuadamente, con un mantenimiento periódico para impedir el paso excesivo de sólidos. El taponamiento parcial aumenta la capacidad del filtro para retener sólidos y el filtro deberá ser limpiado cuando baje su eficiencia.

Los filtros se limpian haciendo funcionar el sistema en modo inverso para desbloquear la biomasa acumulada y las partículas o se puede extraer y limpiar el filtro, pero teniendo en cuenta el efecto de que se perderá la mayoría de la biomasa por lo que será necesario otro periodo hasta su estabilización nuevamente.

**Objetivo:**

- Verificar el correcto funcionamiento e identificar posibles taponamientos del medio filtrante

**Personal y equipo:**

- Operador y jornalero
- Cisterna, si es necesario.

**Tiempo estimado y frecuencia aproximada:**

- Variable de acuerdo a las inspecciones visuales realizadas por el personal de la PTAR.

#### **4.5.8 Lecho de infiltración**

**Descripción:** Para un correcto funcionamiento se deberán seguir las recomendaciones de diseño para su construcción según los criterios del literal 4.3.2.

En las que se destacan:

- Todos los canales deben conservar el mismo largo y no mayor a 30 metros
- En terrenos planos, las líneas deben ubicarse paralelas a las curvas de nivel

- Se recomienda sembrar grama en el campo para ayudar a la absorción del líquido efluente y no se recomienda sembrar plantas ya que pueden obstruir las tuberías (Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000)

El mantenimiento de los lechos de infiltración solo se limita a inspecciones visuales para observar una adecuada distribución del agua residual en todo el lecho, por lo que se deberá revisar periódicamente, al igual que se debe garantizar un adecuado funcionamiento y mantenimiento de las unidades de depuración previas con el fin de evitar el paso de lodos.

Las obstrucciones en los lechos de infiltración son causadas por los lodos y las raíces de plantas, una solución a este inconveniente es la instalación de un campo de infiltración adicional, y revisar la depuración de las unidades previas (CONAGUA y SEMARNAT, 2013).

**Objetivos:**

- Garantizar una adecuada vida útil y funcionamiento del sistema

**Personal y equipo:**

- Operador y jornalero
- Herramienta menor: pala, pico, si es necesario.

**Tiempo estimado y frecuencia aproximada:**

- Variable de acuerdo a las inspecciones visuales realizadas por el personal de la PTAR.

Un correcto manejo de las primeras unidades del sistema evitarán efectos no deseables en las unidades posteriores, incluso la de evitar un mantenimiento correctivo que implica actividades de mayor magnitud y complejidad.

Es por ello que con un seguimiento prolijo y continuo de las presentes recomendaciones básicas para la operación y mantenimiento de la PTAR se asegura su buen funcionamiento y duración durante todo el período de diseño.

Adicionalmente se deberán incorporar todas las medidas adicionales necesarias de las experiencias propias que se obtengan del seguimiento y control inicial del sistema, que permitirán ajustar estas recomendaciones para optimizar la operación y mantenimiento general, debida a la susceptibilidad de las unidades del sistema a desmejorar rápidamente su eficiencia ante cualquier desviación de las condiciones apropiadas de funcionamiento, provocando que el caudal depurado en la PTAR afecte sensiblemente la calidad sanitaria de los cuerpos receptores y constituya un riesgo sanitario para las poblaciones y centros turísticos cercanos.

## CAPÍTULO 5

### PRESUPUESTO DEL PROYECTO

#### 5.1 Análisis de precios unitarios

Para los análisis de precios unitarios se tomó como referencia la base de datos proporcionada por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Sígsig y como complemento la base de datos de ETAPA EP, correspondientes al mes de Enero del 2016.

#### 5.2 Presupuesto

El presupuesto referencial analiza en el presupuesto el sistema de alcantarillado sanitario, la red condominial, las conexiones domiciliarias y las unidades que conforman la planta de tratamiento de aguas residuales, para ello se analizó las cantidades de obra en cada una de las partes mencionadas según los planos.

Tabla 5.1: Presupuesto de las redes de alcantarillado sanitario y la PTAR

<b>PRESUPUESTO</b>						
<b>Ítem</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.Unitario</b>	<b>P.Total</b>
001		ALCANTARILLADO				300,621.14
1,001		<b>SANITARIO</b>				<b>180,203.58</b>
1,001,001	522039	Replanteo mayor a 1.0 km.	km	3.67	468.46	1,719.25
1,001,002	580006	Nivelacion de 1000 a 5000 m	m	3,670.00	0.25	917.50
1,001,003	503001	Excavación mecanica en suelo sin clasificar de 0 a 2 m de profundidad,	m3	2,945.26	2.77	8,158.37
1,001,004	503016	Excavación mecanica en suelo sin clasificar de 2 a 4 m de profundidad,	m3	217.62	2.95	641.98
1,001,005	503002	Excavación mecanica en suelo conglomerado de 0 a 2 m de profundidad,	m3	2,365.33	3.82	9,035.56
1,001,006	503014	Excavación mecanica en suelo conglomerado de 2 a 4 m de profundidad,	m3	126.95	4.53	575.08
1,001,007	503010	Excavación mecanica en roca de 0 a 2 m, de profundidad,	m3	202.75	22.81	4,624.73
1,001,008	503011	Excavación mecanica en roca de 2 a 4 m, de profundidad,	m3	10.89	23.58	256.79
1,001,009	503003	Excavación mecanica en suelo de alta consolidación de 0 a 2 m de profundidad,	m3	135.17	13.48	1,822.09
1,001,010	503015	Excavación mecanica en suelo de alta consolidación de 2 a 4 m de profundidad,	m3	7.26	15.27	110.86
1,001,011	514004	Relleno compactado	m3	4,166.82	4.12	17,167.30
1,001,012	514001	Tapado de zanjas con maquina	m3	1,388.94	1.72	2,388.98
1,001,013	540121	Tapado manual de zanjas	m3	1,388.94	4.08	5,666.88

1,001,014	535200	Material de Reposicion (Incluye esponjamiento)	m3	2,777.88	11.07	30,751.13
1,001,015	535199	Material de Reposicion Subbase clase 2 (Incluye esponjamiento)	m3	277.79	15.60	4,333.52
1,001,016	513001	Cargada de material a mano	m3	925.29	7.07	6,541.80
1,001,017	513003	Cargada de Material a maquina	m3	2,775.87	1.13	3,136.73
1,001,018	513002	Transporte de material hasta 5km	m3	3,516.11	2.24	7,876.09
1,001,019	513004	Transporte de materiales más de 5 Km	m3-km	185.06	0.28	51.82
1,001,020	523002	Entibado Discontinuo	m2	1,768.20	6.95	12,288.99
1,001,021	535002	Sum, Tubo de hormigon D=200 mm, Clase 1	m	3,669.91	5.90	21,652.47
1,001,022	512002	Ins, Tubos de Hormigón D=200 mm, Tuberia prefabricada	m	3,669.91	2.62	9,615.16
1,001,023	534006	Pozo de revision de h=0 a 2,0 m, Tapa y Brocal tipo A	u	81.00	308.05	24,952.05
1,001,024	534001	Pozo de revision de h=0 a 2,5 m, Tapa y Brocal tipo A	u	10.00	362.26	3,622.60
1,001,025	534002	Pozo de revision de h=0 a 3,0 m, Tapa y Brocal tipo A	u	2.00	412.96	825.92
1,001,026	534003	Pozo de revision de h=0 a 3,5 m, Tapa y Brocal tipo A	u	2.00	468.90	937.80
1,001,027	534004	Pozo de revision de h=0 a 4,0 m, Tapa y Brocal tipo A	u	1.00	532.13	532.13
1,002		<b>CONDOMINIAL</b>				<b>94,006.06</b>
1,002,001	522039	Replanteo mayor a 1.0 km.	km	7.11	468.46	3,330.75
1,002,002	502002	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	1,422.58	10.70	15,221.61
1,002,003	503001	Excavación mecanica en suelo sin clasificar de 0 a 2 m de profundidad,	m3	1,024.25	2.77	2,837.17
1,002,004	503002	Excavación mecanica en suelo conglomerado de 0 a 2 m de profundidad,	m3	1,024.25	3.82	3,912.64
1,002,005	514004	Relleno compactado	m3	327.12	4.12	1,347.73
1,002,006	514001	Tapado de zanjas con maquina	m3	1,472.03	1.72	2,531.89
1,002,007	540121	Tapado manual de zanjas	m3	1,472.03	4.08	6,005.88
1,002,008	535200	Material de Reposicion (Incluye esponjamiento)	m3	173.55	11.07	1,921.20
1,002,009	513001	Cargada de material a mano	m3	50.33	7.07	355.83
1,002,010	513003	Cargada de Material a maquina	m3	201.32	1.13	227.49
1,002,011	513002	Transporte de material hasta 5km	m3	251.65	2.24	563.70
1,002,012	529020	Pozo de revision domiciliario TIL con tubo de 300 mm	u	89.00	47.65	4,240.85
1,002,013	535776	Sum, Tuberia PVC para Alcant, U/E D=160 mm serie 5. Tipo B.	m	7,113.00	6.40	45,523.20
1,002,014	509030	Colocacion Tuberia PVC Alcant. D=160 mm	m	7,113.00	0.74	5,263.62
1,002,015	535051	Sum, Yee PVC Desague D=110 mm	u	50.00	3.84	192.00
1,002,016	509032	Colocacion Accesorios PVC para alcantarillado	u	50.00	10.61	530.50
1,003		<b>DOMICILIARIAS</b>				<b>26,411.50</b>
1,003,001	502002	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	39.20	10.70	419.44
1,003,002	503001	Excavación mecanica en suelo sin	m3	41.16	2.77	114.01

		clasificar de 0 a 2 m de profundidad,				
1,003,003	503002	Excavación mecanica en suelo conglomerado de 0 a 2 m de profundidad,	m3	17.64	3.82	67.38
1,003,004	514004	Relleno compactado	m3	9.80	4.12	40.38
1,003,005	514001	Tapado de zanjas con maquina	m3	44.10	1.72	75.85
1,003,006	540121	Tapado manual de zanjas	m3	44.10	4.08	179.93
1,003,007	535200	Material de Reposicion (Incluye esponjamiento)	m3	4.90	11.07	54.24
1,003,008	513001	Cargada de material a mano	m3	1.23	7.07	8.70
1,003,009	513003	Cargada de Material a maquina	m3	4.90	1.13	5.54
1,003,010	535002	Sum, Tubo de hormigon D=200 mm, Clase 1	m	245.00	5.90	1,445.50
1,003,011	512002	Ins, Tubos de Hormigón D=200 mm, Tuberia prefabricada	m	245.00	2.62	641.90
1,003,012	513002	Transporte de material hasta 5km	m3	6.13	2.24	13.73
1,003,013	529020	Pozo de revision domiciliario TIL con tubo de 300 mm	u	246.00	47.65	11,721.90
1,003,014	535020	Sum, Tuberia PVC Desagüe D=110 mm	m	1,970.00	5.31	10,460.70
1,003,015	540013	Colocacion Tuberia PVC Alcant. D=110 mm	m	1,970.00	0.59	1,162.30
2		<b>PLANTA DE TRATAMIENTO</b>				<b>134,574.30</b>
2,001		<b>FILTROS</b>				<b>27,490.26</b>
2,001,001	502002	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	167.40	10.70	1,791.18
2,001,002	513001	Cargada de material a mano	m3	36.80	7.07	260.18
2,001,003	513003	Cargada de Material a maquina	m3	146.00	1.13	164.98
2,001,004	513002	Transporte de material hasta 5km	m3	182.80	2.24	409.47
2,001,005	514004	Relleno compactado	m3	22.90	4.12	94.35
2,001,006	540104	Drenes tubería PVC D=110 mm	m	147.00	8.22	1,208.34
2,001,007	508001	Replantillo de Piedra, e=15 cm	m2	103.00	7.72	795.16
2,001,008	506003	Hormigón Simple 210 Kg/cm2	m3	12.36	126.09	1,558.47
2,001,009	540003	Sum,-Ins, Malla electrosoldada R257	m2	103.00	7.12	733.36
2,001,010	540010	Sum,-Ins, Malla exagonal 5/8	m2	1,140.80	3.62	4,129.70
2,001,011	540366	Sum,-Ins, Malla cuadrada 25x25 h=47,5 cm	m2	184.00	8.26	1,519.84
2,001,012	504003	Mortero Cemento:Arena 1:2 con impermeabilizante	m3	7.32	169.65	1,241.84
2,001,013	516002	Sum,-Ins, Alambre galvanizado #12 en ferrocemento	kg	205.56	4.48	920.91
2,001,014	516001	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	95.20	1.97	187.54
2,001,015	501002	Encofrado Curvo	m2	114.66	13.79	1,581.16
2,001,016	501011	Desencofrado Encofrado Curvo	m2	114.66	2.80	321.05
2,001,017	501004	Encofrado Tapa Tanque circular	m2	90.36	18.94	1,711.42
2,001,018	501013	desencofrado Tapa Tanque circular	m2	90.36	3.19	288.25
2,001,019	507004	Enlucido 1:2 + Impermeabilizante	m2	419.34	8.22	3,446.97
2,001,020	540276	Sum, y colocacion Grava (Filtro Anaerobio)	m3	100.44	24.59	2,469.82

2,001,021	517001	Preparado y pintado de superficie	m2	90.36	3.81	344.27
2,001,022	540005	Sum,-Ins, Tapa metalica	m2	5.42	96.48	522.92
2,001,023	535068	Sum, Tuberia PVC U/E 1,00 MPA - 110 mm	m	66.00	6.49	428.34
2,001,024	535047	Sum, Codo PVC U/E R/C D=110 mm 90 grad,	u	14.00	28.84	403.76
2,001,025	540030	Sum,-Ins, Tee PVC U/E D=110 mm	u	2.00	61.45	122.90
2,001,026	535882	Sum, Union HG D=4"	u	6.00	5.46	32.76
2,001,027	540100	Sum,-Ins, Valvula HF D=110 mm	u	2.00	178.70	357.40
2,001,028	540075	Sum,-Ins, Neplo HG D=4" mm L=15 cm	u	6.00	23.32	139.92
2,001,029	535127	Sum, Adaptador AC/PVC D=110 mm	u	6.00	10.41	62.46
2,001,030	505012	Mamposteria de Bloque de pomez 10x20x40	m2	7.20	18.99	136.73
2,001,031	535047	Sum, Codo PVC U/E R/C D=110 mm 90 grad,	u	3.00	28.84	86.52
2,001,032	535178	Sum, Codo PVC U/E R/L D=110 mm 45 grad,	u	1.00	18.29	18.29
2,002		<b>FOSA SÉPTICA</b>				<b>38,806.13</b>
2,002,001	503001	Excavación mecanica en suelo sin clasificar de 0 a 2 m de profundidad,	m3	257.42	2.77	713.05
2,002,002	503002	Excavación mecanica en suelo conglomerado de 0 a 2 m de profundidad,	m3	110.32	3.82	421.42
2,002,003	513003	Cargada de Material a maquina	m3	285.70	1.13	322.84
2,002,004	513002	Transporte de material hasta 5km	m3	285.70	2.24	639.97
2,002,005	514004	Relleno compactado	m3	75.82	4.12	312.38
2,002,006	508002	Replantillo de Piedra, e=20 cm	m2	87.44	8.65	756.36
2,002,007	506011	Hormigón Simple 140 Kg/cm2	m3	6.12	110.70	677.48
2,002,008	501003	Encofrado Recto	m2	386.76	11.55	4,467.08
2,002,009	501012	desencofrado Recto	m2	386.76	2.80	1,082.93
2,002,010	516001	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	9,067.60	1.97	17,863.17
2,002,011	506003	Hormigón Simple 210 Kg/cm2	m3	62.04	126.09	7,822.62
2,002,012	540005	Sum,-Ins, Tapa metalica	m2	4.23	96.48	408.11
2,002,013	540065	Sum,-Ins, Rejilla Hierro (Seg. Especificación)	m2	0.36	150.95	54.34
2,002,014	540262	Sum,-Ins, Vertedero (acero inoxidable)	m2	0.72	126.19	90.86
2,002,015	535179	Sum, Codo PVC U/E R/L D=110 mm 90 grad,	u	20.00	18.60	372.00
2,002,016	540030	Sum,-Ins, Tee PVC U/E D=110 mm	u	2.00	61.45	122.90
2,002,017	535060	Sum,-Ins, Tee PVC U/E D=160 mm	u	2.00	146.07	292.14
2,002,018	535501	Sum, Codo PVC U/E R/L D=160 mm 90 grad,	u	2.00	48.33	96.66
2,002,019	535500	Sum, Codo PVC U/E R/L D=160 mm 45 grad,	u	1.00	47.32	47.32
2,002,020	535732	Sum, Codo PVC U/E R/L D=160 mm 22.5 grad,	u	1.00	45.56	45.56
2,002,021	535068	Sum, Tuberia PVC U/E 1,00 MPA - 110 mm	m	56.10	6.49	364.09
2,002,022	535067	Sum, Tuberia PVC U/E 1,00 MPA - 160 mm	m	37.80	13.65	515.97

2,002,023	535106	Sum, Valvula HF D=110 mm	u	4.00	169.92	679.68
2,002,024	535137	Sum, Valvula HF D=160 mm	u	2.00	318.60	637.20
2,003		<b>LECHO DE SECADO</b>				<b>5,376.47</b>
2,003,001	503001	Excavación mecanica en suelo sin clasificar de 0 a 2 m de profundidad,	m3	40.50	2.77	112.19
2,003,002	502002	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	4.50	10.70	48.15
2,003,003	513001	Cargada de material a mano	m3	5.63	7.07	39.80
2,003,004	513003	Cargada de Material a maquina	m3	50.63	1.13	57.21
2,003,005	513002	Transporte de material hasta 5km	m3	56.25	2.24	126.00
2,003,006	514004	Relleno compactado	m3	90.00	4.12	370.80
2,003,007	540276	Sum, y colocacion Grava (Filtro Anaerobio)	m3	9.00	24.59	221.31
2,003,008	580038	Sum, Arena	m3	9.00	19.06	171.54
2,003,009	540176	Sum,-Ins, Tubería PVC Desague D=110 mm	m	15.00	5.90	88.50
2,003,010	516001	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	895.08	1.97	1,763.31
2,003,011	506003	Hormigón Simple 210 Kg/cm2	m3	11.22	126.09	1,414.73
2,003,012	505012	Mampostería de Bloque de pomez 10x20x40	m2	33.93	18.99	644.33
2,003,013	535137	Sum, Valvula HF D=160 mm	u	1.00	318.60	318.60
2,004		<b>LECHOS DE INFILTRACIÓN</b>				<b>50,371.98</b>
2,004,001	502002	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	470.00	10.70	5,029.00
2,004,002	503001	Excavación mecanica en suelo sin clasificar de 0 a 2 m de profundidad,	m3	1,200.40	2.77	3,325.11
2,004,003	540104	Drenes tubería PVC D=110 mm	m	1,590.00	8.22	13,069.80
2,004,004	535631	Sum,-Ins, Geotextil	m2	2,784.00	1.30	3,619.20
2,004,005	540121	Tapado manual de zanjas	m3	835.20	4.08	3,407.62
2,004,006	540276	Sum, y colocacion Grava (Filtro Anaerobio)	m3	835.20	24.59	20,537.57
2,004,007	535047	Sum, Codo PVC U/E R/C D=110 mm 90 grad,	u	2.00	28.84	57.68
2,004,008	535622	Sum, Tee PVC E/C D=110 mm	u	51.00	26.00	1,326.00
2,005		<b>CERRAMIENTO</b>				<b>12,529.46</b>
2,005,001	540253	Cerramiento tipo rural h=2,0 m	m	150.00	82.64	12,396.00
2,005,002	540124	Sum,-Ins, Puerta de Malla para cerramiento	m2	2.50	47.72	119.30
2,005,003	540590	Sum,-Ins, suelda	Kg	12.00	1.18	14.16
<b>SUBTOTAL</b>						<b>435,195.44</b>
					14%	<b>60,927.36</b>
<b>TOTAL</b>						<b>496,122.80</b>

Son: CUATROCIENTOS NOVENTA Y SEIS MIL CIENTO VEINTE Y DOS CON 80/100 DÓLARES

Los análisis de precios unitarios se detallan en:

**Anexo 4 : Análisis de precios unitarios.**

**5.3 Fórmula de reajuste de precios**

Se detalla la fórmula polinómica del presupuesto referencial del proyecto para la aplicación del reajuste de precios correspondiente.

Tabla 5.2: Fórmula Polinómica

Descripción de la fórmula polinómica			
Término	Descripción	Costo Directo	Coefficiente
B	Mano de Obra	129790.87	0.321
C	Cemento Portland - Tipo I	17338.68	0.043
E	Equipo y maquinaria de Construc. vial	50318.76	0.124
F	Tubos y accesorios de PVC - Para alcantarillado	60715.86	0.15
H	Acero en barras (Modif)	32528.93	0.08
M	Madera aserrada, cepillada y/o escuadrada (preparada)	13571.33	0.035
P	Materiales pétreos (Azuay)	48308.06	0.119
T	Tubos de hormigón simple y accesorios (Azuay)	36047.05	0.089
X	Alcantarillado sanitario - Zona rural	15643.33	0.039
<b>Totales:</b>		<b>404262.87</b>	<b>1</b>

$$PR = P_0 (0.321 B_1/B_0 + 0.043 C_1/C_0 + 0.124 E_1/E_0 + 0.150 F_1/F_0 + 0.080 H_1/H_0 + 0.035 M_1/M_0 + 0.119 P_1/P_0 + 0.089 T_1/T_0 + 0.039 X_1/X_0)$$

**Mano de Obra Cuadrilla Tipo:**

Tabla 5.3: Mano de Obra de cuadrilla tipo

Término	Descripción	Salario Ley	Salario Efectivo	Horas Hombre	Costo Directo	Coefficiente
B - 401	ESTRUCTURA OCUPACIONAL E2	3.26	3.26	25296.982	82468.16	0.647
B - 402	ESTRUCTURA OCUPACIONAL E2	3.26	3.26	1546.439	5041.39	0.04
B - 403	ESTRUCTURA OCUPACIONAL D2	3.3	3.3	8510.288	28083.95	0.218
B - 404	ESTRUCTURA OCUPACIONAL C1 - M. Soldador Espe., Elec. Espe, Téc. Const. Civ	3.66	3.66	154.899	566.93	0.004

B - 411	MECÁNICOS - Mecánico mantenimiento-reparación equipo pesado y/o responsable de taller (Estr. Oc. C1)	3.66	3.66	1223.658	4478.59	0.031
B - 412	ESTRUCTURA OCUPACIONAL C2 - Operador/Perforador/Perfilero	3.48	3.48	84.44	293.85	0.002
B - 415	ESTRUCTURA OCUPACIONAL D2	3.3	3.3	1097.115	3620.48	0.028
B - 422	ESTRUCTURA OCUPACIONAL C1 (MECANICOS) (Oper. y Mec. Equipo Pes. y Camin.)	3.66	3.66	155.459	568.98	0.004
B - 434	CHOFERES - Chofer profesional licencia tipo D (Estr.Op. C1)	4.79	4.79	823.048	3942.4	0.021
B - 444	TOPOGRAFÍA - Topógrafo 2: titulo exper. Mayor a 5 años(Estr.Oc.C1)	3.66	3.66	198.399	726.14	0.005
<b>Totales:</b>				<b>39090.726</b>	<b>129790.87</b>	<b>1</b>

#### 5.4 Cronograma de Obra

El cronograma valorado propuesto para la construcción del sistema de alcantarillado sanitario y la planta de tratamiento de aguas residuales se detalla en:

**Anexo 5** : Cronograma Valorado.

#### 5.5 Especificaciones técnicas

Son el conjunto de normas, disposiciones, requisitos, condiciones e instrucciones, métodos constructivos, formas de control de calidad, mediciones, formas de pago, etc. que se establecen y describen para los diferentes rubros de trabajo, para la contratación y ejecución de una obra, a las cuales debe sujetarse estrictamente el Contratista.

Para el caso particular del proyecto del sistema de alcantarillado sanitario y la planta de tratamiento de aguas residuales para las comunidades de Sondeleg y Zhuzho, las especificaciones están fundamentadas en las especificaciones técnicas proporcionadas por el GAD Municipal del Sígisg.

El objetivo fundamental de las especificaciones es que las obras de este proyecto sean ejecutadas, cuidando el entorno social y natural, cumpliendo las mejores prácticas de la ingeniería, empleando los materiales y equipos de calidad que cumplan con los requisitos señalados en este documento, a un costo razonable para el contratante y que el contratista reciba un precio justo por tales trabajos.

**Replanteo y Nivelación**

Este rubro consiste en la ubicación de las obras en campo utilizando las alineaciones y cotas indicadas en los planos y respetando estas especificaciones de construcción, con la precisión suficiente que permita la perfecta ubicación en el terreno de cada uno de los tubos, accesorios, anclajes y demás estructuras.

**Medición y forma de pago**

Para el caso del sistema de alcantarillado, se reconocerá el replanteo, que se medirá en km con dos decimales y la nivelación de ejes, que se medirá en metros lineales. Para preparar las planillas se considerará como válido, únicamente las cantidades que fijen los planos de diseño o las autorizadas por Fiscalización.

Los trabajos que efectúe el Contratista, le serán estimados y liquidados según el siguiente concepto de trabajo:

522039	Replanteo mayor a 1.0 km.	km
580006	Nivelación de 1000 a 5000 m	m

**Excavaciones**

Se entenderá por excavación a mano o mecánica por medio de una retroexcavadora los cortes de terreno para conformar plataformas taludes o zanjas para alojar tuberías, cimentar estructuras u otros propósitos y la conservación de dichas excavaciones por el tiempo que se requiera para construir las obras o instalar las tuberías. Incluye las operaciones que deberá efectuar el Contratista para aflojar el material manualmente o con equipo mecánico previamente a su excavación cuando se requiera (excavación en conglomerado o roca).

Las excavaciones deberán ejecutarse de acuerdo a las alineaciones, pendientes, rasantes y dimensiones que se indican en los planos tanto del sistema de

alcantarillado, como los de la planta de tratamiento de aguas residuales o que ordene la Fiscalización.

Las excavaciones destinadas a la cimentación de obras se realizarán con las dimensiones y criterios indicados en el Proyecto, pero adaptando las dimensiones de la cimentación a la topografía del terreno y sus características locales, de modo que la capacidad portante del cimiento y su permanencia no resulten inferiores a las previstas en el proyecto. En el área de terreno afectado por la cimentación de obras, deberá extraerse toda la tierra vegetal, los restos de vegetación, los escombros y basuras, la tierra o rocas sueltas.

La excavación de zanjas para tuberías se hará de acuerdo a las dimensiones, pendientes, y alineaciones indicadas en los planos u ordenados por la Fiscalización. La excavación deberá remover raíces, troncos, u otro material que pudiera dificultar la colocación de la tubería. En ningún caso se excavará con maquinaria tan profundo que la tierra del plano de asiento de los tubos sea aflojada o removida. El último material que se vaya a excavar será removido a mano con pico y pala, en una profundidad de 0.10 m. El ancho de la zanja a nivel de rasante será de mínimo 60 cm. para instalar tubería hasta de 200 mm.

**Consideraciones para clasificar excavaciones según el tipo de suelo:**

**Excavación en suelo normal (sin clasificar):** Se entenderá por terreno normal aquel conformado por materiales finos combinados o no con arenas, gravas y con piedra de hasta 20 cm. de diámetro en un porcentaje de volumen inferior al 20%.

**Excavación en conglomerado:** Se entenderá por conglomerado el terreno con un contenido superior al 60% de piedra de tamaño hasta 50 cm de diámetro, mezclada con arena, grava o suelo fino.

**Excavación en roca:** Se entenderá por roca el material que se encuentra dentro de la excavación que no puede ser aflojado por los métodos ordinarios, tales como pico y pala o máquinas excavadoras sino que para removerlo se haga indispensable el uso de explosivos, martillos mecánicos o cuñas. Si la roca se encuentra en pedazos, sólo se considerará como tal aquellos fragmentos cuyo volumen sea mayor de 0.2 m<sup>3</sup>.

**Excavación en suelos de alta consolidación:** Es la remoción del estrato de alta consolidación, que por su dureza al corte, permite obtener taludes verticales sin riesgo de deslizamientos que se reconocen por estar compuestos, generalmente de areniscas cementadas, arcillas laminares de profundidad. Para la excavación se requiere de equipos especiales como compresores equipados con rompepavimentos, no permite el uso de dinamita u otro sistema de explosión.

### **Medición y forma de pago**

La excavación se medirá y pagará por metro cúbico medido sobre perfil en plano sin considerar deslizamientos, desprendimientos o derrumbes de acuerdo a la profundidad y tipo de suelo.

La excavación final, realizada para instalación de las tuberías o para los pozos de revisión, en los 10 últimos centímetros, se pagará como excavación a mano en terreno sin clasificar y de acuerdo a la profundidad. Y si es necesario el abatimiento se lo pagará mediante la utilización de bombas por horas del equipo de bombeo utilizado.

Para la medición y forma de pago de las excavaciones, a más de la clasificación por el tipo de suelo, se sujetarán a los niveles establecidos; esto es:

Desde la superficie del terreno hasta los 2 m el primer nivel.

De 2-4 m. Se considera la extracción del suelo desde el nivel de 2 m. de profundidad hasta los 4 m. como un segundo nivel.

De 4-6m. Desde el nivel de los 4 m. de profundidad hasta los 6m como un tercer nivel.

La medición se efectuará sobre las dimensiones autorizadas por los planos de diseño y si las excavaciones se deben efectuarse sin sujetarse a las especificaciones se hará constar en el libro de obra señalando las razones técnicas que han obligado a la variación.

Los trabajos que efectúe el Contratista, le serán estimados y liquidados según el siguiente concepto de trabajo:

502002	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3
503001	Excavación mecánica en suelo sin clasificar de 0 a 2 m de profundidad,	m3
503016	Excavación mecánica en suelo sin clasificar de 2 a 4 m de profundidad,	m3
503002	Excavación mecánica en suelo conglomerado de 0 a 2 m de profundidad,	m3
503014	Excavación mecánica en suelo conglomerado de 2 a 4 m de profundidad,	m3
503010	Excavación mecánica en roca de 0 a 2 m, de profundidad,	m3
503011	Excavación mecánica en roca de 2 a 4 m, de profundidad,	m3
503003	Excavación mecánica en suelo de alta consolidación de 0 a 2 m de profundidad,	m3
503015	Excavación mecánica en suelo de alta consolidación de 2 a 4 m de profundidad,	m3

## **Relleno**

### **Relleno sin compactar (tapado de zanjas con máquina y tapado manual de zanjas)**

Consiste en que el material, producto de la excavación, o de otra procedencia sea colocado en la zanja en forma directa mediante el tendido uniforme, sin compactación manual o mecánica alguna. Este tipo de relleno será autorizado por la Fiscalización, únicamente en lugares que de acuerdo a la planificación futura se trate de espacios verdes, áreas de protección forestal, que la pendiente de la superficie no sobrepase el 10%, y que no exista tráfico ni vehicular ni peatonal.

Si por negligencia o descuido del Contratista, la actividad de relleno no ha sido continua después de la instalación de tuberías, y por esta causa se hubieren producido derrumbes, los daños serán reparados inmediatamente a costo del Contratista, y para la medición se considerará las dimensiones de la zanja hasta antes de producirse el derrumbe. El relleno sin compactar, sea este manual o mecánico se colocará por capas de 0.6m a lo largo de la zanja, dejando al final un montículo que compense los asentamientos posteriores.

### **Relleno Compactado**

Se entenderá por relleno la colocación de material de mejoramiento y/o aquel extraído de la excavación, hasta alcanzar el nivel del suelo adyacente, en capas sensiblemente horizontales de no más de 0.20 m de espesor, debidamente compactadas, hasta las alturas definidas por la Fiscalización, con una densidad medida en sitio, igual o mayor al 95% de la densidad máxima.

Para las zanjas se dejará una altura de 30 centímetros por encima de la tubería, las mismas deben ser rellenadas a mano con material aprobado por la Fiscalización. El material excavado puede ser usado para esta porción del relleno siempre que sea aprobado. No se permitirá que haya piedras en esta primera capa de relleno.

El resto de la zanja o relleno final se hará ya sea con pisón de mano o con equipo mecánico aprobado, colocando el material en capas de treinta (30) centímetros de espesor. El material de relleno será granular con no más de cuarenta (40) por ciento de tierra fina y sin piedras mayores a diez (10) centímetros de diámetro.

El relleno será realizado siempre de tal manera de evitar daño o raspaduras de la superficie de la tubería. Si se produjese algún daño, el Contratista debe repararlo, sin recibir pago adicional alguno por retirar la tubería, reparar el recubrimiento o reponer el tramo de tubería dañado y volverla a instalar.

#### **Relleno con grava para drenes**

Bajo las estructuras y en los lugares que indiquen los planos se ejecutarán rellenos con grava para drenes siguiendo las líneas, pendientes y espesores indicados en los planos o como ordene la Fiscalización.

#### **Material de relleno (material de reposición)**

En el proceso de relleno se utilizará de preferencia el material de la excavación, y cuando no fuese apropiado se seleccionará el que cumpla las condiciones técnicas con el visto bueno del Contratante por medio de la Fiscalización.

El material de reposición cumplirá con las siguientes especificaciones:

- El límite líquido del material ensayado, no será superior al 40 %
- El índice de plasticidad no será superior al 15%
- La densificación del material no será menor al 95% de la densidad máxima obtenida en laboratorio, de acuerdo al ensayo Proctor Modificado.
- El tamaño máximo de los granos no será mayor a 2", en caso de presentarse, deberán ser retirados.

El material de sitio para relleno puede ser cohesivo, pero cumplirá los siguientes requisitos:

- No contendrá material orgánico, ni residuos de plásticos u otros elementos que alteren la condición del material a usarse en el relleno y siempre que el límite líquido del suelo sea menor al 50 % y retirando toda partícula mayor a 2". El espesor de cada capa de relleno no será mayor de 30 cm y su densificación deberá ser igual o mayor al 95 % de la densidad máxima obtenida en laboratorio, de acuerdo al ensayo Proctor Modificado,
- El Contratista no podrá utilizar el material ni iniciar las tareas de relleno sin la expresa autorización del Contratante, que puede ser a través del libro de obra o de una comunicación escrita.
- En rellenos de vías y caminos, el material a usarse en las últimas capas, será igual al empleado en la estructura del camino pero conservando los mismos espesores, y los rangos de compactación en cada caso, hasta recuperar el camino en sus condiciones originales.

**Medición y forma de pago**

La preparación, suministro y colocación de material para conformar los rellenos en las condiciones indicadas anteriormente, se medirá en metros cúbicos debidamente compactados según las líneas y niveles definidos en los planos.

El pago de este rubro incluye la mano de obra, herramientas, equipo y el suministro y preparación de los materiales necesarios para la correcta ejecución de los trabajos a entera satisfacción de la Fiscalización.

En al caso de relleno con suministro de material de reposición, el Contratista considerará en su análisis el transporte, desperdicios y esponjamiento del material a suministrar, ya que para su pago éste se medirá una vez colocado y compactado según estas especificaciones.

Los trabajos que efectúe el Contratista, le serán estimados y liquidados según el siguiente concepto de trabajo:

514004	Relleno compactado	m3
--------	--------------------	----

514001	Tapado de zanjas con maquina	m3
540121	Tapado manual de zanjas	m3
535200	Material de Reposicion (Incluye esponjamiento)	m3
535199	Material de Reposicion Subbase clase 2 (Incluye esponjamiento)	m3
540276	Sum, y colocacion Grava (Filtro Anaerobio)	m3

### **Desalojo de materiales (cargado y transporte)**

Se entenderá por desalojo de material producto de excavación y no apto para relleno, la operación consistente en el cargado y transporte de dicho material hasta los bancos de desperdicio o de almacenamiento que señale el proyecto y/o el Ingeniero Fiscalizador, ubicados a distancias iguales o menores a 5 km y en casos específicos para distancias superiores a los 5km.

Los rubros considerados incluyen cargado a mano, cargado a máquina, transporte del material (incluido esponjamiento) fuera de la obra, a los lugares permitidos por el Municipio de Sígsig.

Se prohíbe depositar los materiales retirados, en las márgenes de ríos y quebradas dentro del perímetro urbano y rural de la ciudad de Sígsig.

Se reconocerá únicamente el transporte cuando se trate de material producto de la excavación o demolición transportado al lugar de desalojo.

Se entenderá por sobreacarreo el transporte de este material a distancias mayores a los 5 km, medidos a partir de esta distancia.

### **Medición y forma de pago**

Este ítem se pagará por metro cúbico (m<sup>3</sup>) medido en “banco”, es decir que en su precio unitario deberá incluir el esponjamiento, que no será reconocido como incremento de volumen excavado.

El cargado de materiales de desalojo se pagará por separado, en metros cúbicos medidos sobre el perfil excavado. El precio unitario incluirá el porcentaje de esponjamiento.

El transporte de materiales hasta 5 km, se medirá y pagará en metros cúbicos. El volumen se medirá sobre el perfil excavado. El precio unitario incluirá el porcentaje de esponjamiento.

El sobreacarreo se pagará con el rubro transporte de materiales más de 5 km y se medirá en metros cúbicos-kilómetro, se lo calculará multiplicando el volumen transportado (calculado sobre el perfil excavado) por el exceso de la distancia total de transporte sobre los 5 km. El precio unitario incluirá el porcentaje de esponjamiento.

Los trabajos que efectúe el Contratista, le serán estimados y liquidados según el siguiente concepto de trabajo:

513001	Cargada de material a mano	m3
513003	Cargada de Material a maquina	m3
513002	Transporte de material hasta 5km	m3
513004	Transporte de materiales más de 5 Km	m3-km

**Entibados**

Son los trabajos que tienen por objeto evitar la socavación o derrumbamiento de las paredes e impedir o retardar la penetración del agua subterránea en las zanjas.

La ejecución del rubro incluye el suministro de todos los materiales y mano de obra requeridos para el efecto.

Las excavaciones para tuberías y o estructuras, serán entibadas de tal forma que no produzcan derrumbes, deslizamientos, de manera que el personal de trabajadores, o vecinos del lugar, y todas las obras existentes, ya sea ejecutadas o en ejecución por el Contratista, o pertenecientes a terceros o de cualquier clase que sean, se hallen completamente protegidos.

**Entibado Discontinuo**

Consiste en el sistema de protección mediante el apuntalamiento, con el uso de tablonces o cantoneras que colocadas vertical u horizontalmente son apuntaladas en sitio por lo menos con dos puntales transversales.

Para utilizar este sistema, deberá colocarse los tablonos uno frente al otro, en las paredes de la zanja, cuidando que los puntales transversales sean normales al eje de la zanja. El distanciamiento entre cada estructura de sostenimiento, y los niveles de los puntales transversales, serán autorizados por el Fiscalizador, y para esto tendrá en cuenta la cohesión del suelo que forma la pared de la zanja.

### **Medición y forma de pago**

La medición se realizará, considerando la superficie de contacto entre los elementos de sostenimiento y la pared de la zanja. Se realizará en forma conjunta entre el Fiscalizador y el Contratista, y cuando los elementos de protección estén colocados en la obra. La unidad para el pago será el metro cuadrado.

Los trabajos que efectúe el Contratista, le serán estimados y liquidados según el siguiente concepto de trabajo:

523002	Entibado Discontinuo	m2
--------	----------------------	----

### **Pozos de revisión**

Se entiende como pozo de revisión, las estructuras diseñadas y destinadas para permitir el acceso al interior de los colectores para realizar labores de operación y mantenimiento.

Los pozos de revisión para tuberías de diámetro interior menor a 700 mm son estructuras construidas: en sitio de hormigón de 210 kg/cm<sup>2</sup>, que se disponen en la red de tuberías para hacer posible su inspección y mantenimiento. Los pozos se ubicarán donde lo señalen los planos o donde lo indique la Fiscalización atendiendo a variaciones en el diseño.

Los pozos se asentarán sobre un replantillo de piedra de 0,20 m de espesor, sobre el cual se fundirá una losa de hormigón simple de 210 kg/cm<sup>2</sup> de 0.15 m de espesor y en el piso del pozo se fundirá una media caña de Hormigón Simple  $F'c = 210 \text{ Kg} / \text{cm}^2$  para conducir el flujo de agua, tal como se indica en los planos. Sobre la losa se conformará en los pozos de hormigón un zócalo de hormigón ciclópeo de una altura tal que cubra a la tubería de mayor diámetro más 10 cm.

La construcción de las estructuras de los pozos de revisión requeridos, incluyendo la instalación de sus brocales y tapas, deberá realizarse simultáneamente con la terminación del relleno y capa de rodadura para restablecer las condiciones originales del terreno lo antes posible en cada tramo.

Los pozos de revisión irán provistos de una escalera de acceso mediante el empotramiento de peldaños de hierro, con un diámetro mínimo de 18 mm, y recubiertos por dos manos de pintura anticorrosiva del tipo penetrante. Los escalones pueden ir en forma alineada o alternada, según la profundidad y/o a la que indique la Fiscalización.

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

El cerco metálico a usarse en las tapas será de acero al carbono ASTM A-36, de un espesor mínimo de 4 mm y con una altura igual al de la tapa (indicado en los planos). No se aceptarán brocales ni tapas elaborados en el sitio de la obra.

### **Medición y forma de pago**

Los pozos de revisión de hormigón construido en sitio, se medirán por unidad, según la altura del pozo. El pago incluye la mano de obra, el equipo, las herramientas y los materiales necesarios para la correcta ejecución del rubro, el mismo que incluye: el replantillo de piedra de 20 cm, la losa de Hormigón simple de 15 cm  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , el hormigón ciclópeo para el zócalo, el pozo propiamente dicho, los escalones de hierro, el brocal y la tapa tipo A.

Para efectos de medición, por altura se entiende la distancia que existe entre el fondo del pozo terminado (por donde corre el agua) y el nivel en donde se asentará el brocal, según los siguientes rubros:

Pozo de revisión de alcantarillado de altura entre  $0 \leq 2,00 \text{ m}$

Pozo de revisión de alcantarillado de altura entre  $0 \leq 4,00 \text{ m}$

Pozo de revisión de alcantarillado de altura entre  $0 \leq 6,00 \text{ m}$

Los trabajos que efectúe el Contratista, le serán estimados y liquidados según el siguiente concepto de trabajo:

534006	Pozo de revisión de h=0 a 2,0 m, Tapa y Brocal tipo A	u
534001	Pozo de revisión de h=0 a 2,5 m, Tapa y Brocal tipo A	u
534002	Pozo de revisión de h=0 a 3,0 m, Tapa y Brocal tipo A	u
534003	Pozo de revisión de h=0 a 3,5 m, Tapa y Brocal tipo A	u
534004	Pozo de revisión de h=0 a 4,0 m, Tapa y Brocal tipo A	u

## **Hormigones**

### **Calidad de los materiales**

Los materiales para la obra serán de primera calidad, debiendo el Contratista y el Contratante someterse a las evaluaciones de control de calidad.

Los ensayos y pruebas de campo y de laboratorio necesarias para comprobar la bondad de los materiales y; los costos que impliquen, serán de cuenta del Contratista, considerando incorporados en los costos indirectos de la obra.

Las estructuras a construirse, de hormigón simple, ciclópeo o armado, serán preparadas y dosificadas en concordancia con lo que se anota en los planos del diseño. Es obligación del Contratista realizar el diseño de laboratorio, con los materiales aprobados por el Contratante y que utilizará en la obra, sirviendo como normas, las que indica el código ACI 318-83 capítulo 4 sección 4-1 a 4-6 para obtener el valor mínimo de la resistencia requerida.

Los agregados que se utilizarán, cumplirán con los requisitos de la especificación ASTM-C33. El agregado fino puede consistir de arena natural, o una combinación de arena natural y manufacturada, en cuyo caso el contenido de arena natural no será menor al 30% del total del agregado fino. El agregado grueso consistirá de grava natural, grava triturada, cantos rodados o triturados o de una combinación de ellos.

La arena a emplearse en el hormigón cumplirá con lo especificado para agregado fino de las normas ASTM Método C87.

Las piedras serán duras, no alteradas, graníticas, limpias y de resistencia adecuada, sujetas a la aprobación de la Fiscalización.

El cemento que se utilizará será del tipo Portland, y deberá cumplir los requerimientos de las especificaciones ASTM-C150.

El agua a usarse, en el lavado de agregados y en la preparación de mezclas y curado del hormigón será fresca, libre de toda sustancia que interfiera su proceso normal de hidratación del cemento.

El Contratista notificará al Contratante con 24 horas de anticipación la fecha, la hora y la obra en la que realizará el vaciado de hormigón, de acuerdo con el plan y equipo aprobados.

Se prohíbe proceder al vaciado de hormigón en los siguientes casos:

- Lluvias fuertes o prolongadas, que rebasen la estabilidad de mortero.
- Si la iluminación fuere insuficiente.
- Si la temperatura del hormigón fuere mayor de 20°C.
- Cuando el equipo del Contratista fuere insuficiente, en sus requerimientos humano y de equipo.

El hormigón de 180 kg/cm<sup>2</sup> se utilizará en secciones sin armadura.

El hormigón de 210 kg/cm<sup>2</sup> se utilizará en estructuras con armadura interna.

El hormigón ciclópeo será aquel en que el 60% del volumen de la estructura, será relleno con hormigón de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y hasta el 40% con piedra.

El agua de curado cumplirá con lo especificado para uso de agua en mezcla de hormigón. El curado se iniciará dentro de las 6 horas como mínimo y 12 horas como máximo después de colocarse la última capa de hormigón de una tongada.

**Tolerancia para estructuras de hormigón armado**

A) Desviación de la Vertical (plomada)

1. En las líneas y superficies de paredes y en aristas	En 3m En máximo 6m	6 mm 10 mm
2. Para esquinas expuestas, medias cañas de control de juntas y otras líneas visibles	En 12m O más En un tramo o en máximo 6m	12 mm 6 mm

B) Variaciones del nivel o de las pendientes indicadas en los planos

1. En losas de piso	En 3m En un tramo o en máximo 6m En 13m o más	6 mm 10 mm 20 mm
2. Para otras líneas visibles, revestimientos hidráulicos	En un tramo o en máximo 6m En 12m o más	6 mm 12 mm

Tolerancias para estructuras masivas.

A) Toda clase de estructuras

1. Variación de las dimensiones construidas, de las establecidas en los planos	En 6m En 12m	12 mm 19 mm
2. Variación de las dimensiones con relación a elementos estructurales individuales posición definida.	En 24m o más. En construc. enterradas	32 mm Dos veces las tolerancias anotadas antes

b1.

Desviaciones de la vertical de los taludes especificados o de las superficies curvas de todas las	En 3m En 6m	12 mm 19 mm
Estructuras, incluyendo las líneas y superficies de paredes, secciones de arcos, medias cañas para juntas y aristas visibles.	En 12m o más en construc. enterradas	Dos veces las tolerancias anotadas antes

c.1.

Variación en la sección transversal de losas, paredes y miembros similares.	En menos En más	6 mm 12 mm
---	--------------------	---------------

D) Zocalos y paredes laterales para compuertas e impermeables o similares.

1 Variación en el nivel o en la vertical	No mayor que la relación de mm en 3 metros.
--	---

**Medición y forma de pago**

Se realizará por metro cúbico colocado en obra de acuerdo a las dimensiones de diseño y tipo de hormigón utilizado.

Los trabajos que efectúe el Contratista, le serán estimados y liquidados según el siguiente concepto de trabajo:

506011	Hormigón Simple 140 Kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>
506003	Hormigón Simple 210 Kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>

### **Suministro e instalación de tubería prefabricada**

Se observará y medirá el cumplimiento de las cotas constantes en los planos, se verificará las condiciones de gradiente y las hidráulicas, antes que se inicie la instalación de las tuberías.

El rasanteo del fondo de zanja se realizará en el momento mismo de la instalación.

Se prohíbe la instalación de tubería en presencia de agua, y de existir por lluvia, nivel freático, o roturas de tuberías existentes, el contratista está obligado a su evacuación, y si la rasante ha sufrido daño por la sobreexcavación, debe ser reparada para instalar la tubería.

En el caso de juntas de hormigón de espiga - campana o de espiga/espiga, se recubrirá con un anillo de hormigón de 0.10 m, como mínimo si las juntas son de espiga/campana y en los dos tubos un ancho de 0.10 m, en el caso de espiga/espiga.

### **Medición y forma de pago**

La medición de la tubería se efectuará por metro de tubería instalada en el tramo, entre los paramentos interiores de los pozos de revisión debidamente colocada a satisfacción del fiscalizador.

Los trabajos que efectúe el Contratista, le serán estimados y liquidados según el siguiente concepto de trabajo:

535002	Sum, Tubo de hormigón D=200 mm, Clase 1	m
512002	Ins, Tubos de Hormigón D=200 mm, Tubería prefabricada	m

### **Tuberías plásticas para alcantarillado**

Estas especificaciones contemplan los tubos de policloruro de vinilo, PVC, con interior liso, sus uniones y accesorios, para instalación en sistemas de alcantarillado.

La tubería deberá cumplir lo establecido en la norma INEN 2059: 2004 vigente; podrá ser:

**Tipo A1** Elemento flexible de conducción fabricado con un perfil abierto nervado, que se ensambla en circunferencia o en espiral para formar un conducto liso en su parte interior, con nervaduras exteriores.

**Tipo A2:** Elemento flexible de conducción fabricado con un perfil cerrado que se ensambla en circunferencia o en espiral para formar un conducto liso en sus paredes exterior e interior (perfil cerrado).

**Tipo B:** Elemento flexible de conducción fabricado con un perfil de extrusión continua, con pared interior lisa y exterior corrugada.

Con las cargas totales de relleno y en las condiciones de trabajo definitivas, la tubería no se deformará más del 5% del diámetro interno real suministrado, medido en sitio, luego de 30 días de su instalación.

Para la colocación de las tuberías se deberán bajar las tuberías al fondo de la zanja con cuidado de no golpearlas. Los ejes de las tuberías deberán seguir las alineaciones y pendientes establecidas en los planos; las tuberías deben instalarse centradas en las zanjas.

Para las juntas deberá seguirse las recomendaciones del fabricante para el ensamblaje de los componentes, y lubricación de las juntas. En principio las juntas pueden ser de tipo espiga-campana, con sellado mediante soldadura química o mediante sellado elastomérico.

### **Medición y forma de pago**

El suministro e instalación de la tubería, se medirá y cancelará por metros lineales, de tubería útil, esto es, sin considerar la longitud que se pierde en las uniones. La medición se realizará, entre las paredes interiores de los pozos de revisión, para cada diámetro nominal, independientemente del tipo de tubería.

El pago constituye la compensación total por el transporte, bodegaje, manipuleo e instalación de la tubería en la zanja, las juntas, el lubricante, el sellado, así como las pruebas y ensayos requeridos, con toda la mano de obra, equipo, herramientas,

materiales utilizados y operaciones conexas necesarias para la correcta ejecución del rubro y su entrega a entera satisfacción de la Fiscalización.

Los trabajos que efectúe el Contratista, le serán estimados y liquidados según el siguiente concepto de trabajo:

535020	Sum, Tubería PVC Desagüe D=110 mm	m
540013	Colocación Tubería PVC Alcant. D=110 mm	m
535776	Sum, Tubería PVC para Alcant, U/E D=160 mm serie 5. Tipo B.	m
509030	Colocación Tubería PVC Alcant. D=160 mm	m

### **Instalaciones domiciliarias de alcantarillado**

Se denomina al elemento que sirve para evacuar las aguas pluviales o sanitarias desde un bien inmueble hacia el sistema de alcantarillado público instalado en calles, caminos o avenidas.

La instalación domiciliaria comprende:

Un pozo de revisión de vereda, que puede ser del tipo Till, con un diámetro interior de 300 mm y una tapa de vereda de 400 mm, recomendadas en las de infraestructura vial. Las calzadas y veredas estarán a nivel del terreno definitivo.

La tubería de conexión entre el pozo de revisión de vereda y la matriz, será de hormigón simple de diámetro de 200 mm, debiendo cumplir las condiciones de especificaciones técnicas para las tuberías prefabricadas, El constructor está obligado a presentar las pruebas de fabricación y someterlas a los ensayos que indique el contratante, de resistencia y estanqueidad. La condición de mínima pendiente para el fondo de la tubería será del 2%, el ángulo de empalme con la tubería matriz será agudo y no mayor a 60° (sesenta grados) en el sentido del flujo; y para la conexión se realizará sobre los  $\frac{3}{4}$  del diámetro de la tubería matriz.

### **Medición y forma de pago**

La instalación domiciliaria se pagará considerando los siguientes rubros: pozo de revisión que incluye tapa, suministro y colocación.

Los trabajos que efectúe el Contratista, le serán estimados y liquidados según el siguiente concepto de trabajo:

529020	Pozo de revisión domiciliario TIL con tubo de 300 mm	u
--------	--	---

**Acero de refuerzo (suministro y colocación)**

Cubre el suministro e instalación del acero de refuerzo para el hormigón. Comprende las varillas de acero utilizadas en las obras permanentes del Proyecto, según se indica en los planos o lo ordene la Fiscalización.

El acero de refuerzo deberá ser corrugado, de límite de fluencia especificado en los diseños ( $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ ) y cumplirá con las especificaciones de las ASTM-A 615 Grado 40.

Las barras se doblarán en la forma indicada en los planos. Todas las barras se doblarán en frío. Ninguna barra parcialmente empotrada en el hormigón será doblada, a menos que así lo indiquen los planos o lo permita expresamente el Fiscalizador. Se cuidará que el acero tenga el recubrimiento en todo su cuerpo, y se corregirá de inmediato, si por la porosidad del hormigón o defectos particulares del encofrado, quedare expuesto a la intemperie.

Son aceptables empalmes por traslape u otras uniones mecánicas siempre que cumplan con lo especificado en las normas del ACI. Antes de la colocación del acero de refuerzo deberá comprobarse que sus superficies estén libres de mortero, polvo, escamas o cualquier otro recubrimiento que reduzca o impida su adherencia con el hormigón.

No se admitirá la colocación de barras sobre capas de hormigón fresco, ni la reubicación o ajuste de ellas durante la colocación del hormigón. El espacio mínimo entre armaduras y los elementos embebidos en el hormigón, será igual a 1.5 veces el tamaño máximo del agregado.

Los empalmes de las barras de refuerzo, se sujetarán evitando su localización en los puntos de esfuerzos máximos por traslape o por suelda a tope, cuidando que la eficiencia obtenida en la soldadura será del 100%.

El Ingeniero Fiscalizador de la obra tiene el derecho de tomar muestras de acero de refuerzo que vaya a usarse y enviarlas al laboratorio para ensayarlas.

**Medición y forma de pago**

La unidad de medida será el Kg, con una aproximación de dos decimales y se medirá en los planos las longitudes netas de acero incluyendo ganchos y traslapes. Para efectos de pago, no se considerará los separadores o sujetadores especiales, que no constituyen parte del acero estructural.

Los trabajos que efectúe el Contratista, le serán estimados y liquidados según el siguiente concepto de trabajo:

516001	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg
--------	---	----

**Encofrados**

Se entenderá por encofrados las formas volumétricas que se confeccionan con piezas de madera, metálicas o de otro material resistente para que soporten el vaciado del hormigón, con el fin de amoldarlo a la forma prevista.

Como material para encofrados se podrá utilizar: madera contrachapada, de espesor mínimo 20 mm, media duela machihembrada y cepillada y lámina o plancha metálica con sistema de sujeción, que luego proporcionen superficies lisas, sin deterioración química y/o decoloración. El uso de otros materiales que produzcan resultados similares debe ser aprobado por la Fiscalización.

**Remoción de encofrados**

Los encofrados podrán ser retirados después de que el Contratista verifique que el hormigón a conseguido la resistencia suficiente, evitando la formación de fisuras, grietas, desconchamientos o rupturas de aristas, y toda imperfección será corregida inmediatamente.

Los encofrados podrán ser retirados, después de transcurrido, los tiempos señalados después de la colocación del hormigón.

Losas y elementos horizontales	15 días
Paredes y elementos verticales	7 días
Muros y apoyos	5 días
Canales	2 días

La remoción de encofrados consiste en el conjunto de tareas para el retiro de los elementos, reubicación de los materiales que sirvieron para los cofres, los utilizados como puntales y elementos de apoyo y el transporte fuera de la obra.

El área en donde se realizó la obra quedará libre de escombros o residuos de materiales empleados en el proceso de construcción. El costo que demande estas tareas se considera incluido dentro del precio unitario contractual de encofrados, no teniendo el Contratista derecho a pagos adicionales.

**Medición y forma de pago**

La unidad de medida para el cofre será el metro cuadrado y la toma de datos se realizará conjuntamente entre el Contratista y el Contratante; y será condición necesaria, la verificación de los planos de diseño para establecer las cantidades. Las dimensiones útiles para establecer cantidades, serán de las superficies de contacto, en donde se produzca el vaciado del hormigón. Para el caso de muros, el área de encofrado se calculará como la suma del área de las dos caras del muro.

Los trabajos que efectúe el Contratista, le serán estimados y liquidados según el siguiente concepto de trabajo:

501002	Encofrado Curvo	m2
501011	Desencofrado Encofrado Curvo	m2
501004	Encofrado Tapa Tanque circular	m2
501013	desencofrado Tapa Tanque circular	m2
501003	Encofrado Recto	m2
501012	desencofrado Recto	m2

**Replentillos**

Es la base de hormigón simple tipo “D” (140 Kg/cm2) o de piedra de diferente espesor a colocarse sobre el suelo nivelado o conformado.

Previa a la colocación de replantillos deberá compactarse adecuadamente la base del terreno. De ser requerido, previo a la colocación del replantillo deberá compactarse la base del terreno a un nivel del 90% del Proctor Estándar, el material será de piedra de río o de cantera y grava natural o triturada para llenar sus espacios.

El espesor de los replantillos de hormigón simple será de 5 cm. El espesor del replantillo de piedra podrá ser de 0.15 m o de 0,20 m conforme a lo constante en los planos.

**Medición y forma de pago**

La ejecución del replantillo de piedra según el espesor que corresponda, se medirá en metros cuadrados. En los casos especiales en los que el proyecto o Fiscalización determinaren otro espesor del replantillo, este se medirá y pagará en metros cúbicos de hormigón simple de 140 Kg/cm<sup>2</sup>.

Su pago incluye la mano de obra, el equipo, las herramientas y los materiales utilizados en la ejecución del rubro. No incluye la compactación de la rasante.

Los trabajos que efectúe el Contratista, le serán estimados y liquidados según el siguiente concepto de trabajo:

508001	Replantillo de Piedra, e=15 cm	m2
508002	Replantillo de Piedra, e=20 cm	m2

**Tuberías, accesorios de PVC para red y planta**

Los accesorios que se utilizan en la instalación constan de codos para descargar desde los pozos domiciliarios o de revisión y para los cambios de dirección de la red, yees o tees para las interconexiones con la matriz y reductores para los cambios de diámetro. Todos los accesorios son de tipo unión elastomérica.

Los empalmes entre tuberías de igual o diferente diámetro, se harán con accesorios que formen un ángulo de 45 grados en sentido del flujo.

El sistema deberá ser sometido a pruebas para detectar fugas en las tuberías. Fiscalización realizará la aprobación o rechazo de los puntos concluidos, verificando el cumplimiento de esta especificación, los resultados de pruebas de los materiales y de presión de agua y de la ejecución total del trabajo.

**Medición y forma de pago**

La medición y pago se hará en unidades “u” en el caso de los accesorios de PVC, con indicación del diámetro de tubería al que corresponde según los planos del proyecto.

Los trabajos que efectúe el Contratista, le serán estimados y liquidados según el siguiente concepto de trabajo:

540005	Sum,-Ins, Tapa metalica	m2
535068	Sum, Tuberia PVC U/E 1,00 MPA - 110 mm	m
535047	Sum, Codo PVC U/E R/C D=110 mm 90 grad,	u
540030	Sum,-Ins, Tee PVC U/E D=110 mm	u
535882	Sum, Union HG D=4"	u
540100	Sum,-Ins, Valvula HF D=110 mm	u
540075	Sum,-Ins, Neplo HG D=4" mm L=15 cm	u
535127	Sum, Adaptador AC/PVC D=110 mm	u
535178	Sum, Codo PVC U/E R/L D=110 mm 45 grad,	u
540065	Sum,-Ins, Rejilla Hierro (Seg. Especificación)	m2
540262	Sum,-Ins, Vertedero (acero inoxidable)	m2
535179	Sum, Codo PVC U/E R/L D=110 mm 90 grad,	u
540030	Sum,-Ins, Tee PVC U/E D=110 mm	u
535060	Sum,-Ins, Tee PVC U/E D=160 mm	u
535501	Sum, Codo PVC U/E R/L D=160 mm 90 grad,	u
535500	Sum, Codo PVC U/E R/L D=160 mm 45 grad,	u
535732	Sum, Codo PVC U/E R/L D=160 mm 22.5 grad,	u
535067	Sum, Tuberia PVC U/E 1,00 MPA - 160 mm	m
535106	Sum, Valvula HF D=110 mm	u
535137	Sum, Valvula HF D=160 mm	u
535622	Sum, Tee PVC E/C D=110 mm	u

**Enlucido impermeabilizante**

Se refiere al enlucido paletado o esponjeado, con un acabado fino, que adicionalmente contiene en su masa un aditivo que le da a las superficies una condición de ser impermeables al agua y a otros fluidos.

Deben enlucirse las superficies de ladrillo, bloques, piedras y hormigón en paredes, columnas, vigas, dinteles, tumbados, expuestos a la vista. Su localización, tipo y materiales, vienen indicados en los planos respectivos.

Antes de enlucir las superficies deberán hacerse todos los trabajos necesarios para colocación de instalaciones y otros; por ningún motivo se realizarán éstos luego del enlucido.

Se debe limpiar y humedecer las superficies antes de aplicar el enlucido; además deben ser ásperas y con un tratamiento que produzca la adherencia debida.

Muchas veces es necesario emparejar el trabajo de albañilería y hormigón, aplicando una capa de base rayada antes de la primera capa de enlucido.

**Medición y forma de pago**

Los enlucidos de superficies serán medidos en metros cuadrados, con un decimal de aproximación. Se determinarán las cantidades directamente en obra. Se incluye en el costo, la mano de obra, el equipo, las herramientas, los materiales y los servicios necesarios. Incluye también el terminado de esquinas.

Los trabajos que efectúe el Contratista, le serán estimados y liquidados según el siguiente concepto de trabajo:

507004	Enlucido 1:2 + Impermeabilizante	m2
--------	----------------------------------	----

**Geotextil**

Este rubro, comprende el suministro e instalación de geotextil o telas permeables, no tejidas, fabricadas con técnicas de termosoldado o punzonado con agujas, para las siguientes aplicaciones de drenaje: en el fondo de las de las estructuras y paredes de drenaje.

El geotextil debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- Resistencia a la tensión > 420 N (ASTM D - 4632).
- Resistencia al punzonamiento > 240 N (ASTM D - 4833).

- Resistencia al rasgado  $> 200$  N (ASTM D - 4533).
- Tamaño de apertura 0,25 mm (ASTM D - 4751).
- Permeabilidad  $> 45 \times 10^{-2}$  cm<sup>3</sup>/s (ASTM D - 4491).
- Espesor 1,40 mm (ASTM D – 5199).

El geotextil deberá mantenerse seco y envuelto de tal manera que esté protegido contra los elementos durante su envío y almacenamiento. En ningún momento deberá ser expuesto a luz ultravioleta por un período mayor a 14 días. Los rollos de geotextiles deberán ser almacenados en una forma que los proteja contra los elementos ambientales.

Previo a la colocación del geotextil, la superficie deberá estar compactada ser preparada a una condición lisa y encontrarse libre de escombros, piedras, depresiones u obstrucciones, cuales podrían dañarlo. El geotextil para drenaje deberá ser colocado suelto (no tenso) sin arrugas o pliegues. Se prestará especial atención de colocar el geotextil en contacto íntimo con el suelo para evitar que queden espacios vacíos entre éste y la zanja.

El geotextil deberá estar traslapado 30 cm tanto en sentido longitudinal como transversal. El geotextil de arriba deberá ser traslapado sobre el de abajo. Cuando se utilice el geotextil en drenes para proteger materiales filtrantes. El geotextil se colocará sobre la rasante, y a continuación el material filtrante. El geotextil se extenderá una longitud adicional con respecto al borde del material filtrante que le permita envolver el material filtrante en todo su espesor.

### **Medición y forma de pago**

El suministro e instalación de geotextil, se pagará por metro cuadrado colocado teniendo en cuenta el traslape de 30 cm, una vez que el trabajo haya sido aprobado por la Fiscalización. El precio debe incluir los costos de diseño, mano de obra, equipos, herramientas, preparación, suministro, transporte y tendido del geotextil en el sitio de la obra. Incluye además el suministro y transporte de muestras, ensayos de laboratorio y cualquier otro gasto necesario para su correcta ejecución.

Los trabajos que efectúe el Contratista, le serán estimados y liquidados según el siguiente concepto de trabajo:

535631	Sum,-Ins, Geotextil	m2
--------	---------------------	----

### **Estructuras de Ferrocemento**

A continuación se detallan especificaciones adicionales para complementar las anteriores para las estructuras de ferrocemento ya que existen varios métodos para producir ferrocemento, y todos requieren de control de calidad para lograr el completo enbembimiento del refuerzo en un mortero compactado con un mínimo de aire incluido. La más apropiada técnica de fabricación utilizada en cada caso, dependerá de la existencia de equipos para la mezcla, transportación y colocación del mortero; dejando la posibilidad o no de utilizar moldes y la habilidad y experiencia de los trabajadores.

El sistema constructivo consiste en un molde formado por tiras de madera u otro material separados entre sí y conectados a un encofrado estacionario que puede recubrirse con una manta formando un molde cerrado y no rígido. Si la manta es transparente, se facilitara retirar el molde y observarlo en el proceso de aplicación del mortero y la reparación que fuere necesaria. Para las estructuras de ferrocemento se deberán regir a las especificaciones acerca de la calidad de los materiales usados para el hormigón y enlucidos y las que se detallan a continuación.

### **Mortero**

Para la utilización normal se recomiendan las siguientes proporciones en peso de la mezcla:

- Relación arena-cemento = 1:2
- Relación agua-cemento = 0,4 - 0,5

La relación arena-cemento puede ser incrementada a 1:2.5 cuando se realice la colocación del mortero con equipos a presión, por la pérdida de granos por rebote. Pueden usarse aditivos reductores de agua siempre que se garantice la resistencia a compresión.

Se prestará atención al contenido de humedad del árido, cuando se utiliza, para lograr el control de la relación agua-cemento. El asentamiento del mortero será el menor posible, que permita compactación en toda su masa sin exceder los 6 cm, la resistencia a la compresión a los 28 días en probetas de (4 x 4 x 16) cm curadas en ambiente húmedo, no será menos de 250 kg/cm<sup>2</sup>.

El control sobre el módulo de finura de la arena, la relación agua cemento y arena cemento serán| cuidadosamente mantenidos para lograr propiedades uniformes a través de toda la estructura.

### **Acero de refuerzo en ferrocemento**

El refuerzo estará limpio y libre de polvo, escamas y exento de pintura, aceite, o cualquier otra sustancia que pueda disminuir la adherencia.

Los tipos de acero que pueden usarse se encuentran:

Telas de malla de alambre: varios tipos de telas de mallas pueden ser utilizadas como mallas hexagonales torcidas (malla de gallinero), mallas soldadas o tejidas. Son de alambre galvanizado aunque puede usarse sin galvanizar. Retícula de alambre soldado. Se utilizan alambres de alta resistencia, hasta (6.000 Kgf/cm<sup>2</sup>), y diámetro preferiblemente no mayor de 6 mm, formando un reticulado de distancia variable.

Barras, alambres y cables: Las barras son de acero estructural, y los alambres y cables de alto límite elástico. Para las barras se recomienda utilizar diámetros menores de 10 mm, si se usan en placas de ferrocemento.

### **Recubrimiento de la armadura**

Un aspecto de gran importancia en la protección de la armadura es garantizar el adecuado recubrimiento. En el ferrocemento el recubrimiento fluctúa entre 1,5-5 mm de espesor. En depósitos de agua se colocaran un mínimo 5 mm de recubrimiento, siempre usando mallas de acero galvanizado.

## **Características de los materiales para filtros y drenes**

### **Grava**

La grava debe ser constituida de fragmentos redondeados, encontrados en lechos de ríos, cuyo tamaño varía entre 4,8 mm y 76 mm. Con densidad no inferior a 2,5.

No más del 25% del peso de la grava de cualquier tamaño, puede ser formado por piezas fracturadas o angulosas.

El porcentaje de piezas delgadas, laminadas o alargadas, en que la mayor dimensión excede tres veces la menor dimensión, debe ser en lo máximo el 2%. La grava debe ser visiblemente libre de pizarra, mica, arena, arcilla, polvo e impurezas orgánicas.

La grava debe ser entregada de acuerdo a los tamaños establecidos por el contratante. No más del 8% del peso, deben ser mayores o menores que el tamaño o límites de tamaño especificados por el contratante.

### **Arena**

La arena para filtros debe ser constituido por granos de material silíceo, con la mayor dimensión menor o igual a 4,8 mm. La arena para filtros debe ser visualmente libre de polvo, limo, arcilla, mica y materia orgánica. La densidad de la arena no debe ser inferior a 2,6.

El tamaño efectivo y el coeficiente de uniformidad y demás características granulométricas, caracterizadas por la curva de distribución granulométrica deben atender a los valores especificados por el contratante.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones:

- De la información recopilada a través de las encuestas realizadas y de las visitas a las comunidades se pudo determinar que existen descargas de aguas residuales en el suelo y cauces naturales, y en otros casos sus pozos sépticos se encuentran colapsados. Por lo tanto las comunidades de Sondeleg y Zhuzho del cantón Sígsig, presentan problemas con el manejo de las aguas residuales, debido a la ausencia de un sistema de recolección y tratamiento, siendo un riesgo constante de contraer enfermedades y provocar contaminaciones del suelo y agua, afectando sus condiciones de vida. Por lo que el diseño de las redes de alcantarillado y planta de tratamiento permitirá brindar una respuesta adecuada e integral a la problemática.
- El proyecto de saneamiento que representa un área de influencia de 140 hectáreas se ha concebido con la implementación de una red de alcantarillado sanitario convencional, el cual sigue la vía principal recogiendo las aguas residuales de las viviendas cercanas y un sistema de alcantarillado condominial que recoge las aguas residuales de las viviendas dispersas y se conecta al alcantarillado emplazado en la vía principal.
- El diseño de los elementos de la red y la planta de tratamiento de aguas residuales se desarrollaron para toda la población dentro del área de influencia del proyecto, respetando los criterios y las recomendaciones de las diferentes normas, para elaborar un diseño óptimo que se adapte a las condiciones de las comunidades adecuadamente, respetando los criterios técnicos de empresas locales como ETAPA EP, y especificaciones establecidas por el GAD Municipal de Sígsig.
- En base al diseño la red de alcantarillado sanitario emplazada en la vía principal es de hormigón de diámetro de 200 mm con una longitud de 3.67 km. La red sanitaria de alcantarillado condominial es de PVC de diámetro de

160 mm con una longitud de 7.11 km y las conexiones con las viviendas se realizan a través de un pozo domiciliario tipo til a la red condominial mediante tubería de PVC de diámetro de 110 mm. Este sistema tiene la ventaja de utilizar diámetros pequeños, materiales flexibles y redes de poca profundidad, lo que permite la cobertura a todos los habitantes de las comunidades a un menor costo.

- La planta de tratamiento de aguas residuales se emplaza en el sector de Zhuzho junto a la vía principal y está constituida por una fosa séptica de doble cámara con un volumen de 190 m<sup>3</sup>, dos filtros anaerobios circulares de diámetro de 7.30 m de flujo ascendente de 100 m<sup>3</sup> cada uno, un lecho de infiltración en un área de 2 784 m<sup>2</sup> y para la disposición de los lodos provenientes de la fosa séptica se dispone de un lecho de secado de lodos. Estos elementos permitirán un adecuado tratamiento y disposición de las aguas residuales, que conjuntamente con el mantenimiento, operación y monitoreo, permitirán dar seguimiento a los procesos de depuración para no producir contaminación y afectar zonas turísticas cercanas.
- Los detalles de la red de alcantarillado y la planta de tratamiento se pueden apreciar en los planos del proyecto.
- El presupuesto referencial para la implementación del proyecto para las comunidades es de \$ 435 195.44, sin incluir IVA, el desglose del mismo se aprecia en el literal 5.2 y el análisis de precios correspondiente en el anexo 4.

**Recomendaciones:**

- Se recomienda la implementación del proyecto, ya que contribuirá a una mejor calidad de vida de los habitantes de las comunidades de Sondeleg y Zhuzho.
- Para la construcción del proyecto de alcantarillado y planta de tratamiento de aguas residuales es necesario que se realice la respectiva socialización del proyecto a fin de que todos los habitantes de los sectores de Sondeleg y Zhuzho se beneficien de este sistema.
- Se recomienda realizar las gestiones necesarias de parte de las Autoridades del GAD municipal y dueños de los terrenos en donde se implantara la planta de tratamiento para su adquisición.
- Se recomienda tomar en consideración los criterios de diseño señalados en el presente proyecto para garantizar su adecuado funcionamiento y en todo caso el buen juicio del constructor y fiscalizador juegan un papel importante en caso de presentarse algún cambio constructivo que se tengan que realizar.
- Se debe realizar un adecuado mantenimiento periódico y seguimiento en la PTAR, en especial en la primera unidad, para evitar mantenimientos correctivos no deseados y garantizar su correcto funcionamiento, evitando de esta manera posibles contaminaciones e interrupciones del servicio.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arrocha, S. (1983). *Cloacas y Drenajes*. Caracas.
- Athayde, F. (1982). *Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (2a ed.)*. Río de Janeiro.
- CELADE. (2012). *Centro Latinoamericano de Demografía* .
- Chow, V. T. (1983). *Hidráulica de los canales abiertos*. México: Diana.
- Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias. (1992). *C.P.E.*
- Collado, R. (1992). *Depuración de aguas residuales en pequeñas comunidades*. Madrid - España: Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos.
- CONAGUA. (2013). *Comisión Nacional del Agua: Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Procesos Aerobios*. México, D.F.
- CONAGUA y SEMARNAT. (2013). *Comisión Nacional del Agua y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Manual de sistemas de tratamiento de aguas residuales utilizados en Japón*. México, D.F.
- CPE-INEN-005-9-1. (1992). *Código ecuatoriano de la construcción, Normas para el estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*.
- CPE-INEN-005-9-2. (1997). *Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural*.
- Crites y Tchobanoglous. (2000). *Sistemas de Manejo de Aguas Residuales para Núcleos Pequeños y Descentralizados*. Colombia: Mc Graw Hill.
- Cualla, R. A. (2001). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- EMAAP-Q. (2009). *Normas de Diseño para Sistemas de Alcantarillado*. Quito.
- ETAPA EP. (2016). *Especificaciones técnicas de diseño de redes de alcantarillado*. Cuenca.
- GAD Municipal de Sígsig. (s.f.). *Especificaciones técnicas*.
- GAD Sígsig. (2016). *Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Sígsig*.

- Hospital San Sebastián de Sígsg.* (2012). Sígsg.
- IEE. (2012). *Instituto Espacial Ecuatoriano.*
- IERSE. (2015). *Universidad del Azuay (Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador). Geomática y Territorio.*
- IGM. (2015). *Instituto Geográfico Militar.*
- INAMHI-INECEL. (2015). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología - Instituto Ecuatoriano de Electrificación.*
- INEC. (2010). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos: Censo de Población y Vivienda.*
- Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua.* (2014). Quito.
- Metcalf y Eddy, I. (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales Redes de alcantarillado y bombeo* (Segunda ed.). Madrid: McGraw-Hill.
- MIDUVI. (2008). *Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, Sistema Condominial.*
- Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2000). *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico.* Bogotá.
- NB688-01. (2001). *Norma Boliviana de Alcantarillado Sanitario.* La Paz.
- NBR 13969. (1997). *ABNT-Asociación Brasileña de Normas Técnicas Fosas Sépticas Unidades de Tratamiento Complementario y Disposición de los Líquidos del Efluente, diseño construcción y operación.* Río de Janeiro.
- NBR 7229. (1992). *ABNT-Asociación Brasileña de Normas Técnicas Diseño, construcción y operación de Fosas Sépticas.* Rio de Janeiro.
- OPS/CEPIS/05.168. (2009). *Guía para la operación y mantenimiento de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización.* Lima.
- PDOT. (2012). *Documento correspondiente a la actualización del PDOT (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial) de la parroquia Sígsg.*
- Pérez, M. R. (2005). *Manual de Prácticas de Laboratorio de Hidráulica.* Medellín.
- Programa de Agua y Saneamiento. (2001). *Sistemas condominiales de alcantarillado sanitario.* El Alto - Bolivia.
- Rengel, B. A. (2000). *Tratamiento de aguas residuales.* Cuenca.
- Rocha Felices, A. (s.f.). *Hidráulica de Tuberías y Canales.*
- Romero Rojas, J. A. (2008). *Tratamiento de Aguas Residuales Teoría y principios de diseño.* Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Ruiz, P. R. (Agosto 2008). *Hidráulica de Canales*. México.

SENPLADES. (2013). *Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo*.

SIGTIERRAS. (2015). *Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (MAGAP)*.

Sotelo, Á. G. (2002). *Hidráulica de Canales*. México: UNAM Facultad de Ingeniería.

*Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario, Libro VI - Anexo I Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. (s.f.).*