



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA  
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**TEMA: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARADO  
Y TRATAMIENTO DE LAS AGUAS SERVIDAS PARA EL BARRIO LA  
LIBERTAD, EN LA PARROQUIA RUMIPAMBA, PROVINCIA DE  
PICHINCHA”**

**AUTOR: ROMO CHILQUINGA, JORGE DANIEL**

**DIRECTOR: ING. BOLAÑOS GUERRÓN, DARÍO ROBERTO, PhD.  
SANGOLQUÍ**

**2018**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

### CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “*DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARADO Y TRATAMIENTO DE LAS AGUAS SERVIDAS PARA EL BARRIO LA LIBERTAD, EN LA PARROQUIA RUMIPAMBA, PROVINCIA DE PICHINCHA*” fue realizado por el señor *Romo Chiliquinga, Jorge Daniel* el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 9 de Marzo del 2018

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir 'Darío Roberto Bolaños Guerrón', sobre una línea horizontal.

Ing. Darío Roberto Bolaños Guerrón, PhD.

C.C 171520659-3



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

iii

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *Romo Chilibingua, Jorge Daniel*, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: “*Diseño de un sistema de alcantarillado separado y tratamiento de las aguas servidas para el barrio La Libertad, en la Parroquia Rumipamba, Provincia de Pichincha*” es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 9 de Marzo del 2018

Jorge Daniel Romo Chilibingua

C.C.: 1720023744



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

#### AUTORIZACIÓN

*Yo, Romo Chilibingua, Jorge Daniel, autorizo a la Universidad de las Fuerzas de Armadas-ESPE publicar el trabajo de titulación: “Diseño de un sistema de alcantarillado separado y tratamiento de las aguas servidas para el barrio la libertad, en la parroquia Rumipamba, provincia de pichincha”, en el Repositorio Institucional cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.*

Sangolquí, 9 de Marzo del 2018

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jorge Daniel Romo Chilibingua', written over a horizontal line.

Jorge Daniel Romo Chilibingua

C.C. 1720023744

## DEDICATORIA

A Dios por todas sus bendiciones y sobre todo por tenerme con salud y vida para poder culminar esta meta profesional tan anhelada.

A mis padres Jorge y Maritza, mi hermano Gabriel y mis abuelitos Luis e Inés que siempre me han brindado su apoyo y estar pendiente de mi durante todo este tiempo.

A mí enamorada Maritza por ser una gran amiga y compañera para motivarme en los momentos más difíciles.

Jorge D. Romo Ch.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad de las Fuerzas Armadas y a todos sus maestros en especial al Ing. Darío Bolaños PhD por haberme guiado como tutor en el presente proyecto.

Agradezco al GADMUR Rumiñahui, por haberme dado la apertura en este proyecto y en especial al Ing. Nelson Pedraza por toda su predisposición y tutorías realizadas para culminar con éxito esta etapa.

Agradezco al Instituto Geográfico Militar por la cooperación Interinstitucional con mi querida universidad y haber levantado la información topográfica del barrio “La Libertad”.

Jorge D. Romo Ch.

## ÍNDICE

CARATULA .....	i
CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT .....	xv
CAPÍTULO I.....	1
1. Descripción general del proyecto .....	1
1.1. Introducción .....	1
1.2. Definición del problema.....	2
1.3. Objetivos del proyecto .....	3
1.3.1. Objetivo General .....	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4. Alcance del proyecto.....	3
1.5. Justificación e Importancia.....	4
1.6. Antecedentes .....	5
1.7. Metodología .....	5
CAPÍTULO II .....	7
2. Análisis de la información.....	7
2.1. Ubicación Geográfica.....	7
2.2. Caracterización de la zona de estudio .....	8
2.2.1. Caracterización Física .....	8
2.2.2. Tipo de suelo .....	8
2.2.3. Usos del suelo.....	9
2.3. Aspectos ambientales .....	10
2.3.1. Riesgos Naturales .....	10
2.3.2. Niveles de ruido .....	10
2.3.3. Estudio Topográfico .....	11
2.3.4. Topografía y relieve .....	12
2.4. Aspecto Socioeconómico .....	12
2.4.1. Información demográfica .....	12
2.4.2. Población total.....	13
2.4.3. Tipo de vivienda.....	13

	viii
2.4.4. Nivel de educación .....	14
2.4.5. Población económicamente activa (PEA) .....	14
2.4.6. Ingreso Familiar Mensual.....	16
2.4.7. Abastecimiento de agua .....	17
2.4.8. Eliminación de excretas .....	18
2.4.9. Cooperación frente al proyecto .....	18
2.4.10. Infraestructura - Servicios básicos .....	19
2.5. Aspectos Naturales .....	20
2.5.1. Características climáticas .....	20
2.5.2. Temperatura Ambiente.....	20
2.5.3. Humedad relativa y nubosidad.....	22
2.5.4. Precipitación.....	22
CAPÍTULO III .....	24
3. Análisis poblacional .....	24
3.1. Población de diseño.....	24
3.1.1. Población actual .....	24
3.1.2. Población futura .....	25
3.2. Período de diseño .....	25
3.3. Niveles de servicio .....	26
3.4. Tasa de crecimiento.....	27
3.5. Métodos de estimación para la Población Futura.....	29
3.6. Densidad Poblacional Futura .....	31
CAPÍTULO IV .....	32
4. Bases de Diseño .....	32
4.1. Áreas de aportación .....	32
4.2. Dotación .....	32
4.3. Lectura de medidores .....	33
4.4. Caudales de diseño .....	37
4.5. Caudal de aguas residuales.....	38
4.5.1. Coeficiente de retorno .....	39
4.5.2. Coeficiente de mayoración.....	39
4.6. Caudal de infiltración .....	41
4.7. Caudal de aguas ilícitas .....	42
4.8. Caudal de aguas lluvias .....	43
4.8.1. El Método Racional.....	44
4.8.2. Coeficiente de escurrimiento.....	44
4.8.3. Período de retorno .....	46
4.8.4. Intensidad de aguas lluvias.....	46
4.8.5. Tiempo de concentración .....	48
4.8.6. Intensidad máxima diaria .....	48



	ix
4.9. Red de tuberías y colectores.....	50
4.9.1. Diámetros mínimos .....	50
4.9.2. Relleno mínimo.....	50
4.9.3. Velocidades mínimas en tuberías de alcantarillado .....	51
4.9.4. Velocidades máximas en alcantarillado y coeficiente de rugosidad.....	51
4.9.5. Diámetros recomendados de pozos de revisión .....	52
4.9.6. Distancia máxima entre pozos de revisión.....	52
CAPÍTULO V .....	53
5. Catastro de las redes de alcantarillado existentes.....	53
5.1. Actividades y parámetros establecidos para el catastro de las redes de alcantarillado existentes .....	53
5.2. Características Generales de los sistemas de alcantarillado existentes .....	56
5.2.1. Sistema de alcantarillado existente 1 .....	56
5.3. Sistema de alcantarillado existente 2 .....	59
5.4. Sistema de alcantarillado existente 3 .....	61
5.5. Evaluación física de los sistemas de alcantarillado existentes .....	62
5.6. Observaciones generales de la inspección de pozos de revisión.....	62
5.7. Observaciones generales del traspaso de una cámara de inspección por el interior de las tuberías. ....	66
5.8. Evaluación hidráulica de los sistemas de alcantarillado existentes.....	71
5.9. Evaluación hidráulica de los sistemas de alcantarillado existentes.....	72
CAPÍTULO VI.....	75
6. Diseño de las redes de alcantarillado sanitario.....	75
6.1. Parámetros Generales de la redes de alcantarillado sanitario .....	75
6.2. Descripción de las redes de Alcantarillado Sanitario .....	75
6.2.1. Optimización del Sistema de alcantarillado 1 .....	77
6.2.2. Optimización del Sistema de alcantarillado 2 .....	77
6.2.3. Optimización del Sistema de alcantarillado 3 .....	77
6.3. Dimensiones del proyecto .....	77
6.4. Conexiones domiciliarias .....	78
6.5. Pozos de revisión.....	78
7. Sistemas de tratamiento de aguas servidas para el Barrio “La Libertad” .....	80
7.1. Parámetros Generales para el tratamiento de las aguas servidas .....	80
7.2. Generalidades y descripción del sistema de tratamiento de aguas servidas del alcantarillado sanitario 1 .....	80
7.2.1. Caracterización de las aguas residuales .....	81
7.2.2. Toma de muestras.....	81
7.2.3. Eficiencia y calidad de aguas servidas del sistema de alcantarillado sanitario 1 .....	82
7.2.4. Biodegradabilidad de las aguas residuales .....	83
7.2.5. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce .....	83

	x
7.2.6. Optimización del sistema de tratamiento de aguas servidas del alcantarillado sanitario 1	84
7.3. Generalidades y descripción del empate del sistema de alcantarillado sanitario 2 con el sistema de alcantarillado del barrio “San Fernando”	85
7.4. Generalidades para el diseño del sistema de tratamiento de aguas servidas del alcantarillado 3	85
7.4.1. Descripción del sistema depurador	86
7.4.1.1. Canal de entrada	86
7.4.1.2. Rejas de desbaste	87
7.4.1.3. Sedimentador	87
7.4.1.4. Fosa séptica de doble cámara de flujo ascendente	87
7.4.1.5. Caja de revisión	88
7.4.1.6. Pozos filtrantes	88
7.4.1.7. Secado de lodos	88
7.4.2. Diseño de las unidades de tratamiento	88
CAPÍTULO VIII	90
8. Diseño de las redes de alcantarillado pluvial	90
8.1. Parámetros Generales de la redes de alcantarillado pluvial	90
8.2. Dimensiones del proyecto	90
8.3 Consideraciones complementarias	91
8.4 Pozos de revisión	91
8.5 Sumideros	91
8.6 Cunetas	92
8.6 Muro de ala	93
CAPÍTULO IX	94
9. Presupuesto referencial	94
9.1. Análisis de precios unitarios	94
9.2. Presupuesto referencial del proyecto	94
9.3. Especificaciones técnicas	94
CAPÍTULO X	95
10. 1. Conclusiones	95
10.2. Recomendaciones	97
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Coordenadas Geográficas Sistema WGS 84 Zona 17 S del área de influencia</i> .....	8
<b>Tabla 2.</b> <i>Límites de la Parroquia Rumipamba</i> .....	8
<b>Tabla 3.</b> <i>Clasificación de usos del suelo Barrio La Libertad</i> .....	9
<b>Tabla 4.</b> <i>Tipos de vivienda en el barrio La Libertad</i> .....	13
<b>Tabla 5.</b> <i>Principales actividades económicas</i> .....	15
<b>Tabla 6.</b> <i>Ingresos mensuales familiares</i> .....	16
<b>Tabla 7.</b> <i>Servicios básicos</i> .....	19
<b>Tabla 8.</b> <i>Datos estación meteorológica Izobamba</i> .....	20
<b>Tabla 9.</b> <i>Valores medios anuales de temperatura ambiente</i> .....	21
<b>Tabla 10.</b> <i>Valores medios mensuales de temperatura ambiente</i> .....	21
<b>Tabla 11.</b> <i>Valores medios de la década de temperatura ambiente</i> .....	21
<b>Tabla 12.</b> <i>Valores de precipitación anual</i> .....	23
<b>Tabla 13.</b> <i>Valores de precipitación mensual</i> .....	23
<b>Tabla 14.</b> <i>Vida útil sugerida para los elementos de un sistema de alcantarillado</i> .....	26
<b>Tabla 15.</b> <i>Nivel de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos</i> .....	27
<b>Tabla 16.</b> <i>Poblaciones existentes en la Parroquia Rumipamba en el 2001 y 2010</i> .....	28
<b>Tabla 17.</b> <i>Tasas de crecimiento anual en la Parroquia Rumipamba los periodos 2001-2010 y 1990-2001</i> .....	28
<b>Tabla 18.</b> <i>Poblaciones existentes en la Parroquia Sangolquí en el 2001 y 2010</i> .....	28
<b>Tabla 19.</b> <i>Tasas de crecimiento anual en la Parroquia Sangolquí los periodos 2001-2010 y 1990-2001</i> .....	28
<b>Tabla 20.</b> <i>Cálculo de la población futura</i> .....	30
<b>Tabla 21.</b> <i>Lectura de medidores de 25 viviendas (en m<sup>3</sup>)</i> .....	34
<b>Tabla 22.</b> <i>Consumo promedio diario y dotación</i> .....	35
<b>Tabla 23.</b> <i>Valores para el coeficiente de retorno de aguas servidas domésticas</i> .....	39
<b>Tabla 24.</b> <i>Valores del factor de infiltración dependiendo del nivel de complejidad del sistema</i> ..	41
<b>Tabla 25.</b> <i>Aportes máximos por drenaje domiciliario de aguas lluvias sin sistema pluvial</i> .....	42
<b>Tabla 26.</b> <i>Aportes máximos por drenaje domiciliario de aguas lluvias con sistema pluvial</i> .....	43
<b>Tabla 27.</b> <i>Valores del coeficiente de escurrimiento</i> .....	45
<b>Tabla 28.</b> <i>Valores del coeficiente de escurrimiento C para diversos tipos de superficie</i> .....	45
<b>Tabla 29.</b> <i>Zonificación de Intensidades</i> .....	48
<b>Tabla 30.</b> <i>Velocidades máximas a tubo lleno y coeficientes de rugosidad recomendados</i> .....	51
<b>Tabla 31.</b> <i>Diámetros recomendados de pozos de revisión</i> .....	52
<b>Tabla 32.</b> <i>Distancias máximas entre pozos de revisión</i> .....	52
<b>Tabla 33.</b> <i>Características Generales del Sistema de alcantarillado existente 1 – Tramo 1</i> .....	57
<b>Tabla 34.</b> <i>Características Generales del Sistema de alcantarillado existente 1 – Tramo 2</i> .....	58
<b>Tabla 35.</b> <i>Características Generales del Sistema de alcantarillado existente 2</i> .....	60
<b>Tabla 36.</b> <i>Características Generales del Sistema de alcantarillado existente 3</i> .....	61
<b>Tabla 37.</b> <i>Resultados del diagnóstico de las redes de alcantarillado existentes</i> .....	73

	xii
<b>Tabla 38.</b> <i>Dimensiones Generales del diseño del sistema de alcantarillado</i> .....	78
<b>Tabla 39 .</b> <i>Descargas hacia un cuerpo interceptor</i> .....	80
<b>Tabla 40.</b> <i>Parámetros para la evaluación del sistema de tratamiento del alcantarillado sanitario 1</i> .....	82
<b>Tabla 41.</b> <i>Biodegradabilidad del agua residual</i> .....	83
<b>Tabla 42.</b> <i>Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce</i> .....	84
<b>Tabla 43.</b> <i>Dimensiones Generales del diseño del sistema de alcantarillado pluvial</i> .....	90
<b>Tabla 44.</b> <i>Consideraciones de diseño para alcantarillado pluvial</i> .....	91

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación del proyecto .....	7
<b>Figura 2.</b> Principales actividades económicas del barrio la Libertad .....	15
<b>Figura 3.</b> Ingresos mensuales familiares .....	17
<b>Figura 4.</b> Consumo promedio diario en el barrio “La Libertad” .....	36
<b>Figura 5.</b> Dotación en el barrio “La Libertad” .....	36
<b>Figura 6.</b> Mapa de zonificación de intensidades de precipitación .....	47
<b>Figura 7.</b> Isolíneas de intensidad de precipitación en función de la máxima en 24 horas, con un tiempo de concentración de 5 años.....	49
<b>Figura 8.</b> Sistema de alcantarillado existente 1 .....	56
<b>Figura 9.</b> Sistema de alcantarillado existente 2.....	59
<b>Figura 10.</b> Sistema de alcantarillado existente 3.....	61
<b>Figura 11.</b> Pozo de ladrillo sin revestimiento.....	63
<b>Figura 12.</b> Pozo de ladrillo con acometida domiciliaria .....	64
<b>Figura 13.</b> Sumidero sin sifonamiento .....	65
<b>Figura 14.</b> Pozo con tuberías no revocadas.....	65
<b>Figura 15.</b> Pozo con acumulación de sedimentos .....	66
<b>Figura 16.</b> Presencia de rebabas en uniones de tuberías de alcantarillado.....	68
<b>Figura 17.</b> Acumulación de sedimentos en tubería matriz .....	68
<b>Figura 18.</b> Acometida domiciliaria mal realizada .....	69
<b>Figura 19.</b> Acometida domiciliaria bien realizada .....	70
<b>Figura 20.</b> Tubería matriz con raíces.....	71
<b>Figura 21.</b> Simbología.....	76
<b>Figura 22.</b> Detalle pozo TIPO B1 .....	79
<b>Figura 23.</b> Detalle Sumidero .....	92
<b>Figura 24.</b> Sección transversal cuneta.....	93
<b>Figura 25.</b> Perspectiva muro de ala .....	93

## **RESUMEN**

El presente proyecto contiene el diseño del sistema de alcantarillado separado y tratamiento de aguas servidas para el barrio La Libertad, parroquia de Rumipamba en la provincia de Pichincha, que fue solicitado por el Gobierno Descentralizado Autónomo del Cantón Rumiñahui (GADMUR). Presenta la recolección de información obtenida a través del trabajo de campo, donde se realizó el levantamiento topográfico del área de estudio, una encuesta socioeconómica a la totalidad de la población, el levantamiento catastral que determinó las condiciones físicas e hidráulicas del sistema de alcantarillado existente y la caracterización de las aguas residuales. Con estas actividades se obtuvieron el informe técnico, el presupuesto referencial y los planos de diseño del sistema de alcantarillado separado y tratamiento de las aguas servidas. Con la ejecución del proyecto se dará una solución de saneamiento total, además de contribuir a la preservación del medio ambiente. Finalmente, de acuerdo a la normativa vigente, se cumple con los requisitos establecidos por la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), el Acuerdo Ministerial No.28 que reemplaza el Libro VI del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA) y las regulaciones actuales del GADMUR.

### **PALABRAS CLAVES:**

- **ALCANTARILLADO**
- **SANITARIO**
- **PLUVIAL**
- **AGUAS SERVIDAS**
- **SANEAMIENTO**

## **ABSTRACT**

The present project contains the design of separated sewage system and wastewater treatment for La Libertad neighborhood, Rumipamba parish in the province of Pichincha, which was requested by Autonomous Decentralized Government of Rumiñahui Canton (GADMUR). This work presents collection of necessary information obtained through the field work where topographic survey of area was carried out, a socioeconomic survey of entire population, cadastral survey that determined physical and hydraulic conditions of sewerage system existing and characterization of wastewater; with execution of these activities, technical report, referential budget and design treatments that resulted in final report of the project for its subsequent construction were obtained. With implementation of this project a total sanitation solution will be given to this sector, as well as contributing to preservation of environment. Finally, according to normative, this work meets requirements established by National Water Secretariat (SENAGUA), Ecuadorian Standardization Institute (INEN), Ministerial Agreement No.28 that replaces Book VI of Unified Text of Secondary Legislation of Environment (TULSMA) and current regulations of the GADMUR.

### **KEYWORDS:**

- **SEWERAGE**
- **SANITARY**
- **PLUVIAL**
- **WASTEWATER**
- **SANITATION**

## CAPÍTULO I

### 1.Descripción general del proyecto

#### 1.1.Introducción

El Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Rumiñahui a través de su Departamento de Agua potable, Alcantarillado y Comercialización ha concebido a manera de proyecto el tema: “Diseño de un sistema de alcantarillado separado y tratamiento de las aguas servidas para el barrio La Libertad, en la Parroquia de Rumipamba, Provincia de Pichincha”, para dar una solución eficaz de saneamiento a esta población. Este proyecto se alinea con la misión de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y la carrera de Ingeniería Civil, las cuales buscan generar soluciones para problemáticas existentes en el país por medio de proyectos desarrollados por estudiantes y docentes.

El presente proyecto buscará la recopilación de información necesaria a través de levantamiento de información en campo, levantamientos topográficos y planimétricos, libros, artículos, diferentes normas y códigos relacionados con la rama de la Hidrología e Hidráulica. Dentro de las normas y códigos a utilizar están el Código Ecuatoriano para el diseño de la Construcción de Obras Sanitarias, las normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA), Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural de la Secretaria del Agua (SENAGUA), parámetros de diseño amparados en normas que exija el Gobierno Autónomo



Descentralizado del Cantón Rumiñahui y la información topográfica proporcionada por el Instituto Geográfico Militar.

En Rumiñahui, se ubica el barrio La Libertad, el cual cuenta sólo con cobertura parcial de alcantarillado en su extensión. Es por ello que surge la necesidad de diseñar un sistema que optimice y brinde el servicio de saneamiento en la zona, lo que mejorará la calidad de vida de los moradores del sector. Existen descargas de aguas servidas hacia las vertientes naturales, esto genera mal olor y conlleva riesgo de enfermedades. Por este motivo, además del diseño de esta red de alcantarillado separado, se presentará una propuesta para el tratamiento de las aguas de uso doméstico, esto requiere la caracterización de estas aguas residuales para el diseño definitivo. Para la ejecución de los estudios del presente proyecto, se empezará con la recopilación de la información tanto ambiental, socio-económico, demográfico y topográfico de la zona de estudio.

## **1.2. Definición del problema**

El diseño del sistema de alcantarillado separado y el sistema de tratamiento de aguas servidas preliminar y primario permitirá que las descargas hacia las quebradas y vertientes naturales del sector cumplan con los parámetros de calidad establecidos en las normas.

### **1.3.Objetivos del proyecto**

#### **1.3.1.Objetivo General**

Diseñar un sistema de alcantarillado separado sanitario-pluvial y un sistema de tratamiento de las aguas servidas de origen doméstico para el barrio La Libertad, en la Parroquia Rumipamba, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha.

#### **1.3.2.Objetivos Específicos**

1. Levantar la línea base del proyecto.
2. Realizar un levantamiento topográfico de la zona de estudio.
3. Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario y pluvial.
4. Caracterizar muestras del agua de uso doméstico para determinar su tipo de tratamiento.

### **1.4.Alcance del proyecto**

Obtener un diseño que sea técnico y económicamente viable de las redes de distribución de alcantarillado sanitario y pluvial y del sistema de tratamiento de aguas servidas; por otra parte la selección del tipo de tratamiento de las aguas residuales domésticas a través de la caracterización de las aguas servidas. Además de los parámetros de diseño, se presentará rubros, análisis de precios unitarios, presupuesto referencial del proyecto y la memoria de cálculo.

### **1.5. Justificación e Importancia**

El proyecto surge como una necesidad de ayudar y garantizar la preservación del medio ambiente, debido a que ciertos moradores arrojan las aguas servidas directamente a las vertientes naturales y quebradas que están ubicadas a los extremos longitudinales del barrio, de esta manera se estaría dando solución a las necesidades de saneamiento que requiere este sector.

Para el presente proyecto se va realizar el diseño de un sistema de alcantarillado separado pluvial-sanitario, contribuyendo de esta manera a que el mantenimiento sea más eficiente, así también este tipo de sistema resulta más eficaz porque excluye el gran volumen de líquido que representa el agua de escorrentía.

De acuerdo con la Organización Panamericana de la salud (2005) se tiene que:

Un factor importante del sistema de alcantarillado separado es que permite mayor flexibilidad en el trabajo y operabilidad del sistema de tratamiento de aguas servidas y evita la contaminación originada por escape o desbordamiento que se produce cuando el conducto no es lo bastante grande para transportar el flujo combinado. (pág. 8)

El correcto diseño de una red de alcantarillado ayuda a tener un control frente a las inundaciones, transportando de forma correcta el agua de escorrentía hacia las quebradas, el paisaje mejora estéticamente debido a que no se encuentra agua estancada en diferentes zonas y esto a la vez ayuda a prevenir enfermedades a la población. La implementación de este proyecto otorgará un mayor desarrollo y fortaleza a la población y su impacto brindará un mejor potencial económico y social; aumentará la seguridad y calidad de vida de los habitantes de este sector. Con este diseño se conseguirá la información suficiente para construir un sistema seguro y confiable que garantice

el bienestar y las regulaciones ambientales que se exige actualmente a través de entes reguladores del Estado.

## **1.6. Antecedentes**

El Gobierno de Pichincha (2012) menciona que:

En muchas zonas del sector el suelo está constituido por cenizas cementadas o cangahua, este material es sumamente impermeable. En algunas zonas la cangahua se meteoriza por los cambios de temperatura y la humedad, transformándose en un suelo limo arcilloso, de color negro oscuro sumamente productivo. La Parroquia de Rumipamba con sus abundantes fuentes de agua, tiene un importante potencial para la producción agrícola y ganadera. (pág. 38).

El barrio La Libertad carece parcialmente del servicio de alcantarillado y esto genera molestia a la población ya que causa contaminación y deteriora la calidad de vida de sus habitantes generando problemas de carácter social y de salud pública. Actualmente cierta población parcial de La Libertad, a fin de poder evacuar las aguas servidas de origen doméstico utilizan pozos sépticos realizando descargas directas o parciales a las vertientes o quebradas existentes en los extremos longitudinales de la mencionada población.

## **1.7. Metodología**

El presente proyecto parte con la recopilación de la información demográfica del barrio “La Libertad”, a través de una encuesta socioeconómica a sus habitantes, posterior a ello se va proceder con el levantamiento topográfico con el sistema de fotogrametría aérea y para comprobar su validez se va realizar la verificación con una estación total, de esta manera se establecerá el estado físico actual y la evaluación hidráulica para fijar la operabilidad del sistema y cumplimiento de normas

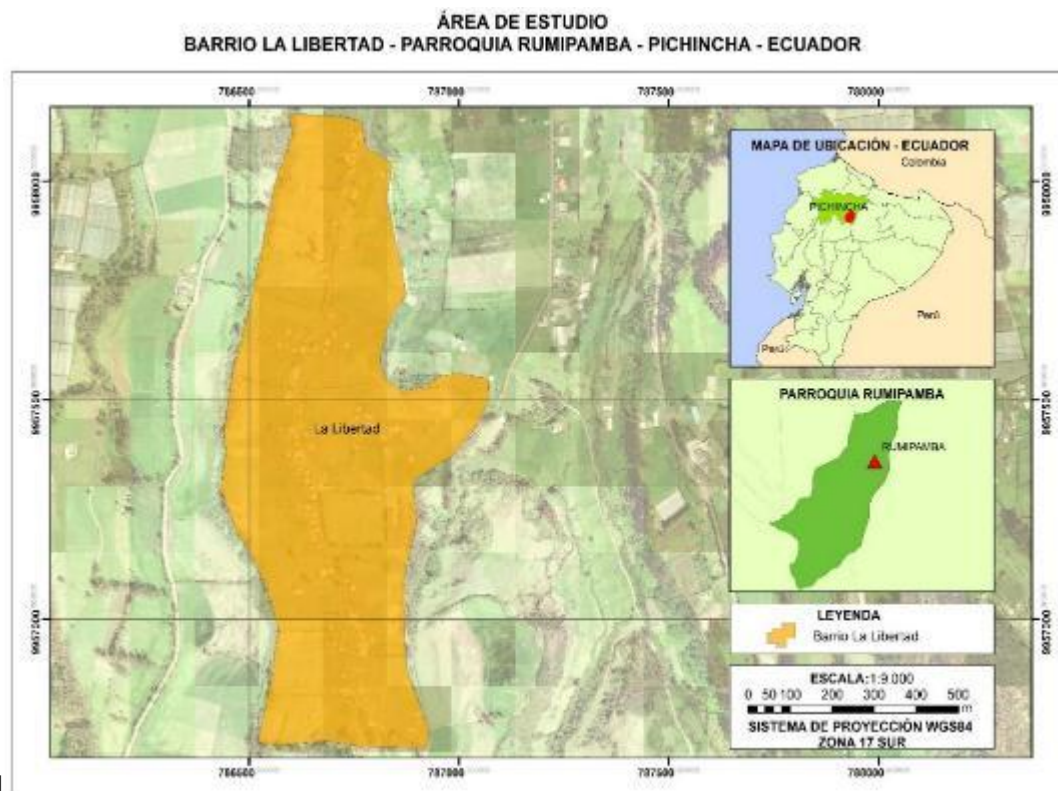
actuales exigidos por el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Rumiñahui. Por otra parte se presentarán planos de diseño y se utilizará hojas electrónicas en Excel para la memoria de cálculo tanto del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial, tratamiento de las aguas de uso doméstico y el presupuesto referencial.

## CAPÍTULO II

### 2. Análisis de la información

#### 2.1. Ubicación Geográfica

Así como se puede apreciar en la Figura 1, el proyecto está localizado en la Provincia de Pichincha, zona rural del Cantón Rumiñahui, Parroquia Rumipamba en el barrio “La Libertad”, situada en la zona geográfica conocida como Región Sierra, el área de influencia es de 51.30 hectáreas.



*Figura 1.* Ubicación del proyecto

Dentro de la ubicación geográfica el barrio La Libertad se encuentra situado entre los 2839 msnm y 2720 msnm, se ubica entre las coordenadas geográficas planas UTM tanto en norte como este tal como se detalla en la Tabla 1 y los límites de la parroquia Rumipamba se presentan en la Tabla 2.

**Tabla 1.**

*Coordenadas Geográficas Sistema WGS 84 Zona 17 S del área de influencia*

<b>Ubicación geográfica</b>	<b>Coordenada al Norte</b>	<b>Coordenada al Este</b>
Norte	N 9958089.69	E 786785,74
Sur	N 9956684.57	E 786763,09
Este	N 9957491.89	E 786991,90
Oeste	N 9957427.55	E 786438,01

**Tabla 2.**

*Límites de la Parroquia Rumipamba*

<b>Ubicación</b>	<b>Límites</b>
Norte	Parroquia Sangolquí
Sur	Barrio el Pedregal del Cantón Mejía
Este	Parroquia Pintag del Cantón Mejía
Oeste	Parroquia Cotogchoa del Cantón Rumiñahui

## **2.2.Caracterización de la zona de estudio**

### **2.2.1.Caracterización Física**

#### **2.2.2.Tipo de suelo**

El Gobierno de Pichincha (2012) menciona que “en muchas zonas del sector el suelo está constituido por cenizas cementadas, este material es sumamente impermeable. La cangahua se

meteoriza por los cambios de temperatura y la humedad, transformándose en un suelo limo arcilloso, de color negro oscuro” (pág. 38).

### 2.2.3. Usos del suelo

De acuerdo al estudio realizado, se analiza la densidad de las diferentes zonas del sector para obtener los diferentes usos del suelo y proyecciones de densidad poblacional futuras. En la Tabla 3 se aprecia que los usos que se le da al suelo son de tipo agrícola, residencial, red vial y las quebradas o vertientes naturales del sector que vienen a ser la hidrografía. La gran mayoría del espacio territorial es ocupado para uso agrícola y ganadero, pero la proyección es que se incremente el uso residencial del suelo según la planificación territorial que tiene la Directiva y la Administración del barrio “La Libertad”.

A base de inspecciones efectuadas se ha caracterizado el sistema vial de acuerdo al tipo de superficie de rodadura, encontrando un tramo de vía que es adoquinado y las demás vías que sirven de acceso a varias residencias son lastradas. La longitud total de vías dentro del proyecto es de 2.52 km, de las cuales el 11.95 % de la longitud de las vías son adoquinadas y el 88.05 % de las vías son lastradas.

**Tabla 3.**

*Clasificación de usos del suelo Barrio La Libertad*

<b>Tipo de ocupación</b>	<b>Área total (%)</b>
Uso agrícola - ganadero	39,1 hectáreas (76,22 %)
Uso residencial - lotes	9,2 hectáreas (17,93 %)
Uso vial	2,5 hectáreas (4,87 %)
Hidrología (Quebrada Cochapugro)	0,5 hectáreas (0,98 %)
Total usos del suelo	51,2 hectáreas (100%)



## **2.3.Aspectos ambientales**

### **2.3.1.Riesgos Naturales**

En la primera visita de campo realizada al lugar se observó que las aguas lluvias se descargan en las vertientes naturales del sector, no se presenta mayor problema de inundaciones o deslizamiento de taludes por su abundante vegetación.

De acuerdo a la información obtenida in situ se pudo conocer que en el barrio La Libertad, pese a no ser una zona potencial de riesgo de erupción del volcán Cotopaxi, cuenta con un sistema de alerta temprana en caso de alguna eventual emergencia. Los moradores del barrio han recibido capacitaciones con charlas informativas y simulacros para una rápida reacción ante este tipo de riesgo.

### **2.3.2.Niveles de ruido**

En el alrededor del barrio existe abundante vegetación, no hay circulación constante de automotores, o cualquier otro de tipo de elemento que genere sensaciones auditivas desagradables, por este motivo los niveles de ruido son permisibles para el oído humano.

### 2.3.3. Estudio Topográfico

Por parte del Oficio No. ESPE-CTC-2017-0096-O, enviado el 08 de mayo del 2017, por parte del Sr. TCRN. De E.M. Néstor Fernando Viniachi Romero, Director del Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción se aprobó que el Instituto Geográfico Militar realice el levantamiento topográfico en dicho sector, debido a la cooperación interinstitucional existente entre la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y la entidad mencionada.

Para realizar el levantamiento topográfico se determinaron 4 puntos (estacas) de control horizontal (GPS), los mismos que sirvieron de partida para realizar el levantamiento topográfico. Cabe recalcar que para la obtención de curvas de nivel se trabajó con el sistema de fotogrametría aérea con una precisión de  $\pm 2$  cm, pero se verificó con estación total la validez de este sistema. El Sistema de Referencia Horizontal utilizado, es el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas - International Terrestrial Reference Frame (SIRGAS – ITRF 2008), compatible con el sistema de posicionamiento por satélite GPS.

La determinación GPS de los puntos se realizó a través de sesiones GPS independientes de mínimo de dos horas cada una. Los equipos utilizados en el levantamiento fueron:

- Tres receptores GPS marca TRIMBLE modelo R8, equipos que permiten la medida de líneas base hasta 200 kilómetros, con una precisión de  $\pm (0.005m + 1 \text{ ppm})$ .
- Una estación total marca TRIMBLE modelo M3 DR 200+ de precisión angular de 1”.
- Material auxiliar diverso como trípodes, brújulas, flexómetros, radios Motorola, prismas.

### **2.3.4. Topografía y relieve**

La topografía del lugar cuenta con pendientes pronunciadas del 40% en estribaciones a las quebradas, la zona de estudio tiene una pendiente de sur a norte de 5,57%, la cota más alta está a 2839 msnm y la cota más baja a 2720 msnm. El uso del suelo en el barrio la Libertad en su mayoría es para el uso agrícola y ganadero. La topografía del barrio “La Libertad” se encuentra en el ANEXO H correspondiente a los planos del presente proyecto la misma que se encuentra expresada en coordenadas planas UTM, correspondiente al sistema WGS 84 de la Zona 17 S.

## **2.4. Aspecto Socioeconómico**

### **2.4.1. Información demográfica**

Para obtener la información demográfica se realizó una encuesta a la totalidad de la población desde el día 15 de junio hasta el 17 de junio del 2017, encuestando a un total de 83 familias (VER ANEXO B); en la encuesta socioeconómica se encuentra la siguiente información:

- Población total
- Tipo de vivienda
- Nivel de educación
- Principales actividades económicas
- Población económicamente activa (PEA).
- Ingreso mensual familiar

- Abastecimiento de agua
- Eliminación de excretas
- Cooperación frente al proyecto
- Infraestructura - Servicios básicos (energía eléctrica, teléfono e internet).

#### **2.4.2.Población total**

Al finalizar el trabajo de campo en donde se aplicó la encuesta a los habitantes del barrio La Libertad con la finalidad de obtener información que permita la consecución de este proyecto; posterior a ello se procesaron los datos, en donde se obtuvo que actualmente el barrio cuenta con un total de 391 habitantes, la población infantil es de 55 niños menores a 6 años equivalentes al 14,1%.

#### **2.4.3.Tipo de vivienda**

Dentro de los datos obtenidos se determinó que en este barrio según su uso existen los siguientes tipos de vivienda:

**Tabla 4.**

*Tipos de vivienda en el barrio La Libertad*

<b>Tipo de vivienda</b>	<b>Número de viviendas</b>	<b>Porcentaje</b>
Viviendas propias	80	93%
Viviendas alquiladas	2	2%
Viviendas en construcción	1	1%
Viviendas abandonadas	3	4%
<b>Total viviendas</b>	<b>86</b>	<b>100%</b>

Las viviendas en el barrio estudiado son unifamiliares de un piso en su gran mayoría pero existen también de dos y hasta tres pisos; cuenta con viviendas que se componen de elementos estructurales de hormigón armado y madera. La mampostería es de ladrillo, bloque y existen viviendas antiguas que se constituyen de adobe. En cuanto a las cubiertas se encuentra casas con láminas de galvalume, fibrocemento, tejas y hojas de zinc. Un dato importante, es que existen un gran número de viviendas que cuentan paneles solares que son utilizados para el calentamiento de agua, con esto se puede evidenciar que la población trabaja sobre el impacto ambiental, evitando así utilizar sistemas eléctricos o de gas.

#### **2.4.4. Nivel de educación**

El nivel de educación del barrio analizado es muy bueno, pese a que existen muchas personas de recursos económicos limitados, el analfabetismo está casi erradicado, existen personas que no han culminado etapas de educación como la primaria o la secundaria, sin embargo, saben leer y escribir. En este poblado existen 7 personas del total habitantes que equivalen al 1,8% que son analfabetos, no se encontraron casos de niños y jóvenes hasta la edad de 18 años que no sepan leer y escribir.

#### **2.4.5. Población económicamente activa (PEA)**

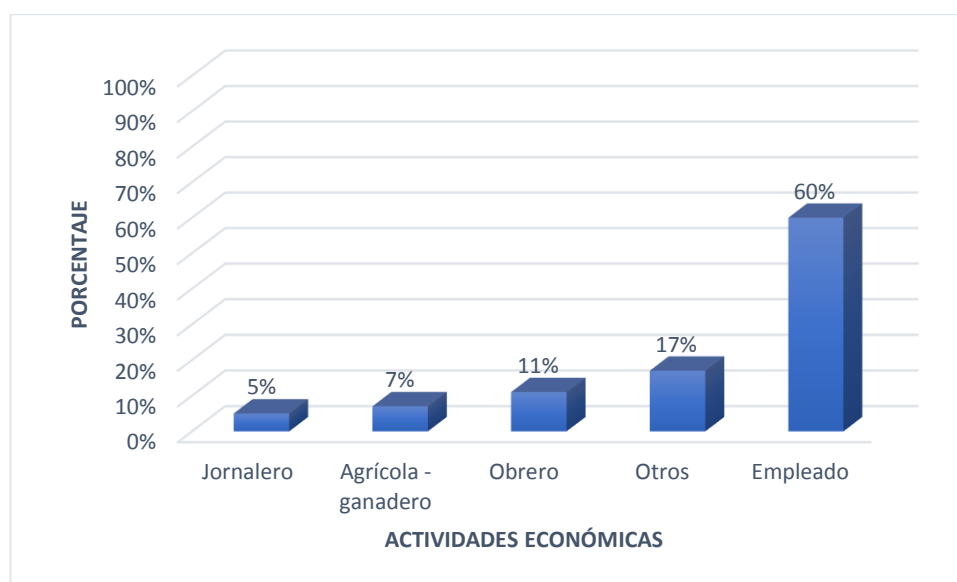
La población económicamente activa (PEA), la integran aquellas personas que cuentan con una ocupación que genere ingresos económicos, o que sin tenerla se la están buscando activamente, para el caso del barrio la Libertad, 167 personas forman parte de este importante grupo, quienes

representan el 42.7% del total de habitantes. En la Tabla 5 se detalla las principales actividades económicas a las que se dedican los moradores de La Libertad.

**Tabla 5.**

*Principales actividades económicas*

<b>Actividad económica</b>	<b>Número de personas</b>	<b>Porcentaje</b>
Jornalero	8	5%
Agrícola - ganadero	11	7%
Obrero	19	11%
Otros	28	17%
Empleado	101	60%
<b>Total</b>	<b>167</b>	<b>100%</b>



**Figura 2.** Principales actividades económicas del barrio la Libertad

En la Figura 2, la población económicamente activa en su mayoría está representada por aquellas personas cuya ocupación es ser empleado público o privado, mientras que las actividades agrícola y ganadera ocupan el tercer lugar, pero cabe recalcar que todavía existe varias personas

que se dedican a este tipo de actividades ya sea por herencia, o porque lo consideran un pasatiempo para satisfacer sus necesidades de consumo familiar.

#### **2.4.6. Ingreso Familiar Mensual**

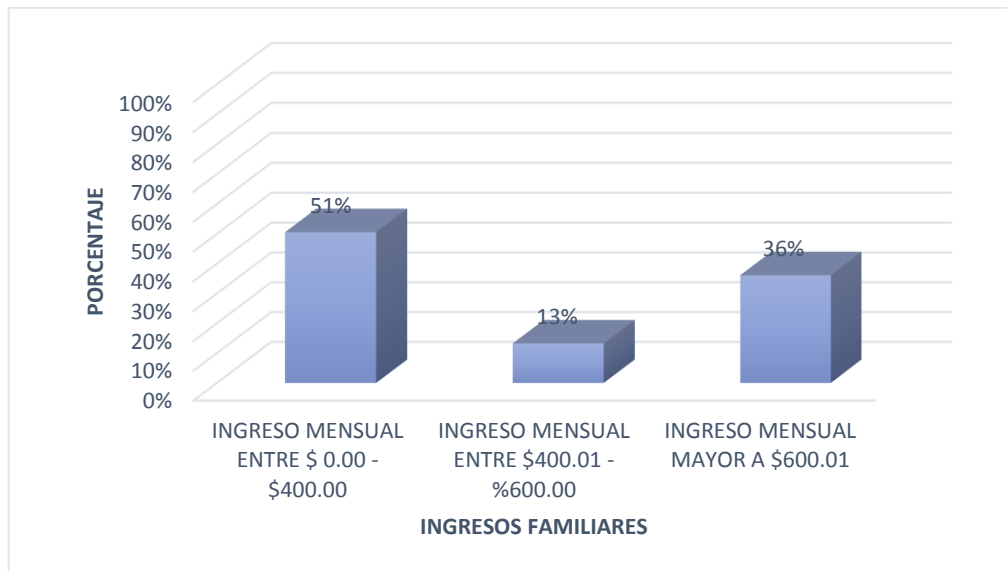
De los resultados de la encuesta socioeconómica se determinó que los ingresos de las 83 familias varían dentro de los siguientes rangos presentados en la Tabla 6.

**Tabla 6.**

*Ingresos mensuales familiares*

<b>Ingreso Mensual Familiar</b>	<b>Número de familias</b>	<b>Porcentaje</b>
Entre \$0.00 - \$400.00	42	51%
Entre \$400.01 - \$600.00	11	13%
Mayor a \$600.01	30	36%
Total	83	100%

Como se puede apreciar en la Figura 3, la mayoría de la población vive con ingresos menores a \$400,00 equivalente al 51% del total de la población, pero también se aprecia que el 13% de familias vive con ingresos entre \$400,01 a \$600,00 y un 36% de la población total que vive con ingresos mayores a \$600,01.



**Figura 3.** Ingresos mensuales familiares

#### **2.4.7. Abastecimiento de agua**

El resultado de la encuesta arroja información que el 99% de la población del barrio La Libertad cuenta con abastecimiento de agua conectado a una red pública y que además poseen conexión domiciliaria. Para el pago del servicio los moradores del lugar lo hacen a través de la Junta de Aguas del sector.

De acuerdo con la Secretaria del Agua - SENAGUA (2012) las Juntas de Aguas “son organizaciones comunitarias que tienen la finalidad de prestar servicios públicos de agua potable en las comunidades rurales” (pág. 6).



Su accionar “se fundamenta en criterios de equidad, solidaridad, interculturalidad, eficiencia económica, sostenibilidad de recurso hídrico, calidad en la prestación de los servicios y en el reparto del agua” (Secretaría del Agua - SENAGUA, 2012, pág. 12).

#### **2.4.8. Eliminación de excretas**

El barrio La Libertad cuenta con alcantarillado sanitario, sin embargo no abarca en su totalidad ya que 26 familias que no cuenta con este servicio. Estas familias hacen las descargas de aguas servidas mediante letrinas y letrinas de arrastre de agua. Además uno de los sistemas de alcantarillado existente no es óptimo ya que se convierte en un sistema de alcantarillado combinado en la vía principal “Marcelo Ayala”. El nuevo diseño mejorará este servicio para que la población se adapte a este nuevo sistema que además será separado sanitario-pluvial.

#### **2.4.9. Cooperación frente al proyecto**

De acuerdo con Guaigua & Yambay (2011) se tiene que:

La experiencia adquirida en todos los países del mundo demuestra que los programas de saneamiento rural, uno de cuyos elementos esenciales es la evacuación higiénica de excretas, no pueden llevarse a cabo con éxito sin la participación de la comunidad local. Para que sea verdaderamente eficaz, el saneamiento del medio, función básica de todo servicio sanitario integrado, necesita la comprensión, el apoyo y la participación activa de la población interesada. El mejoramiento puramente técnico de las condiciones del medio, sin una educación del público en higiene y saneamiento, basada en las costumbres, tradiciones y creencias locales ha resultado una y otra vez efímero. (pág. 53).

La población debe participar activamente para el desarrollo de proyectos dentro de la comunidad, ya que sin ese apoyo es imposible ejecutar actividades que mejoren la calidad de vida de las personas.

Dentro de la encuesta socioeconómica realizada se enmarca las actitudes hacia el esfuerzo comunitario, las respuestas fueron en su gran mayoría favorables para aportar al desarrollo del proyecto. El 78% de las familias encuestadas tienen una actitud favorable, mientras que el 22% tiene una postura de indiferente hacia el proyecto.

#### **2.4.10. Infraestructura - Servicios básicos**

El barrio La Libertad cuenta con los servicios básicos de energía eléctrica, telefonía convencional, internet y transporte público. En la Tabla 7, se muestra del total de las 83 familias encuestadas el número y porcentaje de familias con los servicios básicos mencionados.

**Tabla 7.**  
*Servicios básicos*

<b>Servicios básicos</b>	<b>Número de familias</b>	<b>Porcentaje</b>
Familias con luz eléctrica	79	95,2%
Familias con telefonía convencional	48	57,8%
Familias con internet	32	38,6%

La empresa eléctrica Quito brinda el servicio regularmente las 24 horas del día, existe alumbrado público en el alrededor de todo el barrio. Sin embargo en las zonas extremas cerca de la Y de salida hacia el barrio aledaño San Fernando hay 4 viviendas que no poseen este servicio.

Las familias que poseen luz eléctrica son 79 equivalentes al 95,2%. El barrio La Libertad cuenta con 48 familias equivalentes al 57,8% que poseen el servicio de telefonía convencional, también el barrio cuenta con 32 familias equivalentes al 38,6% que cuentan con servicio de internet.

## 2.5.Aspectos Naturales

### 2.5.1.Características climáticas

Los climas que se presentan en el cantón Rumiñahui son Clima Ecuatorial meso térmico húmedo, Ecuatorial Frio Húmedo y Páramo (GADMUR Rumiñahui, 2012, pág. 18). Para el presente proyecto se trabajará con la estación meteorológica IZOBAMBA de la Institución INAMHI, en la Tabla 8 se presenta los datos de la estación tales como el nombre, coordenadas, latitud, longitud, altitud, código y tipo.

**Tabla 8.**

*Datos estación meteorológica Izobamba*

<b>Datos Estación Meteorológica</b>					
Estación	Coordenadas		Altitud (msnm)	Código	Tipo
	Latitud	Longitud			
Izobamba	00°22'00"	78°33'00"	3058	M - 003	AG (Agro meteorológico)

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología-INAMHI, 2017)

### 2.5.2.Temperatura Ambiente

Para tener valores de temporales se ha evaluado en diferentes valores tanto mínimos, medios y máximos, siendo los mismos históricos del año 2016, del mes de Mayo de 2017 y del período 11 –

20 de Junio de 2017. En la Tabla 9, se detalla los valores medios anuales obtenidos en el año 2016 en la Estación Meteorológica Izobamba.

**Tabla 9.**

*Valores medios anuales de temperatura ambiente*

<b>Temperatura ambiente medios anuales (año 2016) (°C)</b>			
Estación	Mínima	Media	Máxima
Izobamba	2,7	20,7	21.8

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología-INAMHI, 2017, pág. 12)

En la Tabla 10, se presenta los valores medios mensuales correspondientes al mes de mayo del presente año 2017.

**Tabla 10.**

*Valores medios mensuales de temperatura ambiente*

<b>Temperatura ambiente medios mensuales (Mayo) (°C)</b>			
Estación	Mínima	Media	Máxima
Izobamba	4,2	12,6	20,4

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología-INAMHI, 2017, pág. 4)

Mientras que en la Tabla 11, se presenta los valores medios de la década correspondientes al período 11 – 20 de Junio del 2017.

**Tabla 11.**

*Valores medios de la década de temperatura ambiente*

<b>Temperatura ambiente medios (°C)</b>			
Estación	Mínima	Media	Máxima
Izobamba	19,4	12,1	19,4

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología-INAMHI, 2017, pág. 7)

### **2.5.3.Humedad relativa y nubosidad**

La humedad relativa en la zona es media, “tiene un valor promedio anual del 81%, el periodo donde la humedad relativa es baja corresponde a los meses de julio y agosto; son los meses que corresponden a la época seca” (Gobierno de Pichincha, 2012, pág. 41).

De acuerdo con el Gobierno de Pichincha (2012) “la nubosidad promedio anual es de 6 octavos, esta es bastante estable durante todo el año, los meses con nubosidad más baja son julio y agosto, esto se debe a que son los meses de menor precipitación en el año” (pág. 41).

### **2.5.4.Precipitación**

El Gobierno de Pichincha (2012) en su informe del Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la Parroquia Rumipamba expone que:

En el sector, en el mes de julio es semiárido durante el verano, y el resto de meses se presentan húmedos lo que indica que la temperatura no es suficiente como para evaporar en su totalidad a la precipitación que se presenta en la zona. (pág. 41).

La precipitación es cualquier estado en que llegue el agua (sólido, líquido y gaseoso) a la superficie terrestre desde el cielo.

En las siguientes tablas se presentan los valores de precipitación tanto a nivel anual, mensual y por décadas. La Tabla 12, presenta el valor de precipitación anual acumulada y el máximo en 24 horas obtenido en el año 2016 en la Estación Meteorológica Izobamba. Por otra parte en la Tabla 13 se presenta el valor de precipitación mensual acumulado en el mes de Mayo del 2017.

**Tabla 12.***Valores de precipitación anual*

<b>Precipitación anual acumulado (mm)</b>		
Estación	Acumulado	Máx. en 24 horas
Izobamba	1377,9	44.8 / marzo

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología-INAMHI, 2017, pág. 6)

**Tabla 13.***Valores de precipitación mensual*

<b>Precipitación anual acumulado (mm)</b>		
Estación	Acumulado	Máx. en 24 horas
Izobamba	215,8	330 / 9 - mayo

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología-INAMHI, 2017, pág. 4)

## CAPÍTULO III

### **3.Análisis poblacional**

El análisis poblacional permite conocer el crecimiento o decrecimiento en volumen y distribución sobre el territorio de una determinada zona; además es un factor importante dentro del diseño tanto de redes de agua potable y de alcantarillado, ya que determina la demanda total y da la dimensión a los componentes de los sistemas mencionados, así como también al tratamiento de aguas servidas.

#### **3.1.Población de diseño**

Para establecer la población de diseño se hace referencia a la encuesta socioeconómica efectuada para el presente proyecto ya que se realizó un recuento poblacional. Para obtener la tasa de crecimiento se utilizará la información existente en el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) y para la población se utilizará tres métodos aritmético, geométrico y exponencial.

##### **3.1.1.Población actual**

De acuerdo a la encuesta socioeconómica realizada la población actual del barrio La Libertad es de 391 personas.

### **3.1.2.Población futura**

Para el cálculo de la población futura “se harán las proyecciones de crecimiento utilizando por lo menos tres métodos conocidos (proyección aritmética, geométrica, Incrementos diferenciales, comparativo, etc.)” (Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN, 1997, pág. 18).

La población futura es “el número de habitantes que se espera tener al final del período de diseño” (Secretaría del Agua - SENAGUA, 2015, pág. 28).

### **3.2.Período de diseño**

La Secretaría del Agua – SENAGUA (2015) menciona que:

Las obras civiles de los sistemas de agua potable o disposición de residuos líquidos, se diseñarán para un período de 20 años. Los equipos se diseñarán para el período de vida útil especificado por los fabricantes. Se podrá adoptar un período de diseño diferente en casos justificados, sin embargo, en ningún caso la población futura será mayor que 1.25 veces la población presente. (pág. 28).

El período de diseño es el tiempo en que el sistema a implementarse debe funcionar en óptimas condiciones lo cual depende de la calidad de los materiales a utilizar y también que el sistema constructivo sea óptimo. En este período de tiempo el sistema debe estar 100% operativo.

En la Tabla 14, se muestra la vida útil de varios de tipos de materiales que se utilizan en un sistema de alcantarillado.



**Tabla 14.***Vida útil sugerida para los elementos de un sistema de alcantarillado*

<b>Componente</b>	<b>Vida útil (años)</b>
Diques grandes y túneles	50 a 100
Obras de captación	25 a 50
Pozos	10 a 25
Conducciones de hierro dúctil	40 a 50
Conducciones de asbesto cemento o PVC	20 a 30
Planta de tratamiento	30 a 40
Tanques de almacenamiento	30 a 40
Redes de distribución de acero o hierro dúctil	40 a 50
Redes de distribución de asbesto cemento o PVC	20 a 25
Otros materiales y equipos según especificaciones de fabricante	Variable

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN, 1992, pág. 41).

En este proyecto se trabajará para un período de 25 años.

### **3.3.Niveles de servicio**

En la norma del Instituto Ecuatoriano de Normalización – INEN (1997) se menciona que “para seleccionar el nivel de servicio, es muy importante tomar en cuenta la forma actual en la que se realiza el abastecimiento de agua, disposición de excretas o residuos líquidos, así como las necesidades, preferencias y sugerencias de los habitantes de la localidad” (pág. 31). En la Tabla 15, se puede apreciar los niveles de servicio.

**Tabla 15.**

*Nivel de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.*

<b>Nivel</b>	<b>Sistema</b>	<b>Descripción</b>
0	AP	Sistemas individuales.
	EE	Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económica del usuario.
Ia	AP	Grifos públicos.
	EE	Letrinas sin arrastre de agua.
Ib	AP	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño.
	EE	Letrinas sin arrastre de agua
IIa	AP	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa.
	EE	Letrinas con o sin arrastre de agua.
IIb	AP	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa.
	ERL	Sistema de alcantarillado sanitario

Fuente: (Secretaría del Agua - SENAGUA, 2015, pág. 30)

En donde: AP: Agua potable; EE: Eliminación de excretas; ERL: Eliminación de residuos líquidos. Como se puede observar, una vez ejecutado el proyecto se espera que el nivel de servicio en el barrio La Libertad sea el IIb.

### **3.4.Tasa de crecimiento**

Se trabajará en base a la información proporcionada por Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) para la Parroquia Rumipamba. En la Tabla 16, se detalla las poblaciones existentes en la Parroquia en el 2001 y 2010, mientras que en la Tabla 17, se describe las diferentes tasas de crecimiento anual en los periodos 2001-2010 y 1990-2001, por otra parte en la Tabla 18 se especifica las poblaciones existentes en la Parroquia de Sangolquí en el 2001 y 2010 y finalmente

en la Tabla 19, se puntualiza las diferentes tasas de crecimiento anual en los periodos 2001-2010 y 1990-2001.

**Tabla 16.**

*Poblaciones existentes en la Parroquia Rumipamba en el 2001 y 2010*

Código	Nombre de parroquia	2010			2001		
		Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total
170552	RUMIPAMBA	399	376	775	242	235	477

Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos - INEC, 2010).

**Tabla 17.**

*Tasas de crecimiento anual en la Parroquia Rumipamba los periodos 2001-2010 y 1990-2001.*

Código	Nombre de parroquia	Tasa de Crecimiento Anual 2001-2010			Tasa de Crecimiento Anual 1990 – 2001		
		Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total
170552	RUMIPAMBA	5,56%	5,22%	5,39%	0,91%	1,02%	0,96%

Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos - INEC, 2010).

**Tabla 18.**

*Poblaciones existentes en la Parroquia Sangolquí en el 2001 y 2010*

Código	Nombre de parroquia	2010			2001		
		Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total
170550	SANGOLQUÍ	39569	41571	81140	30611	31951	62562

Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos - INEC, 2010)

**Tabla 19.**

*Tasas de crecimiento anual en la Parroquia Sangolquí los periodos 2001-2010 y 1990-2001.*

Código	Nombre de parroquia	Tasa de Crecimiento Anual 2001-2010			Tasa de Crecimiento Anual 1990 – 2001		
		Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total
170550	SANGOLQUÍ	2.85%	2.92%	2.89%	3.29%	3.36%	3.33%

Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos - INEC, 2010).

En todos los proyectos tanto en ejecución como también los futuros del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Rumiñahui se trabaja con la tasa de crecimiento anual equivalente al 2,89%.

### 3.5.Métodos de estimación para la Población Futura

En los métodos para estimar la población futura se aplican la tasa de crecimiento anual, el periodo de diseño y la población actual. Aplicando la norma de diseño establecida por la Secretaria del Agua – SENAGUA se detallan a continuación los métodos para la estimación de la población futura:

- Método Aritmético  $Pf = Pa(1 + r * n)$  Ec. 3.1
- Método Geométrico  $Pf = Pa(1 + r)^n$  Ec. 3.2
- Método Exponencial  $Pf = Pa(e)^{r*n}$  Ec. 3.3

Donde:

**Pf:** Población futura

**Pa:** Población actual

**r:** Tasa anual de crecimiento

**n:** Período de diseño

En la Tabla 20, detallada anteriormente, se observa la Población Futura para diferentes períodos siendo 25 años el período de diseño del presente proyecto.

De acuerdo con la Secretaria del Agua – SENAGUA para poblaciones rurales se recomienda que “para el cálculo de la población futura se emplee el método geométrico” (Secretaria del Agua - SENAGUA, 2015, pág. 28). Por lo tanto la población futura del barrio La Libertad es de 797 personas.

**Tabla 20.**  
*Cálculo de la población futura*

Período	Año	Población Futura (habitantes)		
		Método Geométrico	Método Aritmético	Método Exponencial
0	2017	391	391	391
1	2018	402	402	402
2	2019	414	414	414
3	2020	426	425	426
4	2021	438	436	439
5	2022	451	447	452
6	2023	464	459	465
7	2024	477	470	479
8	2025	491	481	493
9	2026	505	493	507
10	2027	520	504	522
11	2028	535	515	537
12	2029	550	527	553
13	2030	566	538	569
14	2031	583	549	586
15	2032	599	560	603
16	2033	617	572	621
17	2034	635	583	639
18	2035	653	594	658
19	2036	672	606	677
20	2037	691	617	697
21	2038	711	628	717
22	2039	732	640	738
23	2040	753	651	760
24	2041	775	662	782
25	2042	797	673	805

### 3.6.Densidad Poblacional Futura

El barrio La Libertad utiliza un área de influencia directa de 20.42 hectáreas, conformada por 83 familias para un total de 391. La densidad poblacional sale de la relación entre la población futura y el área total de influencia directa.

$$Densidad Futura = \frac{Población fututa}{área de influencia directa} = \frac{797}{20,42} = 39.03 Hab/Ha$$

## CAPÍTULO IV

### **4.Bases de Diseño**

#### **4.1.Áreas de aportación**

Para las áreas de aportación “se considerará los diversos usos del suelo (residencial, comercial, industrial, institucional y público). Se incluirán las zonas de futuro desarrollo y se determina de acuerdo al levantamiento topográfico” (Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN, 1992, pág. 185).

En los planos del proyecto correspondientes al ANEXO M se encuentran los planos de las áreas de aportación tanto del sistema de alcantarillado existente y del diseño del sistema de alcantarillado separado.

#### **4.2.Dotación**

Según la información proporcionada por el Instituto Ecuatoriano de Normalización – INEN (1992) de la norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes recomienda “una dotación de 120 a 150 l/hab.\*día para clima frío y de 130 a 160 l/hab.\*día para clima templado” (pág. 42). Sin embargo, para establecer la dotación del proyecto se aplicó el método de lectura de medidores en tres diferentes zonas del barrio “La Libertad” debido a los requerimientos y exigencias del GADMUR.

### **4.3.Lectura de medidores**

Las lecturas de los medidores fueron tomadas en tres diferentes zonas. En la zona sur se tomó la lectura de 5, en la zona central de 15 y en la zona norte de 5, dando un total de 25 medidores. Las lecturas se registraron a la misma hora desde las 12:00 p.m. hasta las 12:50 p.m. durante el lapso de 7 días. En la Tabla 21 se registran las lecturas de los medidores y el número de habitantes por vivienda, mientras que en la Tabla 22 se presenta los resultados obtenidos del consumo diario total, y el consumo medio diario por habitante.



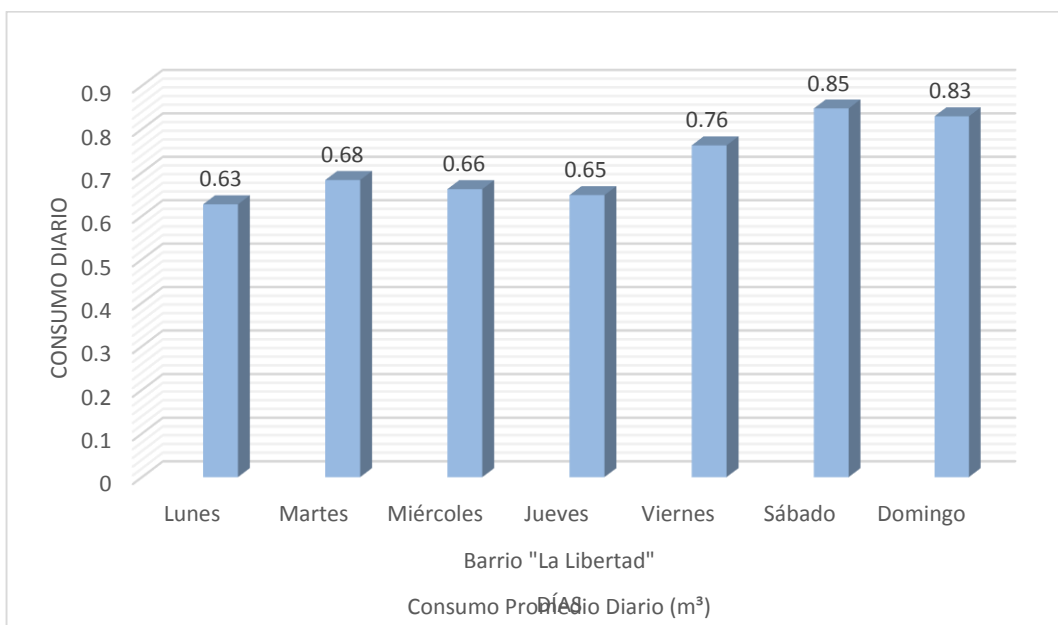
**Tabla 21.***Lectura de medidores de 25 viviendas (en m3).*

<b>Lote</b>	<b>Número de habitantes</b>	<b>Hora</b>	<b>Lectura inicial</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>	<b>Sábado</b>	<b>Domingo</b>
1		4 12:00 p.m.	180,60	181,00	181,60	182,80	184,10	184,20	185,30	185,90
2		2 12:00 p.m.	928,80	929,10	929,50	929,80	930,10	930,60	930,90	931,10
3		1 12:05 p.m.	710,70	710,90	711,20	711,30	711,40	711,70	711,90	712,10
4		5 12:05 p.m.	308,00	308,60	310,10	311,00	311,80	312,50	313,10	313,90
5		3 12:05 p.m.	814,70	814,90	815,20	815,70	816,10	816,50	817,00	817,70
6		9 12:15 p.m.	2063,00	2064,10	2066,00	2067,50	2068,50	2069,50	2072,20	2072,70
7		5 12:15 p.m.	820,40	821,30	821,80	822,20	822,70	823,60	824,10	824,70
8		4 12:15 p.m.	767,40	767,90	768,30	768,90	769,20	769,60	770,00	770,80
9		6 12:20 p.m.	890,10	890,50	891,20	891,80	892,60	893,10	893,40	894,60
10		3 12:20 p.m.	4767,50	4767,90	4768,10	4768,40	4768,70	4769,80	4769,90	4770,20
11		4 12:20 p.m.	1831,00	1832,00	1832,30	1833,00	1833,80	1834,60	1835,20	1836,30
12		5 12:25 p.m.	295,10	296,30	296,70	297,60	298,40	299,40	300,70	301,10
13		6 12:25 p.m.	326,10	326,90	327,80	328,60	329,20	330,50	331,90	333,60
14		7 12:25 p.m.	381,00	381,90	382,70	383,60	384,70	385,90	386,90	388,60
15		5 12:30 p.m.	1891,10	1891,90	1892,60	1893,60	1894,30	1895,00	1896,80	1897,50
16		4 12:30 p.m.	386,00	386,80	387,70	388,10	388,70	389,20	389,60	390,90
17		2 12:30 p.m.	665,10	665,50	665,90	666,30	666,50	666,80	667,00	667,70
18		4 12:35 p.m.	772,30	772,80	773,20	773,80	774,20	775,00	775,90	776,90
19		4 12:35 p.m.	833,40	833,80	834,10	834,90	835,50	836,20	837,10	838,40
20		2 12:35 p.m.	4563,20	4563,60	4564,10	4564,40	4564,80	4565,00	4565,30	4565,50
21		6 12:45 p.m.	4758,30	4759,10	4760,00	4760,80	4761,50	4762,10	4763,60	4764,50
22		4 12:45 p.m.	788,50	789,00	789,50	789,90	790,70	791,10	792,30	792,90
23		6 12:45 p.m.	645,20	645,70	646,80	647,20	648,00	650,10	650,80	651,10
24		9 12:50 p.m.	2032,00	2033,10	2034,50	2035,60	2036,70	2038,10	2039,00	2040,70
25		6 12:50 p.m.	621,10	621,80	622,50	623,10	623,90	625,10	626,50	627,70

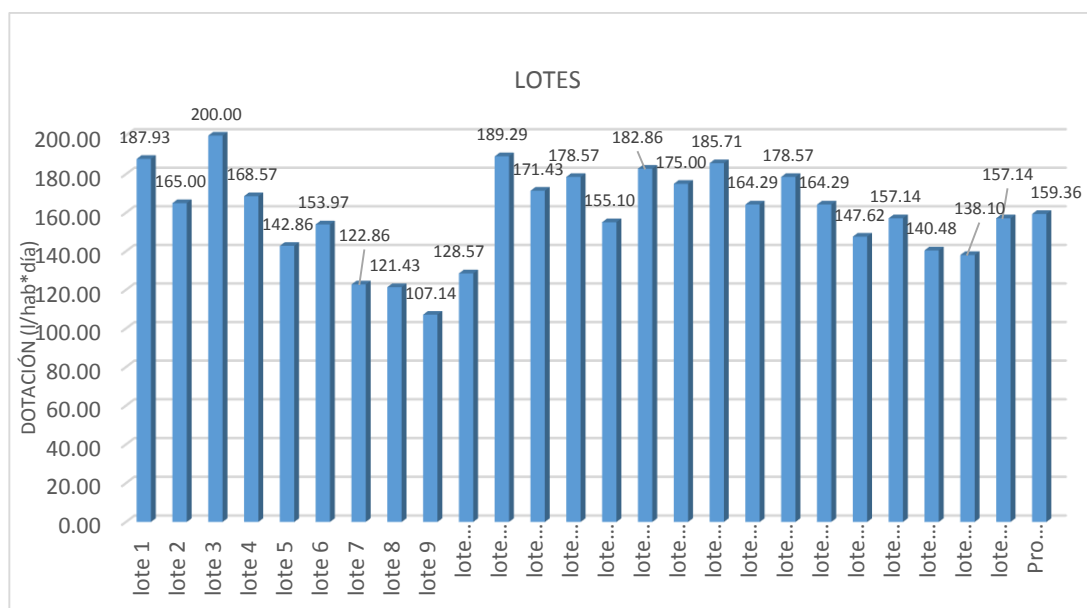
**Tabla 22.***Consumo promedio diario y dotación*

<b>Lote</b>	<b># de habitantes</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>	<b>Sábado</b>	<b>Domingo</b>	<b>Dotación (l/hab.*día)</b>
1	4	0,33	0,60	1,23	1,3	0,13	1,09	0,58	187,93
2	2	0,24	0,47	0,31	0,3	0,43	0,3	0,26	165,00
3	1	0,2	0,3	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	200,00
4	5	0,6	1,5	0,9	0,8	0,7	0,6	0,8	168,57
5	3	0,2	0,3	0,5	0,4	0,4	0,5	0,7	142,86
6	9	1,1	1,9	1,5	1,0	1,0	2,7	0,5	153,97
7	5	0,9	0,5	0,4	0,5	0,9	0,5	0,6	122,86
8	4	0,5	0,4	0,6	0,3	0,4	0,4	0,8	121,43
9	6	0,4	0,7	0,6	0,8	0,5	0,3	1,2	107,14
10	3	0,4	0,2	0,3	0,3	1,1	0,1	0,3	128,57
11	4	1,0	0,3	0,7	0,8	0,8	0,6	1,1	189,29
12	5	1,2	0,4	0,9	0,8	1,0	1,3	0,4	171,43
13	6	0,8	0,9	0,8	0,6	1,3	1,4	1,7	178,57
14	7	0,9	0,8	0,9	1,1	1,2	1,0	1,7	155,10
15	5	0,8	0,7	1,0	0,7	0,7	1,8	0,7	182,86
16	4	0,8	0,9	0,4	0,6	0,5	0,4	1,3	175,00
17	2	0,4	0,4	0,4	0,2	0,3	0,2	0,7	185,71
18	4	0,5	0,4	0,6	0,4	0,8	0,9	1,0	164,29
19	4	0,4	0,3	0,8	0,6	0,7	0,9	1,3	178,57
20	2	0,4	0,5	0,3	0,4	0,2	0,3	0,2	164,29
21	6	0,8	0,9	0,8	0,7	0,6	1,5	0,9	147,62
22	4	0,5	0,5	0,4	0,8	0,4	1,2	0,6	157,14
23	6	0,5	1,1	0,4	0,8	2,1	0,7	0,3	140,48
24	9	1,1	1,4	1,1	1,1	1,4	0,9	1,7	138,10
25	6	0,7	0,7	0,6	0,8	1,2	1,4	1,2	157,14
<b>Promedio</b>		15,67	17,07	16,54	16,2	19,06	21,19	20,74	159,36

En las siguientes gráficas se detalla los resultados obtenidos del consumo diario total, y el consumo medio diario por habitante.



**Figura 4.** Consumo promedio diario en el barrio “La Libertad”



**Figura 5.** Dotación en el barrio “La Libertad”

El consumo medio diario promedio obtenido por habitante es de 159.36 l/hab.\*día, por lo visto tanto en la recomendación del Instituto Ecuatoriano de Normalización – INEN (1992) de la norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes y en la lectura de medidores, para el presente proyecto se trabajará con una dotación de 160 l/hab.\*día.

#### **4.4.Caudales de diseño**

Para determinar los caudales de diseño se basan en el tipo de sistema de alcantarillado. Para un sistema de alcantarillado sanitario aportan los caudales de aguas residuales, de infiltración y de aguas ilícitas, en cambio para un sistema de alcantarillado pluvial aporta el caudal de aguas lluvias.

La Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural de la Secretaria del Agua – SENAGUA (2015), menciona que:

Para el cálculo del caudal de diseño se considerará el caudal de aguas residuales, un aporte de aguas ilícitas y un caudal de aguas de infiltración hacia los colectores. El proyectista deberá justificar los parámetros y criterios adoptados para el cálculo de los caudales de diseño. (pág. 40).

#### 4.5.Caudal de aguas residuales

Según la Secretaría del Agua – SENAGUA (2015), las aguas residuales a ser evacuadas por el sistema de alcantarillado sanitario están constituidas por:

- Aguas residuales domésticas;
- Aguas residuales industriales pre tratadas;
- Contribución por infiltración; y,
- Conexiones clandestinas (pág. 276).

Basados en el código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural del Instituto Ecuatoriano de Normalización – INEN (1997) “se determina los siguientes parámetros de diseño para determinar el caudal medio y caudal máximo diario” (pág. 20).

$$Q_m = \frac{c * (P * D)}{86400} \quad 4.1$$

**Donde:**

**Q<sub>m</sub>:** Caudal medio (l/s)

**c:** coeficiente de retorno (0,7 – 0,8)

**P:** Población al final del período de diseño

**D:** Dotación futura (l/hab.\*día)

El caudal máximo diario, se calculará con la siguiente ecuación:

$$QMD = Qm * M$$

**Donde:**

**QMD:** Caudal máximo diario

**M:** Factor de mayoración máximo diario

#### 4.5.1. Coeficiente de retorno

Para determinar el coeficiente de retorno de aguas servidas domésticas se puede hacer uso de la siguiente de la Tabla 23.

**Tabla 23.**

*Valores para el coeficiente de retorno de aguas servidas domésticas*

<b>Nivel de complejidad del sistema</b>	<b>Coeficiente de retorno</b>
Bajo y medio	0,7 – 0,8
Medio alto y alto	0,8 – 0,85

Fuente: (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable - EMAAP QUITO, 2009, pág.

30).

Para el presente proyecto se considera trabajar con un valor de 0,8 para el coeficiente de retorno.

#### 4.5.2. Coeficiente de mayoración

El coeficiente de flujo máximo “es la relación entre el caudal medio diario el caudal máximo horario” (Organización Panamericana de la salud, 2005, pág. 21).

De acuerdo con la (Organización Panamericana de la salud, 2005) “el coeficiente de flujo máximo podrá ser obtenido mediante las siguientes ecuaciones, es importante observar que este coeficiente tiene una relación inversa con el tamaño de la población:” (pág. 21).

$$M = \frac{QMD}{Qm} = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}} \text{ (Fórmula de Harmon)} \quad 4.3$$

$$M = \frac{QMD}{Qm} = \frac{5}{P^{0.2}} \text{ (Fórmula de Babbit)} \quad 4.4$$

$$M = \frac{QMD}{Qm} = \frac{7}{P^{0.1}} \text{ (Fórmula de Flores)} \quad 4.5$$

$$M = \frac{QMD}{Qm} = \frac{2.228}{Qm^{0.073325}} ; Qm > 4 \text{ l/s (Fórmula de Popel)} \quad 4.6$$

$$M = \frac{QMD}{Qm} = 4; Qm < 4 \text{ l/s (Fórmula de Popel)} \quad 4.7$$

**Donde:**

**P:** Población en millares de habitantes.

**p:** Población en habitantes.

Cabe recalcar que “la aplicación de la fórmula de Babbit se restringe para una población máxima de 1000 habitantes y la fórmula de Popel es la más utilizada en nuestro medio” (Celi & Pesantez, 2012, pág. 29).

Se puede utilizar cualquiera de estas tres metodologías, sin embargo el Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos

en el área rural del Instituto Ecuatoriano de Normalización – INEN (1992) “se recomienda que para poblaciones menores a 100 habitantes se utilice un factor de mayoración  $M = 4$ ” (pág. 41).

Por todo lo mencionado, para el presente proyecto se trabajará con la fórmula de Popel ya que es la más utilizada en nuestro medio.

#### 4.6.Caudal de infiltración

La norma de diseño de sistemas de alcantarillado de la Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable – EMAAP QUITO (2009) menciona que:

Es inevitable la infiltración de aguas subsuperficiales a las redes de sistemas de alcantarillado sanitario, que puede ser por deficiencias en el proceso constructivo tanto en juntas y en la unión de tuberías con pozos de inspección. (pág. 33).

En la Tabla 24, se muestra valores de infiltración en l/s-ha, dependiendo del nivel de complejidad del sistema que se relaciona con las características topográficas, tipo de suelo, precipitación y niveles freáticos.

**Tabla 24.**

*Valores del factor de infiltración dependiendo del nivel de complejidad del sistema*

<b>Nivel de complejidad del sistema</b>	<b>Infiltración alta (l/s-ha)</b>	<b>Infiltración media (l/s-ha)</b>	<b>Infiltración baja (l/s-ha)</b>
Bajo y medio	0.1 – 0.3	0.1 – 0.3	0.05 - 0.2
Medio alto y alto	0.15 – 0.4	0.1 – 0.3	0.05 – 0.2

Fuente: (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable - EMAAP QUITO, 2009, pág.

33).



Para el presente proyecto se considera un nivel de complejidad bajo y medio y una infiltración media por lo que se trabajará con un coeficiente de 0.1.

Por lo mencionado en la Tabla 24, para estimar el caudal de infiltración se puede concluir la siguiente fórmula:

$$Q \text{ infiltración} = 0.1 * \text{Área de Aportación} \quad 4.8$$

#### 4.7.Caudal de aguas ilícitas

La norma de diseño de sistemas de alcantarillado de la Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable – EMAAP QUITO (2009) menciona que:

Es procedente de conexiones erradas o clandestinas que incorporan al sistema aguas pluviales. Deben considerarse los aportes de aguas lluvias al sistema de alcantarillado sanitario, provenientes de malas conexiones de bajantes de tejados y patios. Estos aportes son en función sobre las medidas de efectividad y control de las conexiones domiciliarias. (pág. 32).

En la Tabla 25 y Tabla 26, se muestran valores de aportes máximos por drenaje domiciliario de aguas lluvias sin sistema pluvial y con sistema pluvial en l/s-ha, dependiendo del nivel de complejidad del sistema.

#### **Tabla 25.**

*Aportes máximos por drenaje domiciliario de aguas lluvias sin sistema pluvial.*

<b>Nivel de complejidad del sistema</b>	<b>Aporte (l/s-ha)</b>
Bajo y medio	4 - 20
Medio alto y alto	2 - 20

Fuente: (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable - EMAAP QUITO, 2009, pág. 33).

**Tabla 26.**

*Aportes máximos por drenaje domiciliario de aguas lluvias con sistema pluvial.*

<b>Nivel de complejidad del sistema</b>	<b>Aporte (l/s-ha)</b>
Bajo y medio	0,2 – 2
Medio alto y alto	0,1 – 1

Fuente: (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable - EMAAP QUITO, 2009, pág. 33).

Para el presente proyecto se considera un nivel de complejidad bajo y medio por lo que se trabajará con un aporte entre 0,1 a 1 l/s-hab.

Por lo mencionado en la Tabla 25, para estimar el caudal de aguas ilícitas se puede concluir la siguiente fórmula:

$$Q \text{ aguas ilícitas} = (0,1 - 1) * \text{Área de Aportación} \quad 4.9$$

#### **4.8.Caudal de aguas lluvias**

Para el cálculo de los caudales del escurrimiento superficial directo, “se podrán utilizar tres enfoques básicos: el método racional; el método del hidrograma unitario sintético y el análisis estadístico, basado en datos observados de escurrimiento superficial” (Secretaría del Agua - SENAGUA, 2015, pág. 277).

Para el presente proyecto se utilizará el método racional, ya que como menciona La Secretaría del Agua – SENAGUA (2015): “el método racional se utilizará para la estimación del escurrimiento superficial en cuencas tributarias con una superficie inferior a 100 ha” (pág. 277).

### 4.8.1.El Método Racional

Según La Secretaría del Agua – SENAGUA (2015): “el caudal de escurrimiento se lo aplicará mediante la fórmula”: (pág. 289).

$$Q \text{ aguas lluvias} = 0.00278 * C * I * A \quad 4.9$$

**Donde:**

**Q:** Caudal de escurrimiento en  $m^3/s$ .

**C:** Coeficiente de escurrimiento (adimensional).

**I:** Intensidad de lluvia para una duración de lluvias, igual al tiempo de concentración de la cuenca en estudio, en mm/h.

**A:** Área de la cuenca, en ha.

### 4.8.2.Coeficiente de escurrimiento

“Para la determinación del coeficiente C deberá considerarse los efectos de infiltración, almacenamiento por retención superficial, evaporación, etc. Para frecuencias entre 2 y 10 años se recomienda los valores de C detallados en la Tabla 27” (Secretaría del Agua - SENAGUA, 2015, pág. 289) .

**Tabla 27.***Valores del coeficiente de escurrimiento.*

<b>Tipo de zona</b>	<b>Valores de C</b>
Zonas centrales densamente construidas, con vías y calzadas pavimentadas	0,7 – 0,9
Zonas adyacentes al centro de menor densidad poblacional con calles pavimentadas	0,7
Zonas residenciales medianamente pobladas	0,55 – 0,65
Zonas residenciales con baja densidad	0,35 – 0,55
Parques, campos de deportes	0,1 – 0,2

Fuente: (Secretaría del Agua - SENAGUA, 2015, pág. 289)

La Secretaría del Agua – SENAGUA (2015) menciona que “cuando sea necesario calcular un coeficiente de escurrimiento compuesto, basado en porcentajes de diferentes tipos de superficie se podrá utilizar los valores que se presentan en la siguiente tabla:” (pág. 290).

**Tabla 28.***Valores del coeficiente de escurrimiento C para diversos tipos de superficie.*

<b>Tipo de Superficie</b>	<b>C</b>
Cubierta metálica o teja vidriada	0,95
Cubierta con teja ordinaria o impermeabilizada	0,90
Pavimentos asfálticos en buenas condiciones	0,85 a 0,9
Pavimentos de hormigón	0,8 a 0,85
Empedrados (juntas pequeñas)	0,75 a 0,8
Empedrados (juntas ordinarias)	0,4 a 0,5
Pavimentos de macadam	0,25 a 0,6
Superficies no pavimentadas	0,1 a 0,3
Parques y jardines	0,05 a 0,25

Fuente: (Secretaría del Agua - SENAGUA, 2015, pág. 290)

Para el presente proyecto se considera trabajar con un valor ponderado del coeficiente de escurrimiento igual a 0.58, el cual se encuentra especificado en el ANEXO E.

### **4.8.3.Período de retorno**

“El período de retorno es el lapso promedio en años entre la ocurrencia de un evento de igual o mayor a una magnitud dada” (Ocampo, 2013, pág. 46).

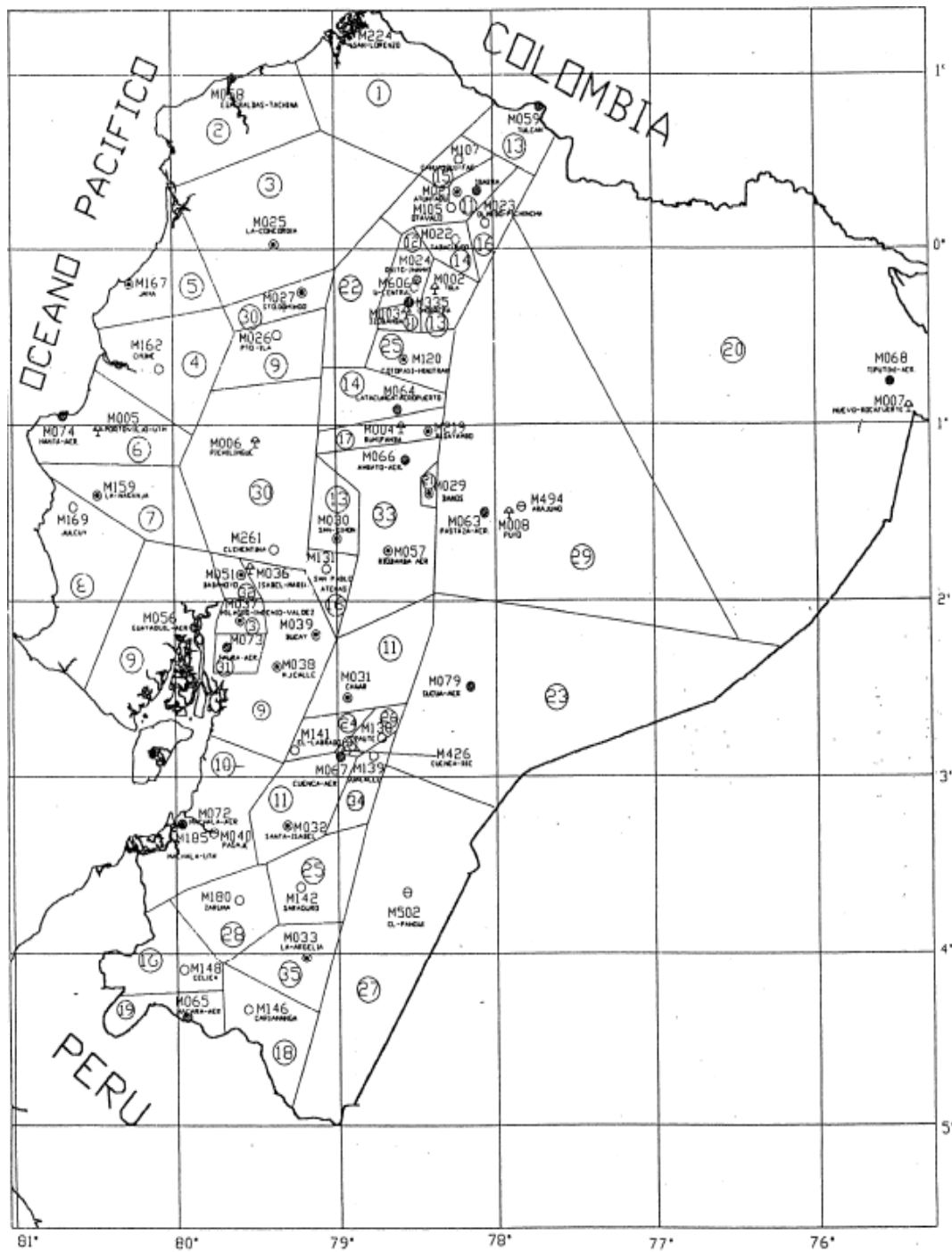
La Secretaría del Agua – SENAGUA (2015) menciona que:

Se establece que el periodo de retorno para la frecuencia de las lluvias para el diseño, varíe entre 2 y 10 años. De acuerdo con las características de la zona, para el presente proyecto se escoge un periodo de 5 años. (pág. 278).

### **4.8.4.Intensidad de aguas lluvias**

Para el estudio hidrológico en el área de influencia del proyecto, se utiliza la información generada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) que corresponde al estudio de lluvias intensas y zonificación de intensidades de precipitación para varios períodos de diseño.

En base a lo mencionado la intensidad de lluvia ( $I_{TR}$ ) se la calcula en base a la zonificación de intensidades a través de las ecuaciones representativas de las zonas establecidas en la siguiente figura correspondiente al mapa de zonificación de intensidades de precipitación.



**Figura 6.** Mapa de zonificación de intensidades de precipitación

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología - INAMHI, 1999, pág. 84)

En este estudio elaborado por el INAMHI, dividen al Ecuador en 35 zonas, con una ecuación representativa para cada una de ellas. El área de influencia del proyecto está ubicado en la zona 25.

Según la zonificación de Intensidades del estudio de lluvias intensas del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), la ecuación dependiendo del tiempo de concentración para la zona 25 se muestra en la Tabla 29.

**Tabla 29.**

*Zonificación de Intensidades*

<b>Zona</b>	<b>Duración</b>	<b>Ecuación</b>
25	5 min < 120 min	$I_{TR} = 97,389 * Id_{TR} * t^{-0.6117}$
	60 min < 1440 min	$I_{TR} = 125,73 * Id_{TR} * t^{-0.6643}$

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología - INAMHI, 1999, pág. 17)

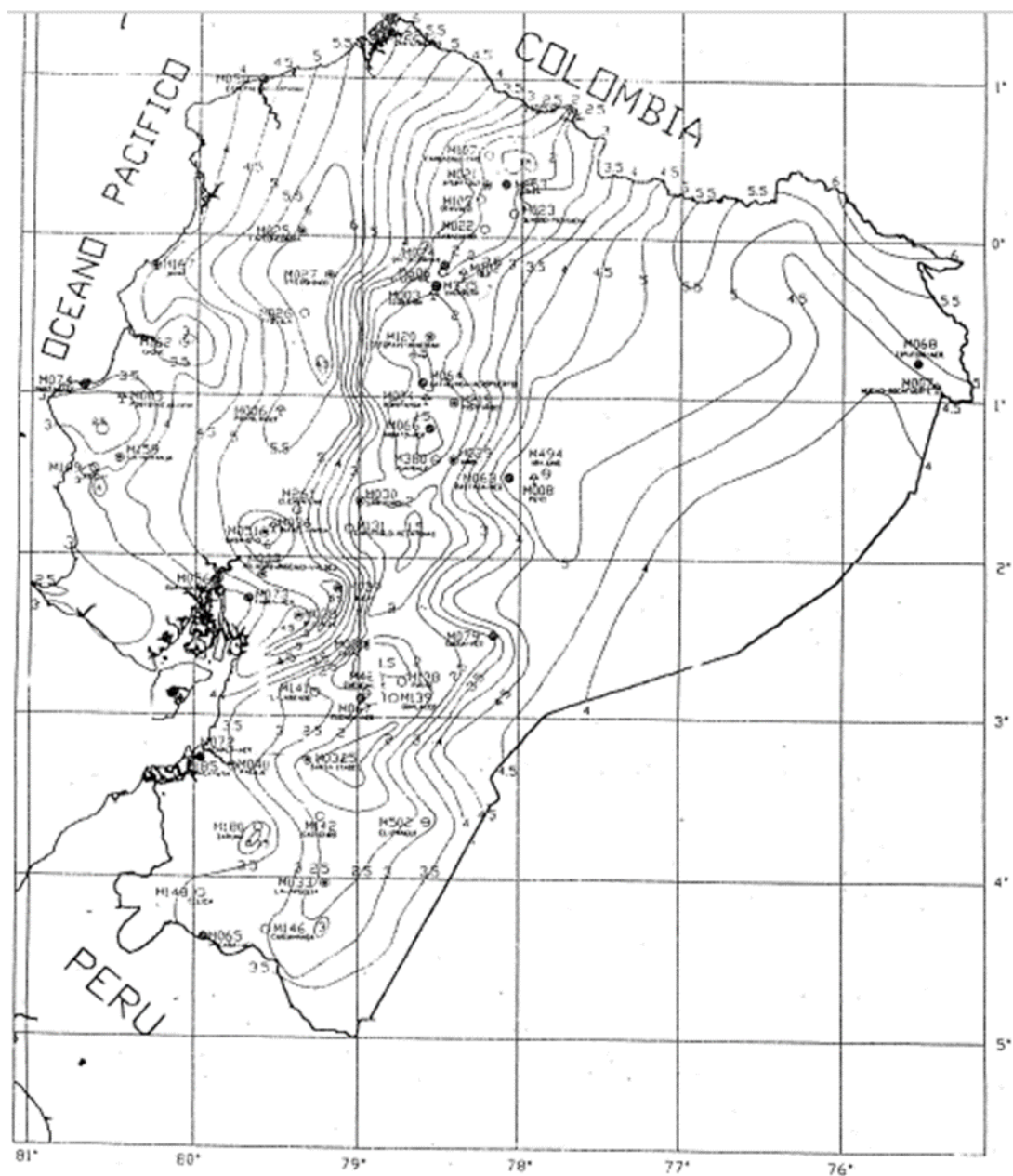
#### **4.8.5. Tiempo de concentración**

El tiempo de concentración es “definido como el tiempo de viaje del agua de lluvia caída en el punto más alejado de la sección de desagüe de una cuenca hasta llegar a dicha sección de desagüe, del punto más alejado hacia el primer sumidero” (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable - EMAAP QUITO, 2009, pág. 87).

#### **4.8.6. Intensidad máxima diaria**

Según la zonificación de Intensidades del estudio de lluvias intensas del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), existen mapas para varios períodos de retorno de isolíneas

de intensidad de precipitación en función de la máxima en 24 horas ( $I_{dTR}$ ).



**Figura 7.** Isolíneas de intensidad de precipitación en función de la máxima en 24 horas, con un tiempo de concentración de 5 años

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología - INAMHI, 1999).



Según la ubicación de la zonificación de las intensidades de precipitación y las isolíneas de intensidad de precipitación en función de la máxima en 24 horas para un tiempo de concentración  $TR = 5$  años se tiene que  $Id_{TR} = 2 \text{ mm/h}$ .

En el presente proyecto se regirá trabajar con las normas establecidas por el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Rumiñahui las cuales están descritas en el ANEXO D las ecuaciones propuestas en este apartado tienen un factor de seguridad y arrojan Intensidades de lluvia más altas que las ecuaciones propuestas por el INAMHI y el trabajar con estas ecuaciones han hecho que no se tenga colapsos en las estructuras de los alcantarillados pluviales de la zona.

#### **4.9.Red de tuberías y colectores**

##### **4.9.1.Diámetros mínimos**

De acuerdo con La Secretaría del Agua – SENAGUA (2015) “el diámetro mínimo que deberá usarse en sistemas de alcantarillado será 200 mm para alcantarillado sanitario y 250 mm para alcantarillado pluvial” (pág. 189).

##### **4.9.2.Relleno mínimo**

La Secretaría del Agua – SENAGUA (2015) menciona que:

La red de alcantarillado sanitario se diseñará de manera que todas las tuberías pasen por debajo de las de agua potable debiendo dejarse una altura libre proyectada de 0,3 m cuando ellas sean paralelas y de 0,2 m cuando se crucen. Cuando la tubería deba soportar tránsito vehicular, para su seguridad se considerará un relleno mínimo de 1,2 m (pág. 189).

### 4.9.3. Velocidades mínimas en tuberías de alcantarillado

De acuerdo con La Secretaría del Agua – SENAGUA (2015):

La velocidad del líquido en los colectores, sean estos primarios, secundarios o terciarios, bajo condiciones de caudal máximo instantáneo, en cualquier año del período de diseño, no sea menor que 0,40 m.s-1, para impedir la acumulación de gas sulfhídrico en el líquido; en alcantarillado pluvial la velocidad mínima será de 0.9 m.s-1” (pág. 190).

Con lo establecido se asegura que la velocidad de flujo asegure la capacidad de auto limpieza de los conductos.

### 4.9.4. Velocidades máximas en alcantarillado y coeficiente de rugosidad.

Las velocidades máximas admisibles varían dependiendo del tipo de material de las tuberías de alcantarillado. En la Tabla 30, se detalla las velocidades máximas admisibles dependiendo del tipo de material y el coeficiente de rugosidad recomendado.

**Tabla 30.**

*Velocidades máximas a tubo lleno y coeficientes de rugosidad recomendados.*

<b>Material</b>	<b>Velocidad máxima (m/s)</b>	<b>Coefficiente de rugosidad</b>
Hormigón simple Con uniones de mortero	4	0,013
Hormigón simple 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: (Secretaría del Agua - SENAGUA, 2015, pág. 190)

#### 4.9.5. Diámetros recomendados de pozos de revisión

“La abertura superior del pozo será como mínimo 0,6 m.” (Secretaría del Agua - SENAGUA, 2015, pág. 191).

El diámetro “del cuerpo del pozo en función del diámetro de la máxima tubería conectada al mismo, se considera de acuerdo a la siguiente tabla.” (Secretaría del Agua - SENAGUA, 2015, pág. 191).

**Tabla 31.**

*Diámetros recomendados de pozos de revisión*

<b>Diámetro de la tubería (mm)</b>	<b>Diámetro del pozo (m)</b>
Menor o igual a 550	0,9
Mayor a 550	Diseño especial

Fuente: (Secretaría del Agua - SENAGUA, 2015, pág. 192).

#### 4.9.6. Distancia máxima entre pozos de revisión

A continuación en la Tabla 32, se presenta las distancias máximas entre pozos de revisión que depende del diámetro de la tubería.

**Tabla 32**

*Distancias máximas entre pozos de revisión*

<b>Diámetro de la tubería (mm)</b>	<b>Distancias máximas entre pozos (m)</b>
Menor a 350	100
400 - 800	150

Fuente: (Secretaría del Agua - SENAGUA, 2015, pág. 27).

## CAPÍTULO V

### **5.Catastro de las redes de alcantarillado existentes**

El objetivo fundamental es determinar si las condiciones físicas de todos los componentes son óptimos o estables, para que se acoplen y continúen siendo parte de este nuevo proyecto. Adicional, la evaluación hidráulica permitirá estimar si las tuberías tienen las condiciones de transportar los caudales que se ha contemplado en este proyecto. Finalmente este catastro determinará si las condiciones actuales de funcionamiento cumplen con las normas que rige el GADMUR

#### **5.1.Actividades y parámetros establecidos para el catastro de las redes de alcantarillado existentes**

Para obtener el catastro de las redes existentes fue necesario seleccionar información que ayude a realizar la evaluación física e hidráulica del sistema de alcantarillado en el barrio. Para esto fue necesaria la información anteriormente recolectada: todo esto con el objetivo de obtener la planimetría de las redes existentes que determinen la ubicación geográfica y las cotas de las tapas de los pozos se procedió a realizar la nivelación pozo a pozo que permitirán obtener dicha actividad.

La planimetría de los pozos se encuentra en el ANEXO M correspondiente a los planos de las redes de alcantarillado existentes en el barrio “La Libertad”. Para determinar la evaluación física se realizó los trabajos de nivelación y georreferenciación de pozos, levantamiento de fichas

catastrales, inspección de los pozos de revisión y el traspaso de una cámara de inspección por el interior de las tuberías. Los alcances de realizar el catastro del alcantarillado existente son:

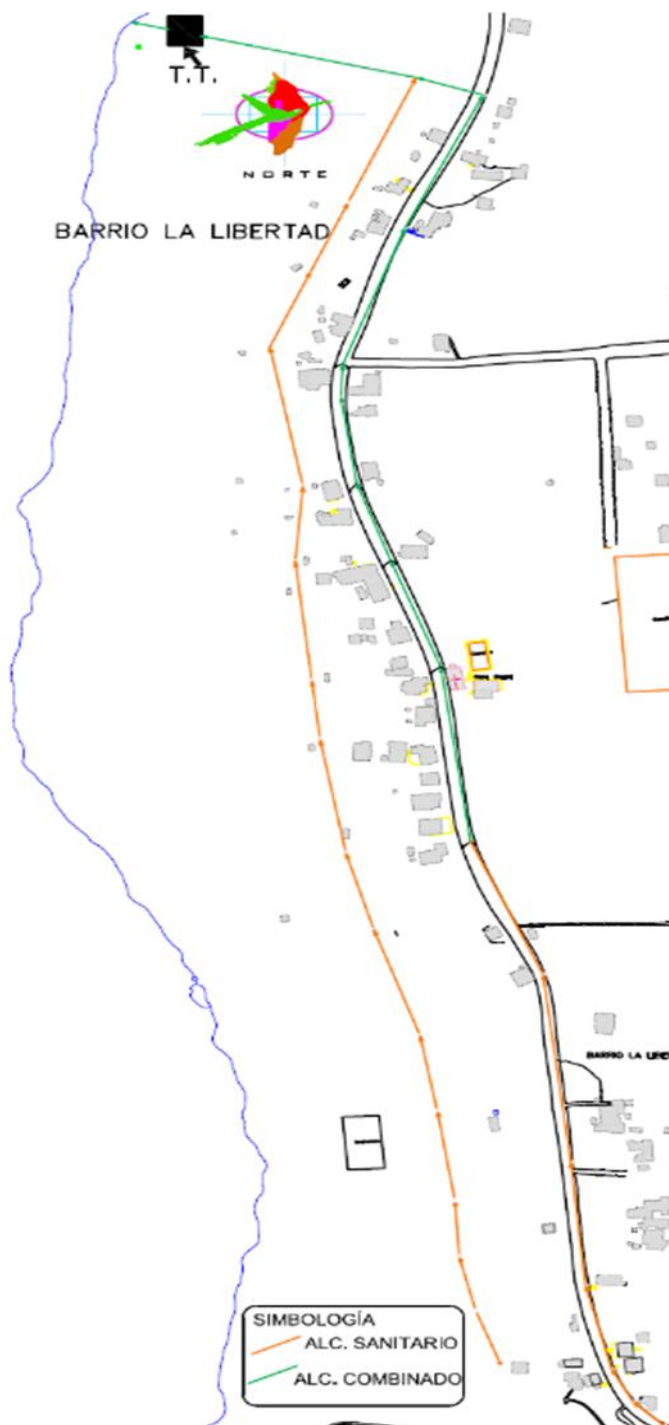
- Precisar que la información planimétrica levantada en campo sea la correcta, ya que las cotas y distancias entre los pozos es un factor para determinar caudales, velocidades en las tuberías, pendientes y alturas.
- Estimar caudales concurrentes a los pozos de revisión los mismos que determinarán la posibilidad de permitir descargas adicionales del presente proyecto.
- Determinar el estado interno de las tuberías a través del traspaso de cámaras de inspección.
- Evaluar que las redes de alcantarillado existentes cumplan con las requerimientos establecidos en la normas que exige el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Rumiñahui, que son las del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) y las de la Secretaria del Agua (SENAGUA), en cuanto a las características geométricas de los elementos de un alcantarillado como: tuberías y pozos de revisión y de los parámetros de diseño como: velocidades en tuberías, pendientes, longitudes y cotas.
- Determinar los requerimientos de mantenimiento en caso de que existan problemas de funcionamiento, operabilidad y deterioro en las redes de alcantarillado existentes.
- Constatar la capacidad hidráulica de las tuberías al observar el paso de las descargas a través de los pozos de revisión.
- Verificar las condiciones físicas de los pozos de revisión y tuberías para estimar si el período de diseño del presente proyecto es compatible con el sistema existente y que se pueda acoplar al mismo.

Para los alcances indicados, se han evaluado todos los pozos existentes en el barrio “La Libertad”. Para el catastro de los pozos existentes se levantó y registró la información existente en formularios los cuales están detallados en el ANEXO C correspondiente a las fichas catastrales del alcantarillado existente. Se realizó el levantamiento catastral, cuya información colocada en las fichas catastrales se detalla a continuación:

- Descripción general de los elementos de los pozos de revisión: tapa, paredes, zócalo, fondo, escalera.
- Estado de los materiales de los elementos de los pozos de revisión clasificándolos como buenos, regulares y malos.
- Estado de los pozos de revisión catalogándolos como: bueno, regular o malo.
- Diámetro superior e inferior de los pozos de revisión.
- Tipo de alcantarillado: sanitario, pluvial, combinado.
- Ubicación general del pozo de revisión.
- Fotografías de los pozos de revisión.
- Detalles en planta y corte de los pozos de revisión.
- Existencia o no de sumideros determinando la ubicación, material, estado y las dimensiones de los mismos.
- Altura de rasante de los pozos de revisión.
- Diámetros y material de las tuberías del alcantarillado existente.
- Acometidas existentes en los pozos de revisión determinando: diámetros, altura y material.
- Observaciones generales.

## 5.2. Características Generales de los sistemas de alcantarillado existentes

### 5.2.1. Sistema de alcantarillado existente 1



*Figura 8.* Sistema de alcantarillado existente 1

En las siguientes tablas se detallan las características generales del sistema de alcantarillado existente 1, los mismos que serán analizados en dos tramos. En la Tabla 33, se describe cada una de las características de alcantarillado existente correspondiente a los Pozos del 1 al 15.

**Tabla 33.**

*Características Generales del Sistema de alcantarillado existente 1 – Tramo 1*

<b>COMPONENTES</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Longitud total de tuberías:	997,61 m
Diámetro de las tuberías:	200 mm
Estado y tipo de tuberías:	Bueno – Hormigón simple.
Material de los pozos de revisión:	Tapas de hierro fundido, pozos de hormigón.
Estado de los elementos de los pozos de revisión:	Bueno con excepción del pozo 15 que está en estado regular paredes de ladrillo sin revestir en mal estado.
Número total de pozos de revisión:	15
Número de descargas existentes:	1
Tipo de descarga:	Descarga hacia tanque de tratamiento de aguas residuales.
Área de cobertura del sistema 1:	4,29 hectáreas
Estado de los sumideros:	Bueno
Tipo de alcantarillado:	Sistema de alcantarillado sanitario hasta el pozo 6. Sistema de alcantarillado combinado con sumideros desde el pozo 7 hasta la descarga en el tanque de tratamiento.
Observaciones generales:	Existen acometidas de PVC en los pozos 2 y 14 de 100mm y de 150mm.



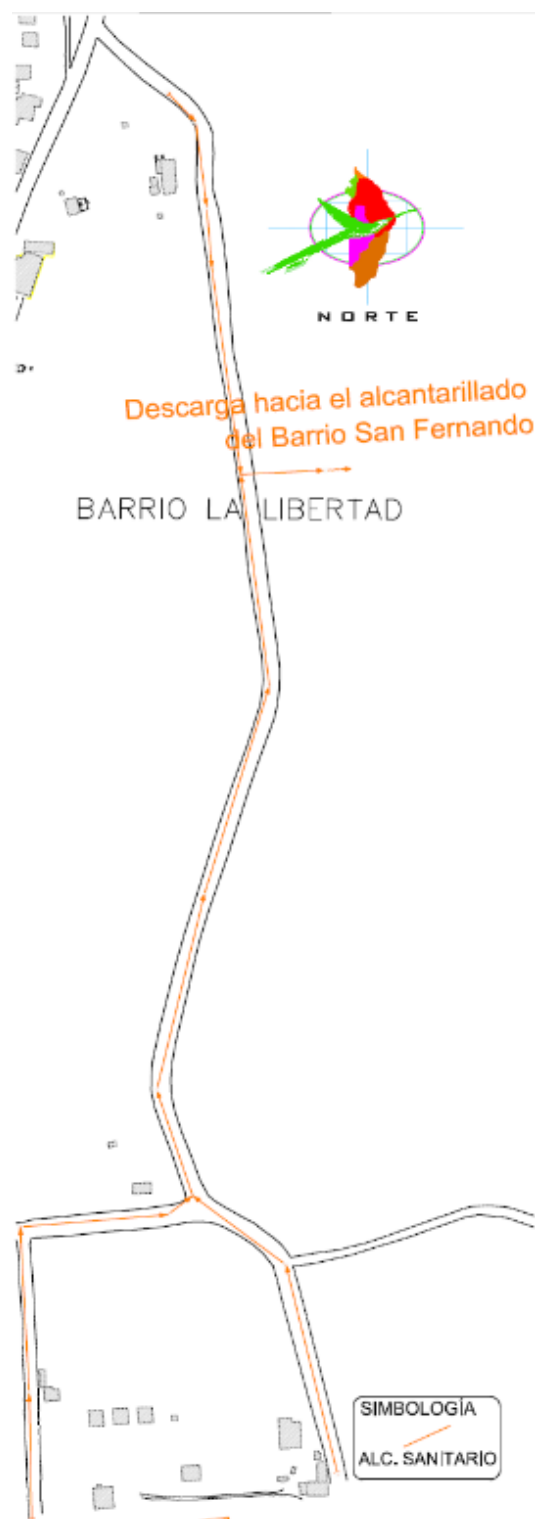
Por otra parte en la Tabla 34, se describe las características generales del sistema de alcantarillado en el siguiente tramo, es decir de los pozos 16 al 32.

**Tabla 34.**

*Características Generales del Sistema de alcantarillado existente 1 – Tramo 2*

<b>COMPONENTES</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Longitud total de tuberías:	1025,48 m
Diámetro de las tuberías:	200 mm
Estado y tipo de tuberías:	Bueno – Hormigón simple
Material de los pozos de revisión:	Tapas de Hormigón, pozos de ladrillo sin revestir
Estado de los elementos de los pozos de revisión:	Los pozos 21, 22, 23, 25, 29 y 30 se encuentran en buen estado, los demás están en estado regular y malo. Las paredes de los pozos son de ladrillo sin revestimiento. Las tapas de los pozos 17, 18, 19, 20, 21, 25, 27, 28 y 30 se encuentran en mal estado.
Número total de pozos de revisión:	15
Número de descargas existentes:	1
Tipo de descarga:	Descarga hacia tanque de tratamiento de aguas residuales.
Área de cobertura total del sistema 1:	4,29 hectáreas
Estado de los sumideros:	No tienen
Tipo de alcantarillado:	Sistema de alcantarillado sanitario
Observaciones generales:	Existen acometidas de PVC en el pozo 16 de 150mm.

## 5.3.Sistema de alcantarillado existente 2



**Figura 9.** Sistema de alcantarillado existente 2

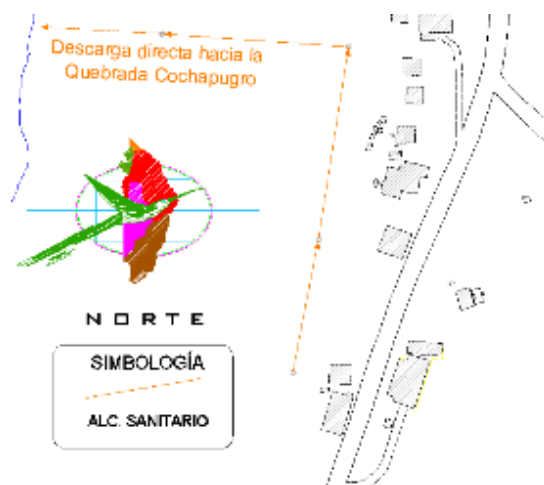
Por otra parte en la Tabla 35, se describe las características generales del sistema de alcantarillado en el siguiente tramo, es decir de los pozos 33 al 48.

**Tabla 35.**

*Características Generales del Sistema de alcantarillado existente 2*

<b>COMPONENTES</b>	<b>CARÁCTERÍSTICAS</b>
Longitud total de tuberías:	931,60 m
Diámetro de las tuberías:	200 mm
Estado y tipo de tuberías:	Bueno – Hormigón simple
Material de los pozos de revisión:	Tapas de hierro fundido, pozos de hormigón
Estado de los elementos de los pozos de revisión:	Bueno
Número total de pozos de revisión:	16
Número de descargas existentes:	1
Tipo de descarga:	Descarga hacia el sistema de alcantarillado del barrio “San Fernando”.
Área de cobertura total del sistema 2:	5,87 hectáreas
Estado de los sumideros:	No tienen
Tipo de alcantarillado:	Sistema de alcantarillado sanitario.
Observaciones generales:	Existen acometidas de PVC en los pozos 39 y 42 de 150mm y 75mm.

### 5.4.Sistema de alcantarillado existente 3



**Figura 10.** Sistema de alcantarillado existente 3

Se puede observar en la Tabla 36, las características generales del sistema de alcantarillado 3, de los pozos 49 al 52.

**Tabla 36.**

*Características Generales del Sistema de alcantarillado existente 3*

COMPONENTES	CARACTERÍSTICAS
Longitud total de tuberías:	241,27 m
Diámetro de las tuberías:	200 mm
Estado y tipo de tuberías:	Bueno – Hormigón simple
Material de los pozos de revisión:	Tapas de Hormigón, pozos de ladrillo sin revestir
Estado de los elementos de los pozos de revisión:	Las tapas de los pozos 49 y 50 se encuentran en mal estado. Las paredes de los pozos son de ladrillo sin revestir; el pozo 52 se ha deteriorado y se encuentra en estado regular.
Número total de pozos de revisión:	4
Número de descargas existentes:	1

**CONTINÚA**

Tipo de descarga:	Descarga directa sin tratamiento hacia la quebrada Cochapugro.
Área de cobertura total del sistema 2:	0,89 hectáreas
Estado de los sumideros:	No tienen
Tipo de alcantarillado:	Sistema de alcantarillado sanitario.
Observaciones generales:	Ninguna.

---

### **5.5.Evaluación física de los sistemas de alcantarillado existentes**

El barrio “La Libertad” está ubicado entre las cotas 2839 msnm y 2720 msnm lo que da lugar a que existan a lo largo de la extensión del barrio cambios de pendiente pronunciados entre pozos.

Para determinar la evaluación física se realizó la inspección de los 52 pozos de revisión existentes y el traspaso de cámaras de inspección por el interior de las tuberías.

### **5.6.Observaciones generales de la inspección de pozos de revisión**

En el ANEXO C correspondiente a las fichas catastrales de los sistemas de alcantarillado existente en el barrio “La Libertad” se ha descrito la información de todos los pozos existentes, sin embargo a continuación se describe las principales observaciones presentadas.

- Los zócalos y paredes de ladrillo sin revestimiento no son funcionales constructivamente, ya que este material al contacto con las aguas residuales pierde resistencia y se va desgastando, lo cual hace que la vida útil de estos elementos sea baja.

- Siempre se debe cubrir con una capa de mortero. Los pozos del 15 al 30 son de ladrillo sin revestimiento.



***Figura 11.*** Pozo de ladrillo sin revestimiento

En los pozos de revisión no debe existir acometidas domiciliarias, están deben ir a lo largo de las tuberías, ya que son obstáculos al momento de realizar inspecciones dentro de los mismos, o a su vez provocan que en los pozos se acumulen sedimentos tanto en el fondo como en el zócalo, lo cual puede generar taponamientos. En los pozos 2, 14, 16, 24 y 39 existen conexiones domiciliarias. En la Figura 12, se presenta el caso mencionado.



**Figura 12.** Pozo de ladrillo con acometida domiciliaria

En el sistema de alcantarillado 1, los pozos 7, 8, 9, 10 y 12 cuentan con sumideros por lo que el sistema se convierte en combinado a partir del pozo 7 hacia la descarga. Constructivamente las tuberías de los sumideros deben estar revocadas, es decir que se encuentren al ras de las paredes de los pozos, ya que dificultan el acceso al interior de los mismos; también deben tener sifonamiento, es decir, que siempre tengan aguas lluvias para impedir que los gases producidos al interior del sistema de alcantarillado salgan al ambiente. En la Figura 13 y la Figura 14, se puede observar que el sistema de alcantarillado no cumple las especificaciones constructivas mencionadas.



**Figura 13.** Sumidero sin sifonamiento



**Figura 14.** Pozo con tuberías no revocadas

Cuando el sistema no cuenta con velocidades de arrastre o auto limpieza mínimas, la falta de mantenimiento, empozamientos de agua por falta de pendientes. El sistema de alcantarillado tiende a acumular sedimentos lo que genera taponamientos. En el catastro realizado se pudo determinar que los pozos 17, 18 y 19 se encuentran acumulados de sedimentos por lo que necesitan de mantenimiento inmediato.





*Figura 15.* Pozo con acumulación de sedimentos

### **5.7.Observaciones generales del traspaso de una cámara de inspección por el interior de las tuberías.**

Con el traspaso de la cámara de inspección Verisight Pro se puede reconocer y observar el estado en general de las tuberías existentes en el barrio “La Libertad”, el alcance de realizar esta actividad es:

- Determinar la existencia o acumulación de sedimentos en el interior de las tuberías de alcantarillado matrices, lo cual pueden generar taponamientos en las mismas.
- Establecer revocamientos y la existencia de rebabas que son porciones de materia que producen resaltos en las uniones los mismos que se producen por la mala colocación de elementos que permiten anillar tramos de tubería de alcantarillado.

- Establecer alineaciones de las tuberías de alcantarillado ya que muchas veces los pozos de revisión no se encuentran a la altura de la rasante o no se dejan tapas lo que dificulta establecer la dirección de las mismas.
- Verificar si existen hundimientos de las tuberías debido a asentamientos diferenciales del suelo provocados por la mala compactación de la cama de arena para tuberías de alcantarillado.
- Determinar si existen acumulación de gases que provoque el mal estado de la parte superior de las tuberías de alcantarillado y acumulación de sedimentos que provoque el desgaste de la parte inferior de las mismas.
- Verificar si existe empozamientos de agua, por falta de la velocidad mínima de arrastre que depende de la pendiente de la tubería.

A lo largo del recorrido por el interior de las tuberías de alcantarillado se pudo observar que se presentan rebabas en las mayoría de las uniones de los tramos de los conductos, esto es un error de tipo constructivo, ya que al momento de empatar las tuberías el mortero utilizado como macilla no es colocado con la debida técnica y generan este tipo de problema, que funcionalmente impiden el libre paso de sedimentos, aguas residuales y aguas lluvias , que pueden provocar taponamientos a lo largo de la tubería matriz.

A continuación se describe las principales observaciones reportadas luego de transportar la cámara de inspección a lo largo de las tuberías de alcantarillado.



**Figura 16.** Presencia de rebabas en uniones de tuberías de alcantarillado

En los pozos el 32 al 37 existe una considerable acumulación de sedimentos y debido a que no existen muchas conexiones domiciliarias no hay velocidad de auto limpieza de los conductos. Por este motivo, una acción inmediata es dar una limpieza total de este trayecto de la tubería matriz del sistema de alcantarillado existente 2.

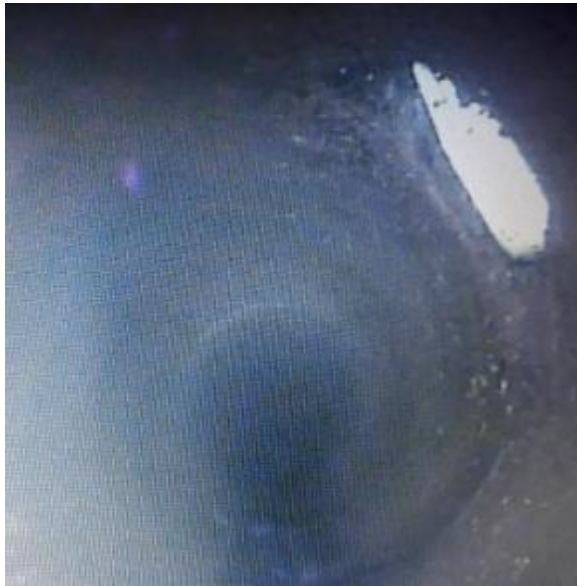


**Figura 17.** Acumulación de sedimentos en tubería matriz

Las tuberías provenientes de las acometidas domiciliarias deben estar revocadas al ras de la tubería matriz, ya que si no se realiza esta técnica constructiva las tuberías secundarias pueden ser obstáculos para el libre paso de sedimentos y flujos provenientes de los caudales sanitarios y de aguas lluvias. A lo largo de todo el sistema de alcantarillado en el barrio “La Libertad” se encontró una gran cantidad de acometidas domiciliarias bien realizadas, sin embargo, existen casos que las tuberías provenientes de las acometidas domiciliarias no están revocadas, las mismas que se presentaron en algunos casos en la red de alcantarillado 2. En las Figura 18y Figura 19 se presentan los dos casos mencionados. Sin embargo, una acometida domiciliaria óptima exige que tanto la tubería matriz como la secundaria sean del mismo material para evitar posibles filtraciones en las uniones.



**Figura 18.** Acometida domiciliaria mal realizada



**Figura 19.** Acometida domiciliaria bien realizada

En el tramo del pozo 14 al 15 del sistema de alcantarillado 1, se encontró que las uniones no fueron bien anilladas es decir no son juntas herméticas y esto es una falla constructiva, por este motivo se genera la intrusión de raíces, las mismas que de manera paulatina provocan que las juntas se abran. Estas raíces pueden provocar de a poco el colapso del sistema de alcantarillado, causar desbordamientos y permitir el ingreso de sedimentos del exterior. Las raíces en este tramo apenas han empezado a aparecer, por este motivo necesitan una inspección constante, para así de esta manera reemplazar las tuberías cuando lo amerite. En las Figura 20, se presenta el caso mencionado.



*Figura 20.* Tubería matriz con raíces

### **5.8.Evaluación hidráulica de los sistemas de alcantarillado existentes**

Para obtener la evaluación hidráulica de los sistemas de alcantarillado existentes, se ha realizado mediante hojas de cálculo en EXCEL, las mismas que determinan las características hidráulicas de las tuberías y pozos de revisión tales como: áreas tributarias, caudales de diseño, diámetros de tuberías, pendientes, velocidades y caudales a sección llena, relaciones entre caudales, alturas y velocidades, velocidad de diseño, alturas de rasante en los pozos, diferencia de alturas entre cotas de proyecto y observaciones generales.

Los datos generales para la evaluación hidráulica fueron tomados a partir del catastro y nivelación de los pozos de revisión especificados anteriormente.

Las áreas de aportación para cada tramo de las tuberías de alcantarillado existentes se determinó mediante el área de influencia directa hacia cada de los colectores y los valores y delimitaciones de las áreas tributarias están presentados en la planimetría de las redes de alcantarillado existente en el ANEXO M correspondiente a los planos del proyecto.

La evaluación hidráulica de los tres sistemas de alcantarillado existentes se realizó en condiciones actuales para determinar el desempeño hidráulico y en condiciones proyectadas para determinar si pueden adaptarse correctamente hasta el horizonte de diseño de este proyecto.

Los resultados obtenidos de la evaluación hidráulica de los sistemas de alcantarillado se presentan en el ANEXO F.

### **5.9.Evaluación hidráulica de los sistemas de alcantarillado existentes**

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las tres redes de alcantarillado existentes en el barrio “La Libertad” que permite concluir si las tuberías tienen la capacidad hidráulica y física para descargar caudales futuros y la posibilidad de adaptabilidad a este proyecto.

**Tabla 37.***Resultados del diagnóstico de las redes de alcantarillado existentes*

<b>Red de alcantarillado existente</b>	<b>Subzona</b>	<b>Diámetro y características las de Tuberías</b>	<b>Edad Tuberías</b>	<b>Evaluación Red Actual</b>	<b>Evaluación Futura Red Actual</b>	<b>Acciones inmediatas y soluciones de mejoramiento</b>
1	PZ1 – PZ5	200 mm H.S.	10 años	Capacidad Hidráulica de tuberías es estable. Distancia entre PZ5 y PZ6 mayor a 100m.	Capacidad Hidráulica de tuberías es estable.	
	PZ6 – PZ15	200 mm H.S.	10 años	Capacidad Hidráulica insuficiente. Capacidad Hidráulica de tuberías es estable.	Capacidad Hidráulica insuficiente.	Rediseño de la red de alcantarillado  Limpieza en los pozos de revisión y al interior de las tuberías por acumulación de sedimentos.
	PZ16 – PZ30	200 mm H.S.	8 años	Pendiente menor a 1% en los tramos PZ21 - PZ22 y PZ22 – PZ23.	Capacidad Hidráulica de tuberías es estable.	Revestimiento en las paredes de los pozos de revisión. Mejoramiento de la red de alcantarillado.
	PZ30 – descarga T.T.	200 mm H.S.	8 años	Capacidad Hidráulica insuficiente.	Capacidad Hidráulica insuficiente.	Cambio de tubería y/o seguimiento continuo por acumulación de raíces en juntas.

**CONTINÚA**



2	PZ33 – PZ37	200 mm H.S.	8 años	Capacidad Hidráulica de tuberías es estable.	Capacidad Hidráulica de tuberías es estable.	Limpieza en los pozos de revisión y al interior de las tuberías por acumulación de sedimentos. Mejoramiento de la red de alcantarillado.
3	PZ38 – PZ48	200 mm H.S.	8 años	Capacidad Hidráulica de tuberías es estable.	Capacidad Hidráulica de tuberías es estable.	Mejoramiento de la red de alcantarillado.
3	PZ49 – PZ52	200 mm H.S.	8 años	Capacidad Hidráulica de tuberías es estable.	Capacidad Hidráulica de tuberías es estable.	Mejoramiento de la red de alcantarillado.

---

## CAPÍTULO VI

### **6. Diseño de las redes de alcantarillado sanitario**

#### **6.1. Parámetros Generales de la redes de alcantarillado sanitario**

Los parámetros a utilizar en el diseño de la red de alcantarillado serán todos los considerados en el Capítulo IV del presente proyecto y en base a las exigencias establecidas por el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Rumiñahui se implementaran estas consideraciones adicionales:

- El sistema de alcantarillado trabajará siempre a gravedad, utilizará máximo un 70% de su capacidad para que trabaje parcialmente lleno y que de esta manera las pérdidas de carga no sean considerables.
- Para el cálculo del caudal y velocidad a sección llena se utilizará la fórmula de Manning Strickler.
- Para el cálculo del flujo en tuberías a sección parcialmente llena se utilizará monogramas para simplificar el mismo





#### **6.2. Descripción de las redes de Alcantarillado Sanitario**

Luego de haber realizado el catastro de las redes de alcantarillado existentes se pudo observar que los sistemas actuales pueden abarcar caudales adicionales y con esto se puede satisfacer la

necesidad de implementar nuevos tramos de tuberías de alcantarillado sanitario a los sistemas existentes.

Los sistemas de alcantarillado existentes sumados la implementación de los nuevos tramos de tuberías, serán solo de uso Sanitario; por tal motivo, los sumideros existentes quedarán deshabilitados para la ejecución de un sistema de alcantarillado pluvial independiente que cuente con nuevos sumideros.

La nomenclatura de los pozos de revisión, de los tramos de tuberías y demás está dado de la siguiente manera:

SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
Tub. H.S. L=93.62 m $\varnothing=200$ mm J=3.49% Q=38.86 l/s V=2.09 m/s Capacidad Hidráulica suficiente	DATOS HIDRÁULICOS
PZe	POZO DE REVISIÓN EXISTENTE
PZ	POZO DE REVISIÓN NUEVO
	RED DE TUBERÍA
 PZ1  CT: 2769.26 CP: 2766.96	POZO DE REVISIÓN CT: COTA DE TERRENO CP: COTA DE PROYECTO PZ1: NÚMERO DE POZO
 PZ1	POZO DE CABEZA

**Figura 21.** Simbología

### **6.2.1.Optimización del Sistema de alcantarillado 1**

En el sistema de alcantarillado 1 se implementan los pozos intermedios PZ6 y Pz9 entre los tramos PZe5 - PZe7 y PZe8 – Pze10 respectivamente, además un nuevo tramo de tubería comprendida entre los pozos PZ33, PZ34 y Pz35 que empatan al pozo existente PZe16 (Ver ANEXO M).

### **6.2.2.Optimización del Sistema de alcantarillado 2**

En el sistema de alcantarillado 2 se implementan los tramos comprendidos entre los pozos PZ49 –PZ53 que empatan al pozo PZe54, el tramo entre el pozo existente PZe14 al pozo existente Pze57 y el tramo comprendido entre los pozos existentes PZe1 al PZ7e3 (Ver ANEXO M).

### **6.2.3.Optimización del Sistema de alcantarillado 3**

En el sistema de alcantarillado 3 se implementan el tramos comprendido entre el pozo PZ35 hacia el pozo existente PZe40 (Ver ANEXO M).

## **6.3.Dimensiones del proyecto**

Los resultados del diseño del sistema de alcantarillado sanitario se presentan en el ANEXO H; los mismos que determinan las características hidráulicas de las tuberías y pozos de revisión tales como: áreas tributarias, caudales de diseño, diámetros de tuberías, pendientes, velocidades y

caudales a sección llena, relaciones entre caudales, alturas y velocidades, velocidad de diseño, alturas de rasante en los pozos, diferencia de alturas entre cotas de proyecto y observaciones generales. La optimización de los sistemas de alcantarillado existentes se resume en la Tabla 38, que presenta las dimensiones del diseño del sistema de alcantarillado:

**Tabla 38.**

*Dimensiones Generales del diseño del sistema de alcantarillado*

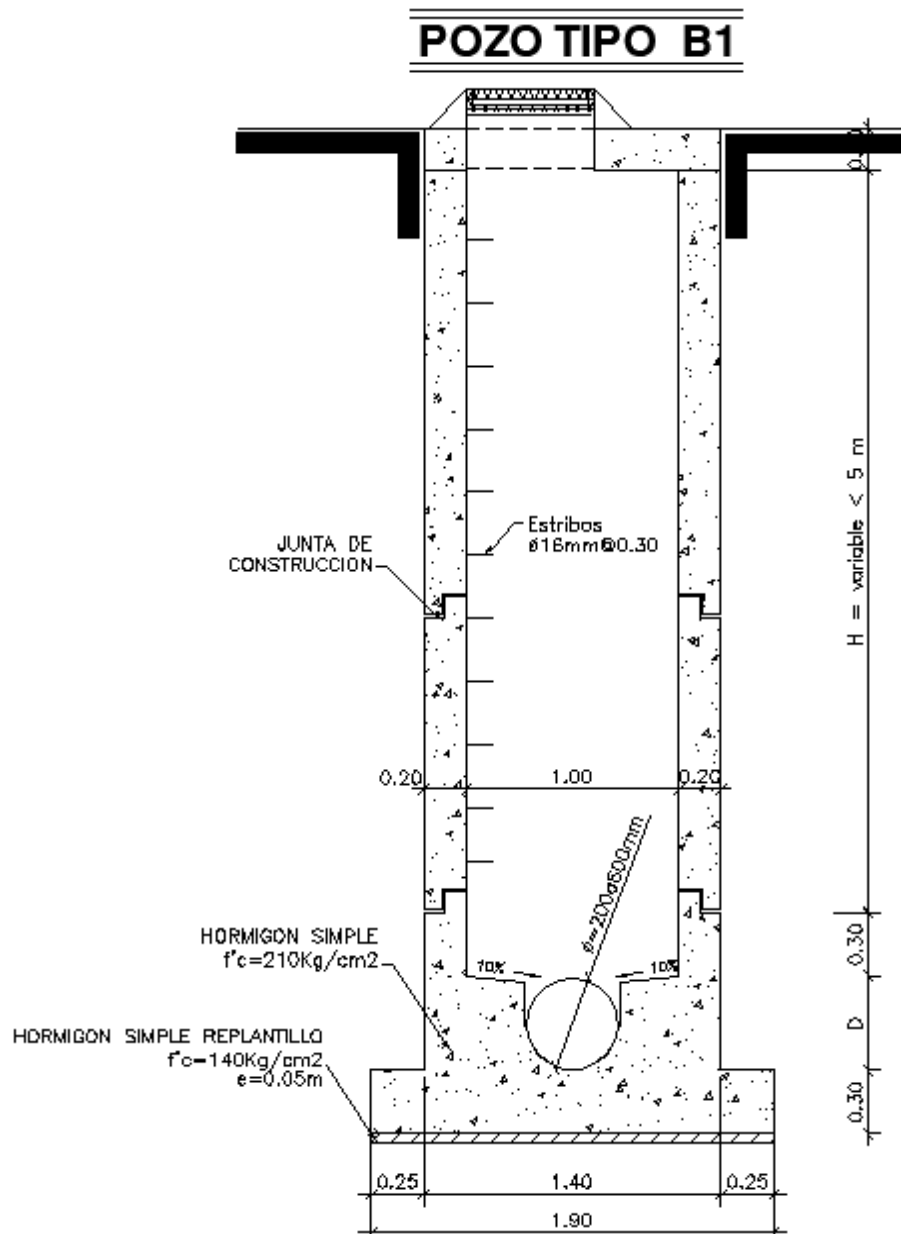
<b>Sistemas de alcantarillado</b>	<b>Longitud entre pozos</b>	<b>Número de pozos</b>	<b>Diámetro de las tuberías</b>
Sistema de alcantarillado 1	423.14 m	5	200 mm H.S.
Sistema de alcantarillado 2	1166.79 m	20	200 mm H.S.
Sistema de alcantarillado 3	277.05	4	200 mm H.S.

#### **6.4. Conexiones domiciliarias**

Las conexiones domiciliarias “tendrán un diámetro mínimo de 150 mm para sistemas sanitarios y con una pendiente mínima del 1%” (Secretaría del Agua - SENAGUA, 2015, pág. 281). De acuerdo con la Secretaria del Agua - SENAGUA (2012) “estas tuberías deben conectarse a la red principal en ángulos entre 45° y 60° que garantice la estanqueidad, la conexión inicia con una estructura denominada caja de revisión cuya sección mínima será de 60 x 60cm” (pág. 286).

#### **6.5. Pozos de revisión**

Para los pozos de revisión se considera el modelo TIPO B1 establecido en las norma de Diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q. En el siguiente gráfico se muestra el detalle del pozo de revisión a utilizar para el sistema de alcantarillado sanitario.



**Figura 22.** Detalle pozo TIPO B1

Fuente: (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable - EMAAP QUITO, 2009).

## CAPÍTULO VII

### 7. Sistemas de tratamiento de aguas servidas para el Barrio “La Libertad”

#### 7.1. Parámetros Generales para el tratamiento de las aguas servidas

En el barrio “La Libertad” existe 3 sistemas de alcantarillado sanitario y las aguas captadas por los mismos hacia las descargas se especifican en la Tabla 39.

**Tabla 39 .**

*Descargas hacia un cuerpo interceptor*

<b>Sistemas de alcantarillado</b>	<b>Descarga hacia un cuerpo receptor</b>
Sistema de alcantarillado 1	Tanque de tratamiento existente
Sistema de alcantarillado 2	Empate con el sistema de alcantarillado del barrio “San Fernando”
Sistema de alcantarillado 3	Descarga directa hacia la Quebrada Cochapugro.

Por esta razón, en este apartado se hará un análisis completo físico - químico del Tanque de Tratamiento de aguas servidas existente y el diseño de un sistema de tratamiento de aguas servidas para el sistema de alcantarillado sanitario 3.

#### 7.2. Generalidades y descripción del sistema de tratamiento de aguas servidas del alcantarillado sanitario 1

El sistema de tratamiento cuenta con una estructura inicial de retención de gruesos o llamado también separador de caudales del afluente, que pasa por rejillas hacia una zona de sedimentación

de gruesos con tratamiento anaeróbico de lodos y finalmente conduce a la fosa séptica de doble cámara que contiene un filtro biológico de flujo descendente hacia el efluente.

En la fosa séptica la primera cámara se utiliza para zona de digestión de gruesos y el segundo compartimiento proporciona una capacidad de almacenamiento de sólidos adicional por posibles desbordamientos o cualquier material que salga de la primera cámara. Los planos de detalle en planta y corte del sistema están descritos en el ANEXO O correspondiente a los Planos del Sistema de Tratamiento de Aguas Servidas.

En cuanto a la evaluación física del sistema se puede concluir que está en buenas condiciones y se adapta a este proyecto para su optimización.

### **7.2.1. Caracterización de las aguas residuales**

Para la caracterización de las aguas residuales se realizó con la asistencia técnica de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central del Ecuador el día 16 de Noviembre del 2018.

### **7.2.2. Toma de muestras**

Para determinar la eficiencia del sistema de alcantarillado sanitario 1 se tomaron 2 muestras de aguas residuales, la primera cuando el afluente ingresa al tanque de tratamiento en la estructura de retención de gruesos y la segunda aguas abajo en la unión con aguas de vertiente.



Las dos muestras fueron compuestas, y se las obtuvieron en el lapso de 5 horas, con intervalos de cada hora; desde las 8:30 AM hasta las 13H30 PM, debido a que existen momentos que solo llegan a la descarga aguas jabonosas y en otros lapsos las aguas servidas tienen concentraciones de materia orgánica más altas.

### 7.2.3.Eficiencia y calidad de aguas servidas del sistema de alcantarillado sanitario 1

Para determinar la eficiencia del sistema se lo hace en base a los siguientes parámetros que están descritos en la Tabla 40, los parámetros, características y resultados de la toma de muestras están descritos en el ANEXO I.

**Tabla 40.**

*Parámetros para la evaluación del sistema de tratamiento del alcantarillado sanitario 1*

<b>Parámetros</b>	<b>Entrada</b>	<b>Salida</b>	<b>Eficiencia</b>
DBO5 - Demanda Bioquímica de Oxígeno (mgO2/L)	782	25	97%
DQO - Demanda Química de Oxígeno (mgO2/L)	1557	61	96%
SS - Sólidos Suspendidos (mg/L)	476	19	96%
SST - Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	1590	180	89%
<b>Promedio Eficiencia</b>	<b>94%</b>		

Como se puede observar en la Tabla 27, la eficiencia del sistema de tratamiento es óptima ya que bajo los parámetros descritos, cuando llegan las aguas servidas a unirse con las aguas de la vertiente los parámetros de evaluación son bajos en comparación a los iniciales.

### 7.2.4. Biodegradabilidad de las aguas residuales

La relación entre “la demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno determina su posible biodegradabilidad” (Hernández, Hernández, & Galán, 2000, pág. 9).

En la Tabla 41, se puede apreciar las condiciones para determinar si las aguas residuales en la vertiente pueden ser poco biodegradables, biodegradables o muy biodegradables.

**Tabla 41.**

*Biodegradabilidad del agua residual*

$\frac{DBO_5}{DQO}$	Biodegradabilidad de una agua residual
< 0.2	Poco biodegradable
0.2 – 0.4	Biodegradable
> 0.4	Muy biodegradable

Fuente: (Hernández, Hernández, & Galán, 2000, pág. 10)

$$\frac{DBO_5}{DQO} = \frac{25}{61} = 0.41$$

Por lo tanto, se concluye que las aguas residuales en la Quebrada Cochapugro son muy biodegradables.

### 7.2.5. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Con los principales parámetros analizados para el presente proyecto se debe comparar con los límites permisibles de descarga de efluentes a un receptor establecidos en el Acuerdo Ministerial

No. 28 que Sustituye el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA), los mismos que se muestran en la Tabla 42 y se comparan con los resultados obtenidos en laboratorio.

**Tabla 42.**

*Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce*

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>	<b>Resultado obtenido en la descarga</b>
Coliformes fecales	Nmp / 100ml	mg/l	$1.0 \times 10^4$	$1.7 \times 10^4$
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	$DBO_5$	mg O <sub>2</sub> /l	100	25
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg O <sub>2</sub> /l	250	61
Materia Flotante	Visibles		Ausencia	Ausencia
Potencial de Hidrógeno	pH		5 -9	7.63
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130	19
Sólidos Totales	ST	mg/l	1600	180
Temperatura	°C		< 35	17.4

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2015, pág. 99)

Por lo tanto, se concluye que las aguas residuales en la Quebrada Cochapugro están bajo los límites máximos permisibles establecidos a excepción del parámetro del índice de coliformes fecales.

### **7.2.6. Optimización del sistema de tratamiento de aguas servidas del alcantarillado sanitario 1**

Por lo visto en las condiciones físicas, químicas y la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas servidas es óptima y no se necesita hacer adecuaciones, sin embargo en la estructura de

retención de sólidos se ha podido apreciar que necesita tener mayores dimensiones, contar con una adecuada estructura para la separación de caudales y retención de gruesos. De esta manera se reduce el índice de coliformes fecales, el cual es el único parámetro que está fuera los límites permisibles de descarga. En el ANEXO K se detalla la memoria de cálculo de la optimización del sistema de tratamiento de aguas servidas y en el ANEXO O correspondiente a los planos de los sistemas de tratamiento de aguas servidas del Barrio “La Libertad” se encuentra los detalles del sistema existente y su optimización.

### **7.3.Generalidades y descripción del empate del sistema de alcantarillado sanitario 2 con el sistema de alcantarillado del barrio “San Fernando”.**

El sistema de alcantarillado sanitario 2 se empata con el sistema de alcantarillado sanitario del barrio “San Fernando”; esto se comprobó con la utilización de la caoba, el procedimiento es esparcir el material con agua, y así darle una diferente tonalidad para poder determinar si entre dos pozos de revisión fluye el material.

### **7.4.Generalidades para el diseño del sistema de tratamiento de aguas servidas del alcantarillado 3**

La depuración de las aguas servidas en las vertientes naturales evita la excesiva contaminación y fomenta una cultura de desarrollo sustentable. El sistema depurador de aguas servidas se concreta en el diseño de:

- Canal de entrada

- Rejillas de desbaste
- Sedimentador
- Fosa séptica de doble cámara de flujo descendente
- Secado de lodos
- Caja de revisión
- Pozos filtrantes

#### **7.4.1.Descripción del sistema depurador**

Este proceso garantiza la digestión anaerobia, pero también se necesita de forma periódica la remoción de sedimentos. Al realizar la implementación de este sistema se garantiza la eliminación de sólidos suspendidos, materia flotante, coliformes fecales. El tiempo de retención en este tipo de sistema es de uno a tres días.

##### **7.4.1.1.Canal de entrada**

El canal de entrada debe tener una geometría rectangular, es el primer paso en la depuración del afluente.

#### **7.4.1.2.Rejas de desbaste**

Las rejas de desbaste sirven para “evitar obstrucciones en canales, tuberías y conducciones en general que dificulten el funcionamiento de las unidades posteriores” (Hernández, Hernández, & Galán, 2000, pág. 76).

#### **7.4.1.3.Sedimentador**

Su función es “separar los elementos pesados en suspensión que llevan las aguas servidas y que perjudican al tratamiento posterior que pueden generar sobrecargas en fangos, depósitos, tuberías y canales” (Hernández, Hernández, & Galán, 2000, pág. 83).

Un sedimentador puede eliminar un “85% las materias en suspensión, 33% de materia en suspensión no decantable por lo que daría un valor de 66% de eliminación de los sólidos totales y una reducción del ***DBO***<sub>5</sub> de hasta el 55%.

#### **7.4.1.4.Fosa séptica de doble cámara de flujo ascendente**

De acuerdo con Hernández, Hernández & Galán (2000):

En el primer compartimiento al llegar el agua, la materia más densa decanta y se deposita en el fondo en forma de lodo, el segundo compartimiento se produce la decantación de la materia menos densa, el efluente que sale de la fosa séptica necesita un proceso de tratamiento adicional (pág. 83).

#### **7.4.1.5.Caja de revisión**

La función de la arqueta de reparto es recibir y distribuir el flujo procedente de la fosa séptica hacia los pozos filtrantes.

#### **7.4.1.6.Pozos filtrantes**

Los pozos filtrantes reciben “el efluente de la arqueta de reparto y es el lugar donde se depura y se retiene las partículas en suspensión, donde el flujo irá descendiendo a través de filtros de grava y arena”. (Hernández, Hernández, & Galán, 2000, pág. 189).

#### **7.4.1.7.Secado de lodos**

Consiste en la eliminación de los fangos en presencia del aire.

### **7.4.2.Diseño de las unidades de tratamiento**

Para el diseño se utilizará el Manual de Uralita de los autores Aurelio Hernández Muñoz, Aurelio Hernández Lehmann y Pedro Galán Martínez. En el ANEXO K correspondiente al diseño del sistema de tratamiento de aguas servidas del alcantarillado 3, se especifica el dimensionamiento y recomendaciones de diseño según la disposición del terreno donde se implementará el sistema de tratamiento de aguas servidas.

Con el “proceso mencionado se estima una reducción del 70% al 80% del ***DBO<sub>5</sub>*** inicial” (Hernández, Hernández, & Galán, 2000, pág. 23).

En el ANEXO J correspondiente al diseño estructural de las paredes, losa de fondo y losas de cubierta de la fosa séptica de doble cámara y los pozos filtrantes se detalla el armado y espesor de los elementos mencionados.

En el ANEXO M correspondiente a los planos de los sistemas de tratamiento de aguas servidas del Barrio “La Libertad” se detalla el diseño del sistema de tratamiento de aguas servidas del alcantarillado sanitario 3.



## CAPÍTULO VIII

### 8. Diseño de las redes de alcantarillado pluvial

#### 8.1. Parámetros Generales de la redes de alcantarillado pluvial

Para el diseño del alcantarillado pluvial será considerado las bases de diseño establecidas en el Capítulo IV del presente proyecto y en consideración de las exigencias establecidas en el ANEXO D de parte del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Rumiñahui.

#### 8.2. Dimensiones del proyecto

El diseño hidráulico del sistema de alcantarillado pluvial se presenta en el ANEXO I en donde se describe las características de las tuberías a implementar, áreas de aportación, coeficiente ponderado de escurrimiento, caudales y velocidades a sección llena y de diseño, altura de rasante, saltos, cotas de terreno, cotas de proyecto y observaciones generales. Las dimensiones generales se describen en la Tabla 43.

**Tabla 43.**

*Dimensiones Generales del diseño del sistema de alcantarillado pluvial*

<b>Alcantarillado Pluvial</b>		
<b>Sistemas de alcantarillado</b>	<b>Longitud entre pozos</b>	<b>Diámetro de las tuberías</b>
Sistema de alcantarillado pluvial	357,67 m	250 mm PVC
Sistema de alcantarillado pluvial	131,15 m	300 mm PVC
Sistema de alcantarillado pluvial	815,65 m	400 mm PVC

### 8.3 Consideraciones complementarias

En la Tabla 44 se presenta las consideraciones de diseño que se deben tomar en cuenta en cuanto al diseño de un sistema de alcantarillado pluvial.

**Tabla 44.**

*Consideraciones de diseño para alcantarillado pluvial*

<b>Alcantarillado Pluvial</b>	
Velocidad mínima	0,6 m*s-1
Velocidad máxima	7,5 m*s-1 – PVC
Pendiente mínima	0,5%
Profundidad mínima (peatonal y vehicular)	1,5 m
Profundidad mínima (peatonal y vehicular)	5 m

Fuente: (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable - EMAAP QUITO, 2009, pág.

98)

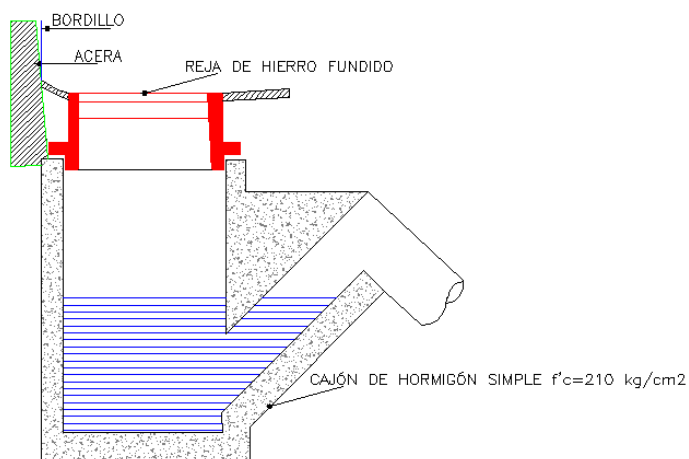
### 8.4 Pozos de revisión

En el presente proyecto se considera el modelo de pozos de salto H=1m y H=1,5m señalado en la norma de Diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q.

### 8.5 Sumideros

Las descargas “de los sumideros se deben conectar a la red principal del sistema pluvial a cada 100 metros, si es menor a este valor se puede colocar un sumidero a cada esquina” (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable - EMAAP QUITO, 2009, pág. 102).

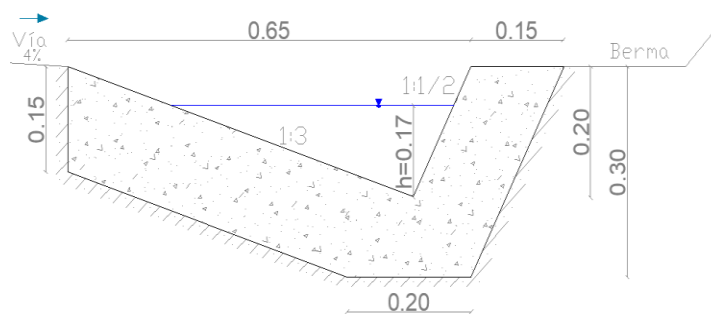
Los detalles de los pozos de revisión, sumideros, planimetría y perfiles del alcantarillado pluvial se detallan en el ANEXO M correspondiente a los planos del proyecto. En la Figura 23 se detalla el modelo de sumidero a implementar.



**Figura 23.** Detalle Sumidero

## 8.6 Cunetas

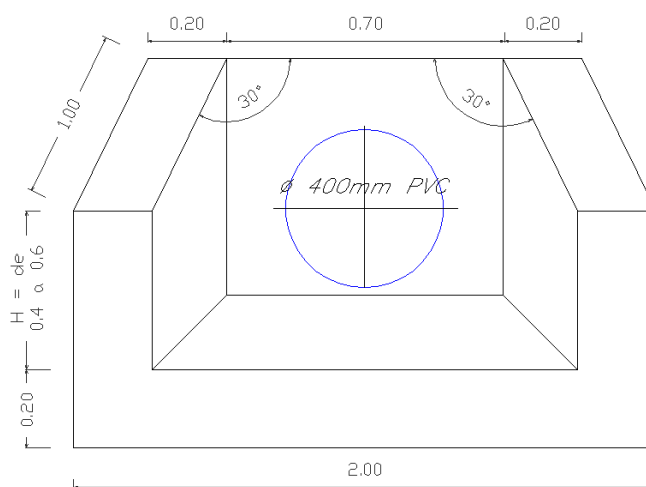
Las cunetas también llamadas canales interceptores se implementarán en los lugares que no es factible construir un sistema de alcantarillado pluvial, debido a las condiciones geográficas del sector. De acuerdo a la Norma del Ministerio de Transporte y Obras publicas del Ecuador (NEVI-12) (2013) se determinó las condiciones físicas e hidráulicas del diseño de las cunetas, el cual se puede encontrar en el ANEXO K, en el apartado correspondiente al diseño del Drenaje Superficial. En la Figura 24 se muestra la geometría del modelo de cuneta a diseñar.



**Figura 24.** Sección transversal cuneta

## 8.6 Muro de ala

En la descarga del sistema de alcantarillado pluvial se dimensionó un muro de ala según la Norma Ecuatoriana Vial NEVI – 12 – MTOP para disipar energía hacia las quebradas. En la Figura 25 se muestra la geometría del muro de ala.



**Figura 25.** Perspectiva muro de ala

## **CAPÍTULO IX**

### **9.Presupuesto referencial**

#### **9.1.Análisis de precios unitarios**

El análisis de precios unitarios se realiza en base al Listado General de rubros del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Rumiñahui GADMUR. En los rubros mencionados se considera los costos directos que comprenden a las herramientas, equipos, materiales y mano de obra; y dentro de los costos indirectos a los gastos administrativos, impuestos, imprevistos y seguros. Las unidades de obra son las establecidas en la base de rubros y se desglosa de los componentes que constituyen el sistema de alcantarillado sanitario, pluvial, y el tratamiento de las aguas servidas.

#### **9.2.Presupuesto referencial del proyecto**

Las cantidades de obra se calcularon en base a las características del proyecto. El presupuesto referencial del proyecto se detalla en el ANEXO L.

#### **9.3.Especificaciones técnicas**

Se han adoptado las especificaciones técnicas establecidas por el Servicio Nacional de Contratación Pública los cuales se detallan en el ANEXO L.

## CAPÍTULO X

### 10. 1. Conclusiones

- De acuerdo a la aplicación de la encuesta se concluye que en este sector se realizan varias actividades económicas, ya sea bajo relación de dependencia, negocio propio, actividades relacionadas a la agricultura, obreros, entre otras, incluso cada familia realiza más de dos actividades, en relación a esto se determinó que el 42.7% del total de habitantes representa la población económicamente activa, donde sus ingresos van desde \$400 hasta más de \$600. En el barrio La Libertad, pese a ser una zona rural, el analfabetismo se encuentra casi erradicado ya que solo representa el 1.8% del total de la población, en donde no se encontró a personas menores de 18 años, esto se determinó de acuerdo a la encuesta socioeconómica aplicada a cada uno de los moradores del sector.
- El levantamiento topográfico lo realizó el Instituto Geográfico Militar debido a la cooperación interinstitucional existente entre la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y la entidad mencionada. La topografía del sector es irregular cuenta con pendientes pronunciadas del 40% en las estribaciones a las quebradas y se encuentra entre las cotas 2720 msnm y 2839 msnm, el uso del suelo en su mayoría es de tipo agrícola y ganadero.
- El levantamiento catastral y traspaso de la cámara de revisión por el interior de las tuberías existentes determinó las condiciones físicas e hidráulicas, con estos resultados se determinó que los tres sistemas existentes se adaptan al nuevo proyecto, el tramo del sistema de

alcantarillado 1, que se ubica bajo la calle principal del barrio se adapta a este proyecto pero el funcionamiento será solo de uso sanitario y ya no combinado.

- El diseño del sistema de alcantarillado sanitario determinó una implementación de 1866,98 metros de cobertura con tubería de hormigón simple de 200mm de diámetro, las conexiones domiciliarias tendrán un diámetro de 150mm y las cajas de revisión serán de 60 cm x 60cm con altura variable entre los 80 cm a 120 cm.
- El diseño del sistema de alcantarillado pluvial determinó una implementación de 357,67 metros de cobertura con tubería de PVC de 250mm de diámetro, 131,15 metros de cobertura con tubería de PVC de 300mm de diámetro y 815,65 metros de cobertura con tubería de PVC de 400mm de diámetro.
- Para la caracterización de las aguas servidas se recogió muestras compuestas de aguas arribas y abajo del tanque de tratamiento existente y esta actividad determinó que las aguas residuales en la Quebrada Cochapugro son muy biodegradables, además están bajo los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial No. 28 que Sustituye el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA), a excepción del parámetro del índice de coliformes fecales por tal motivo se potencializó este sistema de tratamiento existente con el diseño de un aliviadero en el canal de entrada.

- El diseño del nuevo sistema de tratamiento de aguas servidas cuenta con un canal de entrada con aliviadero, rejillas de desbaste, sedimentador, fosa séptica de doble cámara de flujo ascendente, cámara de secado de lodos, caja de revisión y pozo filtrante.

## **10.2. Recomendaciones**

- El paso más importante para la ejecución de un proyecto es levantar la línea base del mismo, para luego no alterar datos obtenidos en la recolección de información que hará que se hagan continuos cambios sobre la marcha del desarrollo del proyecto.
- Se debe realizar mantenimientos paulatinos a los sistemas de alcantarillado, introduciendo agua a presión con mangueras por los pozos de revisión y así evitar posibles taponamientos y colapsos de las redes de alcantarillado.
- En la etapa de construcción se debe tener en cuenta el correcto proceso constructivo para evitar problemas tales como la formación de rebabas, mala colocación de acometidas y conexiones domiciliarias, mala hermetización de tramos de tuberías y mala compactación del suelo.
- Cada año y medio realizar la evacuación de la acumulación de lodos tanto en el canal de entrada, sedimentador la cámara de secado de lodos, cajas de revisión y la limpieza paulatina de las tuberías de entrada de la fosa séptica de doble cámara.



- Es necesario sociabilizar el proyecto con la población ya que en este caso se tuvo que realizar la recolección de firmas para obtener el permiso de paso de servidumbre, es fundamental informar a la comunidad claramente los beneficios que genera al barrio si se realiza tal proyecto y de esta manera contar con su colaboración, caso contrario resultaría difícil ejecutarlo.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Celi, B., & Pesantez, F. (2012). Cálculo y diseño del sistema de alcantarillado y agua potable para la lotización Finca Municipal, en el cantón El Chaco, Provincia de Napo. Sangolquí.
- Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable - EMAAP QUITO. (2009). Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q. Quito.
- GADMUR Rumiñahui. (2012). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial Cantón Rumiñahui 2012 - 2015. Sangolquí.
- Gobierno de Pichincha. (2012). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la Parroquia Rumipamba 2012-2025.
- Guaigua, D., & Yambay, E. (2011). Cálculo y diseño de un sistema de alcantarillado, drenaje pluvial y tratamiento de las aguas residuales para el barrio "Panzaleo", en la Parroquia de Machachi en el Cantón Mejía, Provincia de Pichincha. Sangolquí, Ecuador.
- Hernández, A., Hernández, A., & Galán, P. (2000). Manual de Depuración Uralita. Sistemas para depuración de aguas residuales en núcleos de hasta 20000 habitantes. Madrid: Thomson Editors.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN. (1992). Código Ecuatoriano de la Construcción. Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. Quito.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN. (1997). Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área Rural. Quito.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos - INEC. (2010). Censo de Población y Vivienda 2010.

Obtenido de

[www.inec.gob.ec/tabulados\\_CPV/3\\_TCA\\_PARR\\_NAC\\_POBL\\_1990\\_2001\\_2010.xls](http://www.inec.gob.ec/tabulados_CPV/3_TCA_PARR_NAC_POBL_1990_2001_2010.xls)

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología - INAMHI. (1999). Estudio de lluvias intensas.

Quito.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología-INAMHI. (2017). Análisis Climatológico

Decadal: Período 11 - 20 de Junio de 2017. Ecuador.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología-INAMHI. (2017). Boletín Climatológico 2016.

Quito.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología-INAMHI. (2017). Boletín meteorológico mes:

Mayo 2017. Quito.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología-INAMHI. (2017). Instituto Nacional de

Meteorología e Hidrología. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/red-de-estaciones-meteorologicas/>

Ministerio del Ambiente. (2015). Acuerdo Ministerial No.28 - Sustituye el Libro VI del Texto

Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente. Quito.

Norma del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador (NEVI-12) - MTOP. (2013).

Volumen No2 Libro B Norma para estudios y diseño vial. Quito.

Ocampo, C. (2013). Cálculo y diseño del sistema de alcantarillado separado sanitario - pluvial y

tratamiento de las aguas servidas para el barrio Chiriboga y recinto El Rocío, en la parroquia de Lloa, cantón Quito, provincia de Pichincha. Sangolquí: ESPE.

Organización Panamericana de la salud. (2005). Guías para el diseño de tecnologías de

alcantarillado. Lima.

Organización Panamericana de la salud. (2005). Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado. Lima.

Secretaria del Agua - SENAGUA. (2012). Instructivo para conformación y legalización de Juntas Administradoras de agua potable y saneamiento; Juntas Administradoras de agua potable y saneamiento Regional; y, Juntas de segundo y tercer grado.

Secretaria del Agua - SENAGUA. (2015). Norma de Diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área Rrural.

Secretaría del Agua - SENAGUA. (2015). Norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.

Servicio Nacional de Contratación Pública. (s.f.). Especificaciones Técnicas Consolidado Estándar.