



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE  
DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA**

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DEL SECTOR SUBE Y  
BAJA, UBICADO EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA**

**TUTOR**

**MGTR. JAZMIN DEL ROCIO MAZZINI MORÁN**

**AUTORES**

**BARREIRO PÉREZ ODALYS NICOLLE  
RODRÍGUEZ REDROVÁN SOLANGE NICOLE**

**GUAYAQUIL**

**2024**

**REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**FICHA DE REGISTRO DE TESIS**

**TÍTULO Y SUBTÍTULO:**

Diseño del sistema de alcantarillado del sector Sube y Baja, ubicado en la provincia de Santa Elena

**AUTOR/ES:**

Barreiro Pérez Odalys Nicolle  
Rodríguez Redrován Solange  
Nicole

**TUTOR:**

Mgtr. Jazmín Del Rocío Mazzini Morán

**INSTITUCIÓN:**

**Universidad Laica Vicente  
Rocafuerte de Guayaquil**

**Grado obtenido:**

Ingeniero civil

**FACULTAD:**

Facultad de Ingeniería, Industria  
y Construcción

**CARRERA:**

Ingeniería civil

**FECHA DE PUBLICACIÓN:**

2024

**N. DE PÁGS:**

124

**ÁREAS TEMÁTICAS:** Arquitectura y Construcción

**PALABRAS CLAVE:** Saneamiento, Alcantarillado, Lluvia

**RESUMEN:** El presente proyecto asumió como objetivo proponer el diseño de redes de AASS- AALL por medio de cálculos adecuados teniendo en cuenta la situación actual del sector Sube y Baja. Por tanto, se utilizó un enfoque cuantitativo el cual se basó en la obtención de datos, aplicando un alcance descriptivo que consistió en la recopilación de información como la topografía, demografía e infraestructura, ubicación, el terreno, las pendientes y los rasgos hidrológicos de la zona de estudio. Asimismo, se empleó la técnica de la encuesta, apoyado por un cuestionario compuesto por nueve preguntas con el propósito de conocer las diferentes opiniones de los habitantes del sector. Por otra parte, la técnica de la observación sirvió para obtener información del lugar a través de una ficha de datos. Respecto a la población, estuvo conformada por 865, donde al aplicar la fórmula estadística, dio como resultado una muestra de 266 personas. Con relación al diseño del sistema, se tuvo en cuenta una planilla de cálculo el cual contenía diversos parámetros importantes. Dentro de los resultados relevantes se identificó que el problema común que han afrontado los moradores ha sido los malos olores, por ello, la mayoría estuvo dispuesto a participar a que se diseñe e implemente un nuevo sistema de alcantarillado. Haciendo énfasis a los costos que llevaría implementar el sistema de alcantarillado sanitario y pluvial, según los cálculos se estimada un valor de \$1,082,232.88, con un adicional del 25% para costos indirectos y un 15% de IVA, resultando un total \$1,555,709.77.

<b>N. DE REGISTRO (en base de datos):</b>	<b>N. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (Web):</b>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<b>SI</b> <input checked="" type="checkbox"/>	<b>NO</b> <input type="checkbox"/>
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b> Barreiro Pérez Odalys Nicolle  Rodríguez Redrován Solange Nicole	<b>Teléfono:</b> 0962749756  0939080768	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:obarreiop@ulvr.edu.ec">obarreiop@ulvr.edu.ec</a>  <a href="mailto:srodriguez@ulvr.edu.ec">srodriguez@ulvr.edu.ec</a>
<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	Ing. Marcial Sebastián Calero Amores (Decano) <b>Teléfono:</b> 042596500 <b>Ext.</b> 241 E-mail: mcaleroa@ulvr.edu.ec Ing. Jorge Enrique Torres Rodríguez (Director de Carrera) <b>Teléfono:</b> 042596500 <b>Ext.</b> 242 <b>E-mail:</b> etorresr@ulvr.edu.ec	

## CERTIFICADO DE SIMILITUD

Turnitin BARREIRO-RODRIGUEZ.pdf

### INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	<b>1library.co</b> Fuente de Internet	1%
2	<b>docplayer.es</b> Fuente de Internet	1%
3	<b>dspace.ups.edu.ec</b> Fuente de Internet	1%
4	<b>repo.uta.edu.ec</b> Fuente de Internet	1%
5	<b>repositorio.uta.edu.ec</b> Fuente de Internet	1%
6	<b>www.slideshare.net</b> Fuente de Internet	1%
7	<b>Submitted to Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil</b> Trabajo del estudiante	1%
8	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ. "VI CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍAS: "INGENIERÍA PARA FORMAR</b>	1%

# UNA SOCIEDAD SOSTENIBLE", Editorial Internacional Runaiki, 2019

Publicación

9

[repositorio.uide.edu.ec](https://repositorio.uide.edu.ec)

Fuente de Internet

1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado



Firmado digitalmente por:  
**JAZMIN DEL  
ROCIO MAZZINI  
MORAN**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES**

Los estudiantes egresados BARREIRO PÉREZ ODALYS NICOLLE y RODRÍGUEZ REDROVÁN SOLANGE NICOLE, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DEL SECTOR SUBE Y BAJA, UBICADO EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA**, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autores:



Firma:

BARREIRO PÉREZ ODALYS NICOLLE

CI: 1205649385



Firma:

RODRÍGUEZ REDROVÁN SOLANGE NICOLE

CI: 0958756306

## CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutora del Trabajo de Titulación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DEL SECTOR SUBE Y BAJA, UBICADO EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA**, designado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.

### CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DEL SECTOR SUBE Y BAJA, UBICADO EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA**, presentado por los estudiantes **BARREIRO PÉREZ ODALYS NICOLLE** y **RODRÍGUEZ REDROVÁN SOLANGE NICOLE** como requisito previo, para optar al Título de **INGENIERO CIVIL**, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



Firmado digitalmente por:  
**JAZMIN DEL  
ROCIO MAZZINI  
MORAN**

Mgtr. Jazmín del Roció Mazzini Morán

Tutor de Tesis

C.C. 0930097704

## AGRADECIMIENTO

Siendo esta una de las etapas más grandes en mi vida, quiero agradecer a mi SEÑOR JESÚS por permitirme vivir toda esta experiencia conforme a su voluntad. Aunque el camino no haya sido fácil, la gracia del Dios Todopoderoso, junto a su amor y su infinita misericordia, ha estado conmigo cada día, guiándome y ayudándome para así poder perseverar, luchar y salir victoriosa de cada prueba que ha puesto en toda esta trayectoria. Gracias, mi Dios, por guardarme como a la niña de tus ojos y cubrirme bajo la sombra de tus alas. Le agradezco porque para Él es toda la gloria.

Agradezco a mi padre, DIEGO ADOLFO BARREIRO POVEDA, y a mi madre, JENNY MARITZA PÉREZ ACOSTA, por todo el apoyo que me brindaron en todas las etapas de mi vida. Yo, más que nadie, sé que todo lo que soy el día de hoy es gracias a ustedes, por su amor, por su trabajo, por su esfuerzo, por su perseverancia y por todo lo que sacrificaron para que yo pudiera convertirme en una Gran Ingeniera Civil. Gracias, papá y mamá, por apoyar, confiar y creer en su pequeña hija que salió de casa en busca de un sueño, aquel sueño que entre risas y nostalgia veíamos tan lejos y que hoy ya es una realidad. Saber que todo lo que soy ahora es gracias a ustedes, quienes siempre estuvieron y estarán acompañándome en cada paso importante que Dios tenga preparado para mí, es una gran satisfacción. Este logro no es solo mío, este logro también es de ustedes, por ser el más claro ejemplo de que rendirse nunca será una opción. Siempre les expreso mi amor, y esta no será la excepción para que sepan que los amo con todo mi corazón.

Agradezco a mis hermanos, RONNIE BARREIRO y XIMENA BARREIRO, por todo el apoyo que recibí de ustedes, por enseñarme a no rendirme, por enseñarme que la vida nunca será fácil, pero siempre hay que ir con la cabeza en alto para enfrentar cada obstáculo. Gracias por enseñarme que siempre tengo que ser la mejor en todo lo que me proponga hacer. Gracias por ser mi mayor ejemplo para seguir adelante, y gracias por todas las risas que borraron cualquier tristeza. Son mis hermanos y los amo.

De igual forma, quiero agradecer a mi amiga SOLANGE RODRÍGUEZ, quien ha estado conmigo desde el primer semestre de esta gran aventura. Gracias por tu apoyo incondicional, por las largas horas de trabajo conjunto, y por ser una fuente constante de motivación. Esta tesis no habría sido posible sin tu colaboración y compromiso. Estoy profundamente agradecida por haber compartido esta experiencia contigo, y por todo lo que hemos logrado juntas. Este trabajo es tanto tuyo como mío, y siempre guardaré con cariño el recuerdo de todo lo que hemos vivido en nuestra etapa universitaria.



## **DEDICATORIA**

A mis padres, DIEGO BARREIRO y JENNY PÉREZ quienes con su amor, sacrificio y apoyo incondicional me han guiado en cada paso de mi vida. Gracias, por sus palabras de aliento en los momentos difíciles, y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia. Todo lo que soy y lo que he logrado es gracias a ustedes. Esta tesis es el fruto de todo su apoyo, y con amor y gratitud se las dedico.

A mis hermanos, RONNIE BARREIRO y XIMENA BARREIRO, con quienes he compartido cada etapa de mi vida. Gracias por ser una fuente constante de inspiración, por sus consejos, su apoyo y por estar siempre a mi lado. Sus palabras de aliento y su fe en mí han sido fundamentales en este camino. Esta tesis es para ustedes, como un pequeño reflejo del amor y la unión que compartimos: “Tres hermanos, tres amigos, idénticos, iguales, parecidos”. Con todo mi cariño, se las dedico.

A mis queridos sobrinos, KRISTHELL, RAPHAEL y MARCOS, cuya alegría y curiosidad han sido una fuente constante de inspiración. Cada uno de ustedes me ha enseñado a ver el mundo con ojos nuevos, a disfrutar de las pequeñas cosas, y a perseverar con entusiasmo. Esta tesis es un testimonio de lo que se puede lograr con dedicación y esfuerzo, y se las dedico con todo mi amor, con la esperanza de que siempre cumplan con todos sus propósitos con determinación y nunca dejen de aprender. Que este trabajo sea un recordatorio de que con esfuerzo y perseverancia todo es posible. Anhelo que siempre persigan sus sueños con la misma pasión.

**BARREIRO PÉREZ ODALYS NICOLLE**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme salud, sabiduría para alcanzar todo lo que me propuse en este camino, por la vida de mis padres, hija, pareja y hermana, también porque cada día bendice mi vida con la hermosa oportunidad de estar y disfrutar al lado de las personas que me aman.

A mi padre WALTER APARICIO RODRIGUEZ BORBOR y a mi madre ANA JESSENIA REDROVAN TUTIVEN por ser el pilar fundamental y haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, gracias por darme su amor, tiempo, dedicación, gracias por creer en mí y en mis expectativas, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí, su apoyo constante y su fe en mis capacidades me han impulsado a superar obstáculos y a esforzarme siempre por alcanzar la excelencia.

A mi pareja MARLON JOSUE MORAN LÁZARO por apoyarme en este proceso y entender lo importante que es para mí, gracias por estar a mi lado celebrando mis éxitos aprecio profundamente todo el tiempo y esfuerzo que has invertido para ayudarme a alcanzar esta meta. Este trabajo es un reflejo de nuestro esfuerzo compartido y de la fortaleza que me has dado. A mi hija KEYSHA AYTHANNA MORAN RODRIGUEZ por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día, hace 5 años atrás cuando apenas eras una bebe empecé esta etapa y lograrlo junto a ti me enorgullece, gracias por estar siempre a mi lado y por ser la luz que ilumina mi camino.

A mi hermana desde que comenzaste a seguir mis pasos en esta carrera, he tenido el privilegio de ver cómo tu determinación y esfuerzo se reflejan en cada uno de tus logros. Tu dedicación y pasión por el campo que compartimos han sido un recordatorio constante de por qué me embarqué en este camino en primer lugar.

A mi compañera de tesis ODALYS BARREIRO, gracias por el tiempo, dedicación, criterio, esfuerzo hemos logrado concluir este proyecto. Aprecio profundamente tu capacidad para compartir ideas, resolver problemas y mantener un espíritu positivo incluso en los momentos más desafiantes.

## **DEDICATORIA**

Dedico este logro a mis padres, es tanto suyo como mío. Gracias por estar siempre a mi lado, por creer en mí y por darme las herramientas para superar cada obstáculo. Su dedicación y amor han sido mi mayor impulso, y esta tesis es un testimonio de todo lo que he aprendido de ustedes.

A mi hija, tu alegría, curiosidad y amor incondicional me han dado la fuerza para superar los desafíos y alcanzar mis metas. Espero que este logro te inspire a seguir tus propios sueños y a creer en ti misma tanto como yo creo en ti

Dedico esta tesis a mis queridas abuelas, JESÚS TUTIVEN y NANCY BORBOR, cuya presencia y amor han dejado una huella imborrable en mi vida. Aunque ya no están físicamente conmigo, su sabiduría, valores y cariño siguen guiando cada paso que doy.

A todas las personas que han dejado una huella en mi vida académica y personal. A mi familia, por su amor incondicional. A mis mentores y colegas, por su orientación y apoyo. A todos aquellos que han creído en mí y me han inspirado a seguir adelante. Esta tesis es el reflejo de sus contribuciones y mi agradecimiento hacia ustedes.

**RODRIGUEZ REDROVAN SOLANGE NICOLE**

## RESUMEN

El presente proyecto asumió como objetivo proponer el diseño de redes de AASS- AALL por medio de cálculos adecuados teniendo en cuenta la situación actual del sector Sube y Baja. Por tanto, se utilizó un enfoque cuantitativo el cual se basó en la obtención de datos, aplicando un alcance descriptivo que consistió en la recopilación de información como la topografía, demografía e infraestructura, ubicación, el terreno, las pendientes y los rasgos hidrológicos de la zona de estudio. Asimismo, se empleó la técnica de la encuesta, apoyado por un cuestionario compuesto por nueve preguntas con el propósito de conocer las diferentes opiniones de los habitantes del sector. Por otra parte, la técnica de la observación sirvió para obtener información del lugar a través de una ficha de datos. Respecto a la población, estuvo conformada por 865, donde al aplicar la fórmula estadística, dio como resultado una muestra de 266 personas. Con relación al diseño del sistema, se tuvo en cuenta una planilla de cálculo el cual contenía diversos parámetros importantes. Dentro de los resultados relevantes se identificó que el problema común que han afrontado los moradores ha sido los malos olores, por ello, la mayoría estuvo dispuesto a participar a que se diseñe e implemente un nuevo sistema de alcantarillado. Haciendo énfasis a los costos que llevaría implementar el sistema de alcantarillado sanitario y pluvial, según los cálculos se estimada un valor de \$1,082,232.88, con un adicional del 25% para costos indirectos y un 15% de IVA, resultando un total \$1,555,709.77.

**Palabras claves:** Saneamiento, Alcantarillado, Lluvia

## **ABSTRACT**

The objective of this project was to propose the design of AASS-AALL networks through appropriate calculations taking into account the current situation of the Sube y Baja sector. Therefore, a quantitative approach was used which was based on obtaining data, applying a descriptive scope that consisted of collecting information such as topography, demographics and infrastructure, location, terrain, slopes and hydrological features of the study area. Likewise, the survey technique was used, supported by a questionnaire composed of nine questions with the purpose of knowing the different opinions of the inhabitants of the sector. On the other hand, the observation technique served to obtain information about the place through a data sheet. Regarding the population, it was made up of 865, where when applying the statistical formula, it resulted in a sample of 266 people. Regarding the design of the system, a calculation sheet was taken into account which contained various important parameters. Among the relevant results, it was identified that the common problem faced by residents has been bad odors, therefore, the majority was willing to participate in the design and implementation of a new sewage system. Emphasizing the costs that would be involved in implementing the sanitary and storm sewage system, according to calculations, a value of \$1,082,232.88 is estimated, with an additional 25% for indirect costs and 15% VAT, resulting in a total of \$1,555,709.77.

**Keywords:** Sanitation, Sewerage, Rain.

## ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE SIMILITUD .....	iv
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALESvi	
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
DEDICATORIA.....	ix
AGRADECIMIENTO.....	x
DEDICATORIA.....	xi
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	2
ENFOQUE DE LA PROPUESTA .....	2
1.1 Tema.....	2
1.2 Planteamiento del Problema .....	2
1.3 Formulación del Problema .....	4
1.4 Objetivo General .....	4
1.5 Objetivos Específicos.....	4
1.6 Idea a Defender .....	4
1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.....	4
CAPITULO II .....	5
MARCO REFERENCIAL.....	5
2.1 Marco Teórico .....	5
2.1.1 Antecedentes Históricos .....	5
2.1.2 Antecedentes Investigativos .....	6
2.1.3 Fundamentación teórica .....	8
2.1.3.1 Historia del Alcantarillado.. .....	8
2.1.3.2 Alcantarillado.....	8
2.1.3.3 Sistema de Alcantarillado.....	9
2.1.3.4 Sistema de Alcantarillado Sanitario (AASS) .....	10
2.1.3.5 Importancia de los Sistemas de Alcantarillado Sanitario .....	10
2.1.3.6 Componentes de una Red de Alcantarillado Sanitario .....	11

2.1.3.7	Parámetros de Diseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario..	13
2.1.3.8	Sistema de Alcantarillado Pluvial (AALL).....	15
2.1.3.9	Tipos de Sistemas de Alcantarillado Pluvial. ....	16
2.1.3.10	Característica del Sistema de Alcantarillado Pluvial. ....	16
2.1.3.11	Componentes de Alcantarillado Pluvial. ....	20
2.1.3.12	Parámetros de Diseño del Sistema Alcantarillado Pluvial. ....	21
2.1.3.13	Factores que Actúan en el Diseño de la Red de Alcantarillado.	23
2.1.3.14	Tipos de Sistemas de Alcantarillado.....	24
2.1.3.15	Niveles de Sistema de Alcantarillado.....	26
2.1.3.16	Aguas Residuales.....	26
2.1.3.17	Clasificación de las Aguas Residuales. ....	27
2.1.3.18	Componentes Dañinos de las Aguas Residuales.....	29
2.1.3.19	Características Físicas de las Aguas Residuales. ....	29
2.1.3.20	Características Químicas de las Aguas Residuales. ....	31
2.1.3.21	Características Biológicas de las Aguas Residuales. ....	33
2.1.3.22	El impacto en la salud y el ambiente de las aguas residuales. .	34
2.1.3.23	Tratamiento de las aguas residuales.....	35
2.1.3.24	Formas de tratamiento de las aguas residuales. ....	36
2.1.3.25	Tipos de tratamiento de las aguas residuales. ....	38
2.1.3.26	Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. ....	39
2.1.4	Marco Legal.....	41
2.1.4.1	Constitución de la Republica del Ecuador 2008 .....	41
2.1.4.2	Ley de Gestión Ambiental.....	41
2.1.4.3	Ley Orgánica de Salud .....	42
2.1.4.4	Capitulo segundo: derechos del buen vivir. ....	43
CAPÍTULO III .....		44
MARCO METODOLÓGICO .....		44
3.1	Enfoque de la Investigación .....	44
3.2	Alcance de la Investigación.....	44
3.3	Técnica e Instrumentos para Obtener los Datos.....	45
3.3.1	Encuesta.....	45
3.3.2	Observación.....	45
3.3.4	Modelación .....	45
3.3.5	Herramientas complementarias .....	45

3.3.6	Cálculos.....	45
3.4	Población y Muestra.....	46
3.4.1	Población.....	46
3.4.2	Muestra.....	46
3.5	Procesamiento de Información.....	47
3.5.1	Elaboración del Cuestionario para la Encuesta.....	47
3.5.2.	Elaboración de la Guía de Observación.....	49
3.5.3.	Desarrollo del Diseño.....	50
3.6	Levantamiento Topográfico de la Comuna Sube y Baja.....	51
3.6.1	Elaboración de la planilla de cálculo AASS.....	52
3.6.2.1	Longitud.....	52
3.6.2.2	Área.....	52
3.6.2.3	Población.....	52
3.6.2.4	Coefficiente de Retorno.....	53
3.6.2.5	Dotación.....	53
3.6.2.6	Factor de Fugas.....	54
3.6.2.7	Coefficiente de Harmon.....	54
3.6.2.8	Caudal Medio de Aguas Residuales.....	54
3.6.2.9	Caudal Infiltración.....	55
3.6.2.10	Caudal de Aguas ILÍCITAS.....	55
3.6.2.11	Caudal de Diseño.....	55
3.6.2.12	Diámetro Interno.....	55
3.6.2.13	Pendiente.....	56
3.6.2.14	Relaciones de Manning.....	56
3.6.2.15	Cotas.....	57
3.6.3	Elaboración de la Planilla de Cálculo AALL.....	57
3.6.3.1	Longitud.....	57
3.6.3.2	Área.....	57
3.6.3.3	Coefficiente de Escorrentía.....	57
3.6.3.4	Tiempo de Concentración.....	58
3.6.3.5	Periodo de Retorno.....	58
3.6.3.6	Intensidad de Lluvia.....	58
CAPÍTULO IV.....		60
PROPUESTA O INFORME.....		60



4.1	Resultados de la encuesta .....	60
4.2	Resultados de la guía de observación .....	69
4.3	Calculo de la Red de Alcantarillado .....	70
4.3.1	Diseño de Alcantarillado Sanitario Comuna Sube y Baja .....	70
4.3.2	Cálculo de la Red de Alcantarillado Pluvial.....	72
CONCLUSIONES.....		80
RECOMENDACIONES .....		81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		82
ANEXOS .....		89

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Línea de Investigación Institucional.....	4
Tabla 2 Coeficientes de incremento poblacional .....	15
Tabla 3 Cuestionario de preguntas dirigido a los habitantes .....	48
Tabla 4 Guía de observación .....	50
Tabla 5 Valores de coeficiente de retorno .....	53
Tabla 6 Valores del caudal infiltración.....	55
Tabla 7 Coeficientes Curva IDF .....	59
Tabla 8 Estado actual del sistema de saneamiento .....	60
Tabla 9 Problemas con el manejo de aguas residuales .....	61
Tabla 10 Problemas de saneamiento .....	62
Tabla 11 Sistema de descarga de aguas servidas.....	63
Tabla 12 Mantenimiento en el sistema de saneamiento .....	64
Tabla 13 Implementación de un sistema de alcantarillado .....	65
Tabla 14 Peligros de un sistema de alcantarillado .....	66
Tabla 15 Colaboración comunitaria.....	67
Tabla 16 Mejoras de un nuevo sistema de alcantarillado.....	68
Tabla 17 Observación de campo.....	69
Tabla 18 Cálculo de la Red de Alcantarillado AASS .....	70
Tabla 19 Cálculo de la Red de Alcantarillado AALL .....	72
Tabla 20 Presupuesto .....	75

## ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1 Estado actual del sistema de saneamiento.....	60
Gráfica 2 Problemas con el manejo de aguas residuales .....	61
Gráfica 3 Problemas de saneamiento .....	62
Gráfica 4 Sistema de descarga de aguas servidas .....	63
Gráfica 5 Mantenimiento en el sistema de saneamiento .....	64
Gráfica 6 Implementación de un sistema de alcantarillado .....	65
Gráfica 7. Peligros de un sistema de alcantarillado.....	66
Gráfica 8 Colaboración comunitaria .....	67
Gráfica 9 Mejoras de un nuevo sistema de alcantarillado .....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sistema de alcantarillado .....	9
Figura 2 Conexión domiciliaria .....	11
Figura 3 Elementos que conforman un sistema de alcantarillado sanitario.....	13
Figura 4 Método de los Polígonos de Thiessen .....	17
Figura 5 Método de Isoyetas.....	18
Figura 6 Sistema de alcantarillado separado .....	25
Figura 7 Sistema de alcantarillado combinado.....	25
Figura 8 Aguas domesticas .....	27
Figura 9 Aguas residuales industriales.....	28
Figura 10 Esquema de desarenador .....	36
Figura 11 Trampa de grasa.....	37
Figura 12 Esquema de flotador por aire disuelto (FAD) .....	37
Figura 13 Ubicación geográfica del sector Sube y Baja .....	46
Figura 14 Sistema de AASS.....	71
Figura 15 Aportaciones del sistema AALL .....	73
Figura 16 Sistema de AALL.....	74
Figura 17 Obtención de datos topográficos.....	102
Figura 18 Levantamiento de datos .....	102
Figura 19 Vivienda común del sector Sube y Baja .....	103
Figura 20 Camino del sector Sube y Baja .....	103
Figura 21 Letrina al exterior de una vivienda.....	104
Figura 22 Avenida principal del sector .....	105

## INTRODUCCIÓN

El sistema de alcantarillado es uno de los servicios básicos más sustanciales para el progreso de una comunidad, pues es una forma de eliminar los residuos líquidos derivados de entornos domésticos, industriales o comerciales. Dicho sistema se trata de una infraestructura que se encarga de garantizar la salud pública y la calidad de vida en cualquier población, además de prevenir enfermedades y estancamientos de agua, que de igual modo pueden afectar al medioambiente (López y Pico, 2023).

El sector Sube y Baja de la provincia de Santa Elena ha experimentado un crecimiento significativo en su población y desarrollo urbano durante los últimos años. Por tanto, este crecimiento ha abordado la demanda de distintos servicios básicos, entre ellos se encuentra un sistema de alcantarillado eficiente y confiable. Con el propósito de brindar una solución técnica a esta necesidad, se efectuó este estudio para asegurar la correcta evacuación de los residuos generados por las actividades humanas diarias, ya que no solo sería una medida de higiene para mejorar la calidad de vida de los habitantes, sino que también sirva para prevenir problemas de salud y contaminación ambiental.

Es importante tener en cuenta que para el diseño del sistema de alcantarillado se debe considerar diversos factores, como la topografía del terreno, el crecimiento poblacional proyectado, las normas ambientales vigentes y la capacidad de las instalaciones existentes. Además, el uso de programas especializados también se ha convertido en una práctica habitual en la ingeniería civil para optimizar el diseño y la gestión de estos sistemas.

El objetivo de este proyecto es proponer el diseño de redes de alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial a través de cálculos eficientes y económicos, tomando en cuenta la situación actual del sector Sube y Baja. Este diseño se enfocará en proporcionar una solución integral que incluya la recolección, transporte y tratamiento de las aguas residuales, asegurando la salud pública y la protección del medio ambiente.

## CAPÍTULO I

### ENFOQUE DE LA PROPUESTA

#### 1.1 Tema

Diseño del sistema de alcantarillado del sector Sube y Baja, ubicado en la provincia de Santa Elena.

#### 1.2 Planteamiento del Problema

De acuerdo con la información brindada por el Banco Mundial (2020), a escala global, 3600 millones de personas no tienen acceso a servicios de alcantarillado sanitario gestionado de forma segura y alrededor del 8% aún practica la defecación al aire libre. A pesar de los avances característicos entre el año 2000 y la actualidad, 2400 millones de personas solamente han alcanzado a acceder a letrinas o retretes reformados. No obstante, cerca de 1,7 millones de personas siguen sin acceso ni siquiera a servicios básicos. De estas, 580 millones comparten instalaciones de saneamiento renovadas con otros hogares, estimadas como servicios limitados, y 616 millones utilizan instalaciones no mejoradas.

En América Latina, a pesar de la alta urbanización que existe actualmente, persisten graves problemas de agua y saneamiento que afectan a millones de personas de diferentes tipos de comunidades. Por tanto, la mitad de los residentes no poseen acceso a redes de alcantarillado, y cerca de una cuarta parte no dispone de agua por medio de sistemas de conductos o tuberías apropiados. Del mismo modo, alrededor del 26% usa formas alternativas de saneamiento, como es el caso de fosas sépticas o letrinas, mientras que las plantas de tratamiento de aguas residuales apenas cubren alrededor del 15% de los efluentes originados, con frecuencia ofreciendo un tratamiento de calidad insuficiente (Fluence, 2024).

En Ecuador, la situación del saneamiento durante los últimos años se ha empeorado debido al vertiginoso crecimiento poblacional y la creciente demanda, agravando la contaminación, principalmente de aguas residuales que, en ciertos casos, se descargan sin tratamiento en las calles, generando malos olores e insalubridad. En torno al 80% de la población rural y el 40% de la población urbana enfrentan problemas de parasitosis, con un impacto especialmente grave en los niños. La recolección y gestión de aguas residuales representan desafíos en varias

provincias, lo cual contribuye a problemas sanitarios en los cantones y resulta en una contaminación ambiental severa que constituye una amenaza para la salud pública (Palma et al., 2021).

En ciudades clave como Quito, Guayaquil y Cuenca, la descarga directa de residuos contaminantes en ríos y esteros sin tratamiento adecuado es común, exacerbada por la falta de sistemas separados de alcantarillado pluvial y sanitario, lo que dificulta la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales. Esta falta de coordinación y planificación en la red de alcantarillado ha contribuido a inundaciones periódicas durante épocas de lluvias intensas, afectando negativamente a la sociedad en general. La situación se ve agravada por la prevalencia de pozos sépticos construidos sin cumplir con las normativas sanitarias y ambientales, representando focos significativos de contaminación, especialmente en las áreas urbanas marginales (García y Palma, 2024).

En la provincia costera de Santa Elena, el sector Sube y Baja enfrenta graves dificultades relacionados con las aguas servidas e inundaciones. A lo largo de los años, estas circunstancias han afectado tanto la economía como la salud de sus habitantes. La falta de un sistema adecuado de alcantarillado para aguas servidas y aguas lluvias ha obligado a los residentes a adaptarse creando pozos sépticos en cada vivienda, lo que genera malos olores y condiciones insalubres. Además, durante la temporada de lluvias, la comuna sufre inundaciones debido a la ausencia de redes de alcantarillado.

El contacto con aguas contaminadas representa un riesgo peligroso para la salud humana, pues al no ser tratadas se convierten en fuentes de nutrientes para organismos patógenos, que a su vez causan múltiples enfermedades mortales. Asimismo, estas aguas contienen sustancias tóxicas que las hacen inadecuadas para el consumo humano, representando una amenaza para la salud de la población. Por tal razón, es crucial implementar un sistema de alcantarillado eficiente y sostenible para mitigar estos problemas y garantizar un entorno seguro y saludable para todos los habitantes.

### 1.3 Formulación del Problema

¿Qué parámetros deberían considerarse para el diseño de redes de alcantarillado, maximizar la eficiencia de remoción de contaminantes, minimizar costos operativos, y garantizar la calidad de vida de los moradores?

### 1.4 Objetivo General

Proponer el diseño de redes de AASS- AALL mediante cálculos eficientes y económicos tomando en cuenta la situación actual del sector de estudio.

### 1.5 Objetivos Específicos

- Analizar el estado actual y los problemas del sistema de alcantarillado de la comuna Sube y Baja.
- Elaborar un diseño de redes de alcantarillado de AASS Y AALL de acuerdo a las Normativas y cumplimientos ambientales.
- Estimar los costos que se requieren para la implementación y ejecución del sistema de AASS-AALL.

### 1.6 Idea a Defender

El diseño de un sistema de alcantarillado sanitario y pluvial en la comuna sube y baja, permitirá la reducción de aguas residuales contaminadas desechadas al río y mal olores, obteniendo una mejor calidad de vida de los moradores del sector.

### 1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.

El presente estudio corresponde a la línea de investigación institucional de la facultad de ingeniería, industria y construcción es territorio y medio ambiente. En la Tabla 1, se percibe una mejor descripción del mismo.

**Tabla 1**

Línea de Investigación Institucional

<b>Dominio</b>	<b>Línea de investigación institucional</b>	<b>Sub línea</b>
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnologías de construcción	Territorio, medio ambiente	Materiales de construcción

Elaborado por: Barreiro y Rodríguez, (2024)

## CAPITULO II

### MARCO REFERENCIAL

#### 2.1 Marco Teórico

##### 2.1.1 *Antecedentes Históricos*

El sector Sube y Baja, inicialmente parte de la parroquia Chanduy, se encuentra entre los fundadores de la Sociedad Obrera Democrática de Chanduy, establecida el 26 de septiembre de 1912.

La comunidad se originó con la llegada de varias familias pioneras, incluyendo la familia Reyes de La Barranca (actual parroquia Julio Moreno), la familia Santos de Engabao (hoy parroquia Atahualpa), y la familia Martínez de Manabí. A estas se unieron posteriormente las familias González, Rodríguez, Suárez, y Borbor, entre otras. En sus inicios, Sube y Baja pertenecía a la jurisdicción de la parroquia Chanduy, pero hoy forma parte de la parroquia Julio Moreno.

El nombre "Sube y Baja" se deriva de la experiencia de los habitantes de La Barranca al viajar a Santa Elena. Cuando bajaban la montaña decían: "Nos vamos de bajada" y al regresar: "Nos vamos de subida". Este juego de palabras resultó en el nombre Sube y Baja, que ha perdurado hasta la actualidad.

Buscando autonomía, la comunidad decidió organizarse bajo la Ley de Régimen de Comunas, promulgada en 1937 por el General Alberto Enríquez Gallo. En 1938, fundaron su institución comunal, liderada por las numerosas familias Rodríguez. La comuna obtuvo reconocimiento jurídico en 1942. Actualmente, Sube y Baja está dividida entre comuneros "de afuera" (que emigraron) y "de adentro" (que permanecieron).

El sector abarca aproximadamente 18,000 hectáreas, con grandes áreas privatizadas y montañosas utilizadas para la producción de carbón, una de las principales actividades económicas junto con la agricultura. Originalmente, los recintos Las Cañas, Isera y Carrizal formaban parte de su jurisdicción, pero solo la cabecera comunal persiste hoy.



La Escuela Fiscal "Abdón Calderón" se encarga de la educación primaria. La comunidad celebra anualmente las festividades de su patrona, la Virgen de la Anunziasta. Los jóvenes participan activamente en el "Club Social y Deportivo Ecuador" y el Club Deportivo "Estrella Roja". Pese a las dificultades, los habitantes de Sube y Baja son reconocidos por su tranquilidad, sencillez y laboriosidad, esperando mejores condiciones para el futuro.

### **2.1.2 Antecedentes Investigativos**

Paredes (2024), en su trabajo de titulación tuvo como propósito elaborar un modelo de una red de alcantarillado sanitario en el sector Flor de Azalea del cantón Atacames. Para lograr este objetivo, utilizó un enfoque cuantitativo, que ayudó a procesar y ordenar toda la información conseguida en el campo de estudio a través de tablas, representaciones gráficas y un mecanismo topográfico. Como resultado, se efectuó un diseño de un sistema de alcantarillado sanitario usando un software especializado. Dicho diseño se elaboró para reducir la contaminación de los ríos y los riesgos para la salud, además de evacuar las aguas residuales de manera segura, mejorando así la calidad de vida y protegiendo el medio ambiente. La viabilidad del proyecto fue confirmada por medio la modelación en el software SewerGEMS, permitiendo elaborar un presupuesto referencial de \$93,251.74.

El estudio efectuado por López y Pico (2023), asumieron como objetivo diseñar un sistema de alcantarillado sanitario dirigido a los residentes del río Guayas perteneciente a la parroquia Picoazá, para ello, llevaron a cabo una investigación de campo el cual permitió la recopilación de información. Dentro del proyecto se establecieron los principios de diseño y los parámetros hidráulicos para la red de alcantarillado sanitario en el sector, acogiendo las normas del Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN) CPE 5. Según los resultados, el modelo hidráulico funcionó por gravedad y recolectó las aguas residuales por medio de tuberías de 200 mm, que estaban conectadas a través de pozos de inspección principal de diferentes alturas. Además, el costo estimado del proyecto se basó en la actualización de precios proporcionada por la cámara de comercio y la contraloría del estado, teniendo en cuenta la mano de obra y el costo de los materiales de construcción. El valor total, incluyendo el IVA, ascendió a \$210,593.40.

Cisneros (2024), planteó como objetivo diseñar un sistema de alcantarillado sanitario en la ciudadela Santa Elena de Bucay, para lo cual efectuó una investigación mixta que consistió en la recopilación y análisis de datos y a su vez comprender la realidad subjetiva. Con relación a los resultados se identificó que gran parte de los habitantes han experimentado obstrucciones en las cañerías de alcantarillado sanitario, provocando malos olores y afectaciones a los residentes. Además, se demostró que el alcantarillado sanitario actual no se encuentra óptimamente diseñado, por lo que existen problemas como el exceso de diámetro de las tuberías, estableciendo que es necesario la implementación de un nuevo diseño de la red. Finalmente, el autor concluyó que los recursos técnicos y el diagnóstico efectuado han verificado que sí se podrían resolver inconvenientes en pro de la eficacia de los servicios básicos como es el caso del alcantarillado sanitario.

El trabajo final realizado por Carmona y Pozo (2023), tuvo como objetivo diseñar una red que involucrara las áreas comerciales del sector a la red existente, teniendo en cuenta criterios de optimización operativa, sostenibilidad socioeconómica y ambiental. Durante el desarrollo del proyecto, se recopilaron datos sobre la infraestructura actual y se propusieron alternativas de diseño alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Con base a los resultados, se evaluaron parámetros óptimos de diseño para prevenir la sedimentación y la erosión, considerando las condiciones operativas y de mantenimiento. Las áreas evaluadas se ajustaron al Catastro Municipal, con caudales de 8.71 l/s y 8.67 l/s para el primer y segundo sector, respectivamente. Por tanto, el proyecto proporcionó una solución integral y sostenible para el saneamiento en Los Vergeles, mejorando las condiciones de vida y cumpliendo con los estándares ambientales.

Aguaguiña (2022), asumió como finalidad diseñar una red de alcantarillado sanitario para mejorar las condiciones de vida de los caseríos Chumaqui, Sigualo, Pamatug y Chambiato de la parroquia García moreno. Para llevar a cabo los estudios topográficos, se utilizó equipo especializado que abarcó la toma de 486 puntos con sus respectivas alturas. Posteriormente, se procedió al diseño del alcantarillado sanitario utilizando el software Civil 3D, cumpliendo con las normativas nacionales e internacionales vigentes para el diseño de redes de alcantarillado. En los resultados se realizó una evaluación del influente y el efluente en las plantas de tratamiento de aguas residuales, proporcionando datos relevantes sobre el funcionamiento de la

infraestructura estudiada. Al finalizar se elaboró un presupuesto referencial de \$337,907.47 USD, con el objetivo de que este proyecto pueda ser considerado para futura implementación.

### **2.1.3 Fundamentación teórica**

**2.1.3.1 Historia del Alcantarillado.** De acuerdo con lo que indica Bermeo y Vega (2024), los desagües en las calles existen desde el inicio del Imperio Mesopotámico en Irak (4000-2500 a.C.). No obstante, las primeras civilizaciones que implementaron sistemas de drenaje y alcantarillado organizados fueron las culturas minoica y harappa, en Creta y el valle del Indo, después del 3000 a.C.

Durante la era minoica, se realizaron extensos proyectos de planificación y construcción de sistemas de drenaje para proteger tanto a las crecientes poblaciones como a las tierras agrícolas. En los palacios minoicos descubiertos en el siglo XX, uno de los aspectos más relevantes fue la gestión del agua, tanto para abastecimiento como para desechos pluviales y residuales, utilizando sistemas hidráulicos. Las civilizaciones minoicas y del valle del Indo, seguidas por los helenos y romanos, fueron pioneras en el desarrollo de la hidráulica aplicada a los sistemas de alcantarillado y drenaje, destacando por su enfoque en el saneamiento (Bermeo y Vega, 2024).

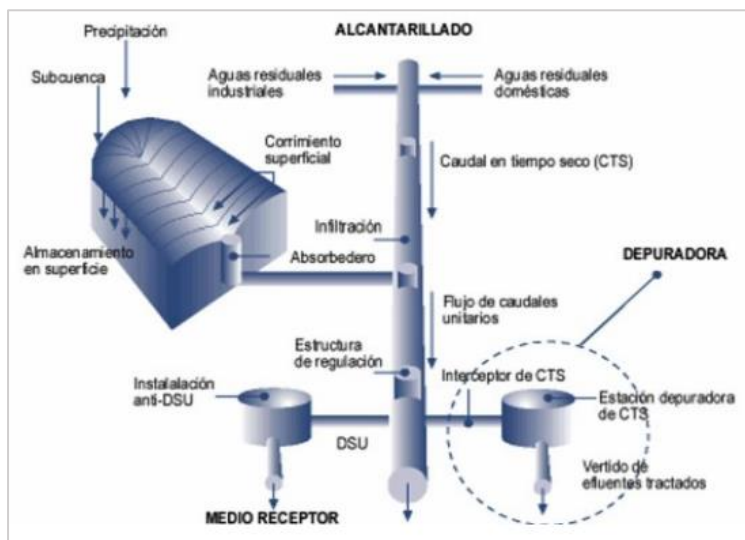
La aplicación de principios de saneamiento ha sido crucial desde tiempos antiguos, adaptándose a las capacidades técnicas de cada época para resolver problemas, como la gestión de aguas residuales urbanas. Actualmente, más de 2.600 millones de personas carecen de saneamiento adecuado, lo que evidencia la urgente necesidad de soluciones sostenibles y accesibles para el suministro de agua y saneamiento. Desde mediados del siglo XX, los sistemas de alcantarillado han sido regulados por leyes en los países desarrollados, aunque persisten áreas sin acceso a ellos (Franz et al., 2015).

**2.1.3.2 Alcantarillado.** Es una estructura diseñada para evacuar las aguas de escorrentía. Su función es drenar tanto corrientes permanentes como ocasionales, además de conducir los caudales provenientes de canales que recogen el agua de lluvia sobre una vía. Las alcantarillas pueden estar hechas de concreto, metal o PVC, y constan de varias partes, como la encole, estructura de entrada, poceta o lavadero, muro cabezal, aletas, tubería y estructura de salida (Lozano, 2020).

**2.1.3.3 Sistema de Alcantarillado.** Pérez (2015), señala que el alcantarillado es una red de tuberías y estructuras diseñadas para transportar y gestionar desechos humanos o aguas pluviales. Estos sistemas son obras hidráulicas que operan mayormente por gravedad, aunque en casos excepcionales pueden incluir tuberías que funcionan bajo presión. Normalmente están compuestos por canales enterrados debajo de las calles, con secciones transversales circulares u ovaladas.

Para Toala (2024), los sistemas de alcantarillado consisten en una red de tuberías y componentes clave, diseñados para evacuar aguas residuales de manera eficiente y segura, evitando así riesgos para la salud humana. Este tipo de sistema se encarga específicamente de recolectar y evacuar aguas residuales domésticas e industriales. Es esencial para el desarrollo urbano, ya que transporta las aguas servidas a instalaciones donde se depuran. No obstante, es crucial que las tuberías estén bien diseñadas y en buen estado, ya que problemas como filtraciones pueden contaminar el suelo o fuentes de agua cercanas.

**Figura 1**  
Sistema de alcantarillado



Fuente: Aguado, (2020)

Los sistemas de alcantarillado son una infraestructura subterránea vital en áreas urbanas. Mantener su funcionamiento adecuado requiere inspecciones y mantenimiento periódicos tanto de las tuberías como del suelo que las rodea. A lo largo de su vida útil, las tuberías están sometidas a diferentes cargas, y cuando estas exceden su capacidad, pueden desencadenarse fallas que generan defectos como grietas en su estructura (Noshahri et al., 2022).

**2.1.3.4 Sistema de Alcantarillado Sanitario (AASS).** Está diseñado específicamente para la recolección y transporte de aguas residuales, incluyendo aquellas generadas por hogares, negocios y otras fuentes, hacia plantas de tratamiento o cuerpos receptores de agua. Este sistema tiene como finalidad procesar o diluir estas aguas para minimizar su impacto ambiental y proteger la salud pública. Por tanto, su función es crucial para asegurar la gestión adecuada de las aguas residuales, evitando la contaminación ambiental y la propagación de enfermedades (Morales y Toapanta, 2016).

Por otra parte, Márquez (2020), manifiesta que la red de alcantarillado higiénico o sanitario se encarga de separar las aguas residuales de las aguas pluviales y las dirige hacia instalaciones especializadas de procesamiento. En estos lugares, se lleva a cabo la eliminación de sustancias contaminantes y la purificación del agua antes de devolverla al entorno natural. Además, el diseño de estos sistemas incluye la planeación de la red de tuberías, la ubicación estratégica de los pozos de inspección, la selección de la planta de tratamiento y la estimación del presupuesto necesario para su construcción y mantenimiento.

**2.1.3.5 Importancia de los Sistemas de Alcantarillado Sanitario.** Según Sojobi y Zayed (2021), en términos de salud pública previene la propagación de enfermedades al eliminar las aguas residuales y negras que podrían albergar patógenos peligrosos como el cólera y la hepatitis A. Del mismo modo, mejora la higiene ambiental, reduciendo la exposición a contaminantes y promoviendo un entorno más limpio y seguro para los habitantes.

Desde la perspectiva ambiental, el sistema de alcantarillado contribuye a conservar el agua al tratar las aguas residuales para su reutilización en diversas actividades, mientras que también evita la contaminación de cuerpos de agua al prevenir la descarga de aguas sin tratar. Esto protege los ecosistemas acuáticos y preserva la biodiversidad (Ganesan et al., 2020).

Van Bijnen (2018), menciona que social y económicamente, proporciona una mejor calidad de vida al facilitar condiciones habitacionales más saludables y dignas, al tiempo que fomenta el desarrollo económico al ser fundamental para el crecimiento ordenado de las comunidades urbanas y la atracción de inversiones. Por tanto, el

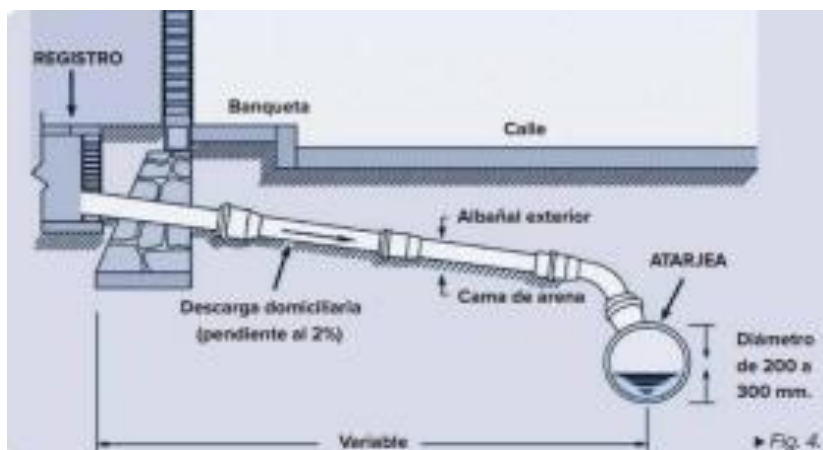
sistema de alcantarillado es esencial para el bienestar integral de las poblaciones y para la sostenibilidad ambiental y económica de las regiones donde se implementa.

**2.1.3.6 Componentes de una Red de Alcantarillado Sanitario.** Para Orozco y Tapia (2017), el sistema de alcantarillado está compuesto por diversos elementos, los cuales se describen seguidamente.

#### a) Conexión domiciliaria

La conexión domiciliaria incluye los componentes que permiten que las aguas residuales generadas en viviendas sean vertidas en la red pública de alcantarillado. Estos elementos consisten en tuberías y registros que conectan la salida sanitaria de un edificio al sistema de alcantarillado general (Orozco y Tapia, 2017).

**Figura 2**  
Conexión domiciliaria



Fuente: GTO, (2018)

#### b) Red de atarjeas

La red de atarjeas, o red terciaria, está diseñada para recolectar y transportar aguas residuales domésticas, comerciales e industriales hacia colectores, interceptores o emisores. Consta de tuberías por las que el agua entra gradualmente, lo que requiere ampliaciones en las secciones de los conductos a medida que aumenta el volumen de caudal, con diámetros mayores en los tramos finales de la red (Guillén y Perero, 2023).

### **c) Subcolectores, colectores e interceptores**

- Subcolector: tubería que recibe las aguas residuales de las atarjeas y se conecta a un colector, con un diámetro generalmente menor a 61 cm.
- Colector: recoge las aguas negras de las atarjeas y las conduce hacia un interceptor, emisor o planta de tratamiento. No se permite conectar albañales directamente a un colector.
- Interceptor: tuberías que recogen el agua de dos o más colectores y las dirigen hacia un emisor o planta de tratamiento (Orozco y Tapia, 2017).

### **d) Emisores**

- Emisor: canal que transporta el agua residual desde uno o más colectores o interceptores hacia la planta de tratamiento, o bien lleva el agua tratada al sitio de descarga. Los emisores funcionan mayormente por gravedad, excepto en casos donde se requiere bombeo
- Emisores a gravedad: conducen el agua por tuberías o estructuras específicas aprovechando la gravedad.
- Emisores a presión: cuando la topografía no permite un emisor a gravedad, se recurre a sistemas de presión o bombeo (Orozco y Tapia, 2017).

### **e) Estaciones de bombeo**

Estas instalaciones elevan las aguas residuales desde niveles inferiores a superiores cuando es necesario. Sin embargo, se prefieren en situaciones estrictamente necesarias debido a su alto costo (Berrios y Cervantes, 2015).

### **f) Pozos de inspección**

Son estructuras de inspección y mantenimiento que poseen una abertura en la parte superior, y facilitan la conexión de dos o más colectores. Por tanto, estas estructuras forman parte de la infraestructura del sistema de alcantarillado, ubicadas a intervalos específicos, permitiendo un acceso sencillo a los colectores para realizar tareas de inspección y limpieza. Son fundamentales en situaciones de cambios en la pendiente, diámetro, material, dirección o en la intersección de los colectores (Naula y Quezada, 2023).

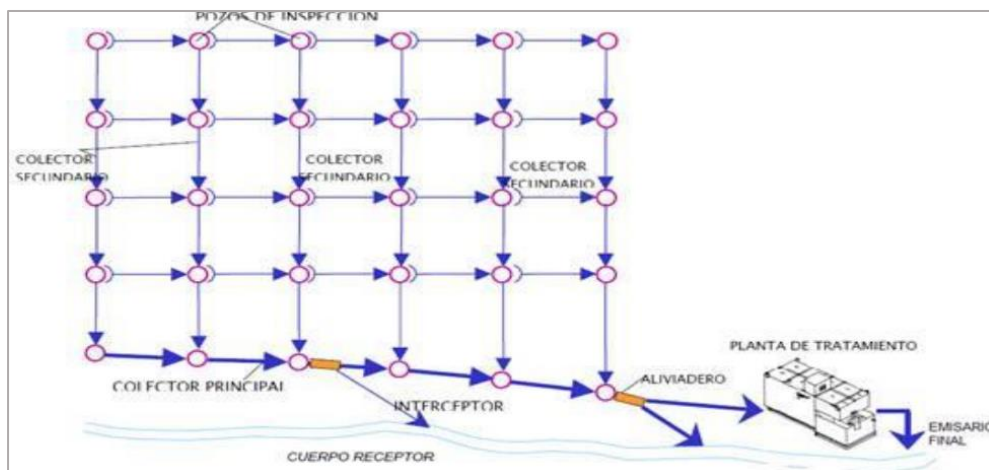
## f) Tratamiento

El tratamiento de las aguas residuales busca eliminar material orgánico y agentes patógenos, protegiendo así los recursos hídricos. Los métodos incluyen rejillas, trituradores, tanques sépticos, tanques INHOFF, lagunas de estabilización, lodos activados, entre otros (Berrios y Cervantes, 2015).

## g) Disposición final

Una vez tratadas, las aguas residuales se pueden descargar en cuerpos de agua naturales como arroyos, ríos, lagos o el mar. También pueden ser reutilizadas para riego agrícola, parques, jardines o en procesos industriales (Berrios y Cervantes, 2015).

**Figura 3**  
Elementos que conforman un sistema de alcantarillado sanitario



Fuente: Saguapac, (2019)

### 2.1.3.7 Parámetros de Diseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario.

#### a) Periodo de diseño

Según Bravo y Solís (2018), el periodo de diseño depende de la importancia de la obra, las facilidades para su ampliación una vez finalizado el periodo, la capacidad económica de la comunidad, la tasa de crecimiento poblacional y el impacto ambiental causado por la ejecución de la obra. El periodo de diseño o planificación debe establecer las condiciones básicas del proyecto, como la capacidad del sistema para satisfacer la demanda futura, la densidad actual y máxima, la durabilidad de los materiales y equipos utilizados, la calidad de la construcción, así como su operación y mantenimiento.



## **b) Población**

La estimación de la población es un componente crucial en la planificación de un sistema de alcantarillado. Esta población proyectada debe coincidir con la estimada al final del periodo de diseño, también conocido como año horizonte del proyecto. Además, se debe realizar una estimación de la población futura cada 5 años hasta alcanzar el año horizonte. Para determinar la población beneficiada por el proyecto, se parte de la población actual de la comunidad mediante la realización de encuestas. Este proceso asegura que se tenga una cifra precisa de la población actual. Por otro lado, la población futura al final del periodo de diseño se calcula mediante fórmulas matemáticas que proyectan el crecimiento poblacional en el área de estudio (Bravo y Solís, 2018).

## **c) Requisitos básicos**

Las Normas de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito (EMAAP-Q, 2017), establecen los siguientes pasos para estimar la población:

- Censos de población: Se utilizan los datos demográficos, especialmente los censos de población del INEC y otros disponibles de servicios públicos locales. A partir de estos censos, se deben obtener parámetros para proyectar el crecimiento poblacional.
- Censos de vivienda: Con la información de los censos de población y vivienda se puede calcular el promedio de habitantes por vivienda, lo cual es útil para analizar las descargas por cliente o conexión. Estos datos deben complementarse con información sobre establecimientos comerciales, industriales e institucionales (EMAAP-Q, 2017).

## **d) Métodos de Cálculo para Poblaciones Futuras**

- Método Aritmético: considera un aumento absoluto constante en el número de individuos en una población año tras año o período tras período. La ecuación utilizada para calcular esta tasa es la siguiente (INEN, 2013).

$$r = \frac{\left(\frac{Pf}{Pa}\right) - 1}{n}$$

- Método Geométrico: Este método de proyección crece más rápidamente que el modelo lineal, ya que implica que la población existente o inicial se reinvierte en cada intervalo de tiempo. (INEN, 2013)

$$r = \left[ \left(\frac{Pf}{Pa}\right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] \times 100$$

- Método Exponencial: Representa un aumento rápido de la población. Su aplicación a largo plazo requiere precaución, ya que existe el riesgo de un crecimiento desmesurado en un futuro distante. (INEN, 2013)

$$r = \frac{\ln\left(\frac{Pf}{Pa}\right)}{n}$$

Donde: Pf = Población Futura.

Pa = Población Actual

r = Tasa de crecimiento

n = Período de Tiempo

#### d) Coeficientes de incremento

La Norma del Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2013) capítulo 9-1 indica la siguiente tabla que refiere al incremento poblacional de acuerdo a estudios regionales en el país.

**Tabla 2**  
Coeficientes de incremento poblacional

Coeficientes de incremento poblacional	
Regiones geográficas	R(%)
Sierra	1
Costa	1.5

Fuente: INEN, (2013)

Elaborado por: Barreiro y Rodríguez, (2024)

**2.1.3.8 Sistema de Alcantarillado Pluvial (AALL).** Un sistema de alcantarillado pluvial consiste en una red de conducción compuesta por tuberías,

estructuras de recolección y dispositivos de descarga diseñados para gestionar y controlar el flujo de aguas de lluvia en áreas urbanas con diversas superficies, como edificios, calles, aceras y jardines. Su objetivo principal es evitar el estancamiento de las aguas pluviales y facilitar su drenaje eficiente (Roldán y Prieto, 2020).

**2.1.3.9 Tipos de Sistemas de Alcantarillado Pluvial.** Según Castañeda (2023), existen varios tipos de sistemas para el manejo de aguas pluviales, entre ellos:

- Sistema de Alcantarillado Pluvial Convencional. Este sistema está compuesto por tuberías, canales y alcantarillas diseñadas para recoger y transportar el agua de lluvia.
- Sistema de Alcantarillado Pluvial Sostenible. Se centra en la utilización de técnicas y materiales ecológicos para la construcción del sistema de drenaje. Se emplean materiales como el concreto poroso y se implementan soluciones como techos verdes para disminuir la cantidad de agua que llega a las tuberías de alcantarillado.
- Sistema de Alcantarillado Pluvial Natural. Se basa en el uso de métodos naturales para el drenaje de las aguas de lluvia. Incluye técnicas como la creación de jardines de lluvia y zonas de infiltración.

**2.1.3.10 Característica del Sistema de Alcantarillado Pluvial.** El tipo de sistema de alcantarillado a implementar está determinado por las características del proyecto, como su tamaño, topografía y condiciones económicas. Es decir, en localidades pequeñas con ciertas condiciones topográficas, podría ser viable comenzar con un sistema de alcantarillado sanitario básico, permitiendo que las aguas pluviales fluyan por las calles (Jiménez, 2023).

#### **a) Intensidad de Precipitación.**

Solarte (2021), indica que es la cantidad de agua de lluvia que cae en un punto específico por unidad de tiempo, y está inversamente relacionada con la duración de la tormenta. Esta intensidad representa la tasa temporal de precipitación, es decir, la cantidad de agua caída medida en milímetros por unidad de tiempo. Puede ser instantánea o promedio durante la duración de la lluvia, siendo la intensidad promedio la más comúnmente utilizada y se puede expresar de la siguiente manera:

$$i = \frac{p}{t}$$

Donde:

$i$ = Intensidad en mm/h

$P$ = Precipitación en mm

$t$ = Duración horas

Castañeda (2023), comenta que las lluvias pueden variar tanto en el espacio como en el tiempo. Para el diseño hidrológico, es crucial obtener el valor promedio de precipitación sobre la cuenca. Los datos de lluvias intensas reflejan las condiciones específicas del lugar de las mediciones, por lo que es necesario conocer la precipitación total en toda el área de la cuenca.

Bravo (2020), da a conocer que existen varios métodos para estimar la precipitación en un área a partir de datos puntuales, tales como:

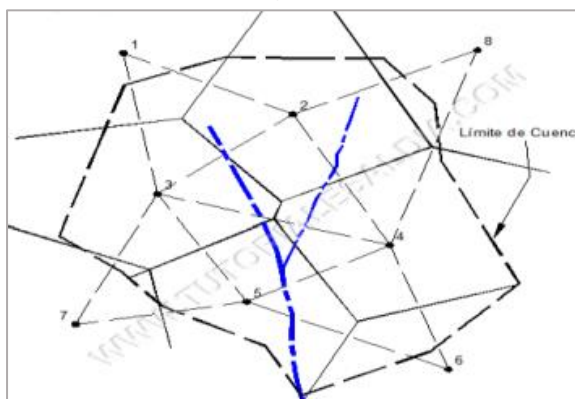
- El método de la media aritmética. La precipitación media se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

Donde:  $P_i$  es la precipitación puntual en la estación  $i$  y  $n$  el número de estaciones dentro de los límites de la cuenca en estudio.

- El método de polígonos de Thiessen. El método asigna a cada estación un peso proporcional a su área de influencia, definida de la siguiente manera: se conectan todas las estaciones adyacentes mediante líneas rectas, de forma que no se crucen entre sí, creando así triángulos.

**Figura 4**  
Método de los Polígonos de Thiessen



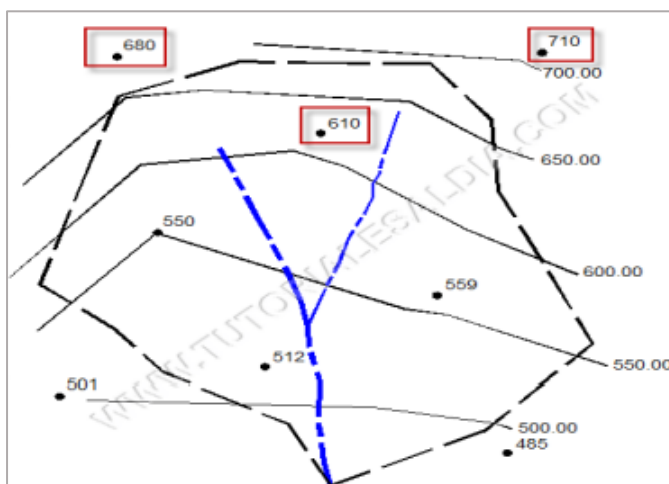
Fuente: Monsalve, (2002)

Para realizar el Cálculo de la Precipitación Media sobre la cuenca mediante la expresión:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \times A_i}{\sum A_i}$$

- El método de las isoyetas. Basándose en los valores puntuales de precipitación registrados en cada estación dentro de la cuenca, se generan, mediante interpolación, las líneas de igual precipitación.

**Figura 5**  
Método de Isoyetas



Fuente: Monsalve, (2002)

Estas líneas se conocen como isoyetas. Un mapa de isoyetas es un elemento esencial en cualquier estudio hidrológico, ya que no solo permite cuantificar el valor medio de la precipitación, sino que también ofrece una representación gráfica de su distribución en la zona durante el período analizado. Tras elaborar las isoyetas, será necesario calcular el área entre ellas para determinar la precipitación media utilizando la fórmula:

$$P = \frac{\sum_{j=1}^n \left[ \frac{P_j + P_{j+1}}{2} \right] A_j}{\sum_{j=1}^n A_j}$$

Donde:

P<sub>j</sub>: Valor de la Precipitación de la Isoyeta j.

A<sub>j</sub>: Área incluida entre dos isoyetas consecutivas (j y j+1).

m: Número total de isoyetas.

## b) Duración de la lluvia

El caudal será máximo cuando la duración de la lluvia coincida con el tiempo de concentración del área drenada. El tiempo de concentración se refiere al período que tarda el agua en desplazarse desde el punto más distante de la cuenca hasta el colector, o, dicho de otro modo, es el tiempo que transcurre desde el inicio de la lluvia hasta que toda el área está contribuyendo al colector. Este tiempo depende de factores como la pendiente y el tipo de superficie, y suele variar entre 10 y 20 minutos. El tiempo de recorrido en el colector dependerá de la velocidad y la longitud del mismo entre pozos. Hay varias ecuaciones empíricas que permiten calcular el tiempo de concentración (Defaz, 2018).

$$T_{cmin} = 0.1637 \times A + 8.68$$

Donde:

T<sub>cmin</sub>: es el tiempo de concentración mínimo de la cuenca, medido en minutos.

A: es el área de drenaje de la cuenca, expresada en hectáreas.

Según la ecuación, para un área de drenaje muy pequeña, el tiempo mínimo será de aproximadamente 9 minutos.

El tiempo de recorrido en zanjas y depresiones, cuando no se encuentran en áreas montañosas, se puede calcular utilizando la ecuación de Manning, que se expresa de la siguiente manera:

$$T_d = \frac{Ln}{60 \times R^{2/3} \times S^{1/2}}$$

Donde:

T<sub>d</sub>: Tiempo de recorrido en minutos

L: Longitud del recorrido en metros

n: Coeficiente de rugosidad de Manning

R: Radio hidráulico de la sección del conducto natural (en metros)

S: Pendiente de la línea de energía.

### **c) Intensidad de lluvia**

Se refiere a la tasa promedio de precipitación, medida en milímetros por hora, para una cuenca o subcuenca de drenaje específica. Esta intensidad se determina en función de la duración de la lluvia de diseño y el periodo de retorno. La duración de diseño corresponde al tiempo de concentración del área de drenaje en cuestión, mientras que el periodo de retorno se define según los estándares de diseño o lo selecciona el hidrólogo como parámetro de diseño. Se asume que la esorrentía alcanza su valor máximo en el tiempo de concentración, es decir, cuando toda la cuenca está aportando al flujo en el punto de salida. El tiempo de concentración se define como el tiempo que tarda una gota de agua en desplazarse desde el punto más lejano de la cuenca hasta el punto de interés (Cruz, 2018).

**2.1.3.11 Componentes de Alcantarillado Pluvial.** Los elementos principales de un sistema de alcantarillado pluvial, de acuerdo con Paucar (2019), contienen diversas categorías de estructuras esenciales:

- Estructuras de captación: Encargadas de recolectar las aguas pluviales, estas pueden ser sumideros u otras estructuras diseñadas para captar el agua de las vialidades y cunetas, direccionándola hacia el sistema de drenaje.
- Estructuras de conducción: Constituyen la parte central del sistema al transportar las aguas captadas hacia su destino final o áreas de tratamiento. Estas estructuras pueden ser conductos cerrados (tuberías) o abiertos (canales).
- Estructuras de conexión y mantenimiento: Facilitan la interconexión entre diferentes tuberías, incluso de distintos diámetros o materiales, y proporcionan acceso para el mantenimiento y limpieza de los conductos. Estas estructuras se conocen comúnmente como pozos de visita.
- Estructuras de descarga: Protegen la salida final del sistema de alcantarillado, asegurando que el flujo de agua no cause daños a la infraestructura.
- Estructuras complementarias: Incluyen elementos adicionales necesarios para resolver problemas específicos dentro del sistema de

alcantarillado pluvial, como estructuras para disipar energía o plantas de tratamiento de aguas.

- Disposición final: es crucial para el proyecto de alcantarillado, determinando cómo y dónde se liberarán las aguas tratadas.

### **2.1.3.12 Parámetros de Diseño del Sistema Alcantarillado Pluvial.**

#### **a) Periodo de diseño**

Según las directrices de la EMAAP (2009), el período de diseño o planificación debe establecer los requisitos fundamentales del proyecto, tales como la capacidad del sistema para manejar la demanda futura, la densidad actual y las previsiones de saturación, la resistencia de los materiales y equipos utilizados, la calidad de la construcción, y la eficiencia en su operación y mantenimiento.

#### **b) Periodo de retorno**

Este período se calcula como la inversa de la probabilidad de excedencia anual y representa el tiempo promedio (en términos probabilísticos) durante el cual se espera que ocurra o se supere un evento hidrológico específico. Dado que los eventos naturales como los caudales o las precipitaciones son fundamentalmente aleatorios, un evento con un período de retorno decenal, por ejemplo, ocurre en promedio una vez cada diez años a largo plazo. Esto ilustra el concepto probabilístico de eventos independientes, como se consideran las lluvias o los caudales máximos anuales (EMAAP, 2009).

#### **c) Caudal de diseño**

El caudal de diseño se determina mediante varios métodos para estimar el flujo de agua de lluvia sobre una cuenca, los cuales se dividen en categorías según sus enfoques:

- Método Racional: es adecuado para cuencas de tamaño reducido (hasta 200 ha) y con características hidrológicas e hidráulicas sencillas, es decir, sin elementos de retención o retardos.
- Modelos hidrometeorológicos lluvia – caudal: Para cuencas con un tamaño superior a 200 hectáreas o que incluyan elementos de control o gestión activa de caudales y volúmenes de escorrentía, se utilizarán



programas computacionales especializados para calcular hidrogramas de crecidas basados en lluvias de diseño (EMAAP, 2009).

#### **d) Tiempo de concentración**

El tiempo de concentración de una cuenca se refiere al tiempo que tarda el agua de lluvia, caída en el punto más distante de la cuenca, en llegar a la sección de desagüe. Este tiempo total de viaje generalmente se calcula sumando el tiempo de flujo superficial, el tiempo de viaje por los canales secundarios y el tiempo de desplazamiento por el cauce principal hasta el punto de control.

$$tc = ti + tf$$

Donde:

tc: Tiempo de concentración

ti: Tiempo inicial o de entrada al sistema de alcantarillado

tf: Tiempo de flujo a lo largo de los conductos del sistema de alcantarillado

El tiempo mínimo de concentración en áreas urbanas para los tramos iniciales del alcantarillado sin sistemas afluentes se establece en 5 minutos. Para estimar el tiempo de escurrimiento en los canales secundarios y el cauce principal, se puede utilizar la fórmula de Manning (EMAAP, 2009).

$$t = \frac{L}{60 \times V}$$

Donde:

t = tiempo de viaje en el conducto (min)

L = longitud (m).

V = velocidad media en la sección de escurrimiento (m/seg) = Q/A

#### **e) Velocidad mínima**

La velocidad mínima aceptable es de 0.75 m/s, considerando el caudal mínimo y el nivel de agua en una tubería que está parcialmente llena. Además, se debe asegurar que este nivel de agua sea al menos de 5.0 cm en pendientes pronunciadas y de 7.5 cm en condiciones normales (EMAAP, 2009).

#### **f) Velocidad máxima**

La velocidad máxima permitida está determinada para evitar la erosión en las tuberías y varía según el material de la tubería y las características de las partículas sólidas que el flujo transporta. Esta velocidad se calcula considerando el caudal máximo excepcional y el nivel de agua correspondiente (en una sección del tubo llena o parcialmente llena). Las velocidades máximas permitidas se establecen y determinan para cada tipo de material de la tubería, teniendo en cuenta los posibles efectos de erosión causados por arenas u otros materiales transportados por el flujo (EMAAP, 2009).

#### **g) Pendientes mínimas**

Cada tramo de la tubería debe mantener una pendiente similar a la del terreno para minimizar las excavaciones. Se recomienda una pendiente mínima del 0.5% para tuberías de 40 cm en redes de drenaje, siempre que las condiciones topográficas y las conexiones lo permitan. Esto asegura que el flujo hidráulico no cause acumulación de sedimentos que puedan reducir la capacidad de los conductos (EMAAP, 2009).

#### **h) Pendientes máximas**

Las pendientes máximas deben garantizar que no se excedan los límites del tramo en estudio y las condiciones del diseño, considerando la velocidad máxima permitida, que varía según el tipo de material de la tubería. Para pendientes pronunciadas, es aconsejable no superar las velocidades permitidas para evitar posibles deslizamientos (EMAAP, 2009).

#### **2.1.3.13 Factores que Actúan en el Diseño de la Red de Alcantarillado.**

Los elementos cruciales a considerar para lograr la configuración más eficiente de un sistema de alcantarillado sanitario incluyen varios factores fundamentales:

- **Topografía:** Es esencial confirmar la ubicación precisa de los colectores y emisores en función de las pendientes generales del terreno local. Esto implica revisar planos topográficos que muestran curvas de nivel y consultar los planes de uso del suelo o de propiedad para garantizar la adecuada disposición del sistema (Rincón, 2023).

- Cálculo de caudales: Los proyectos deben considerar los caudales medios, mínimos, máximos y máximos extraordinarios. Se evalúa la velocidad mínima del flujo en condiciones de caudal bajo y se diseñan los tramos para manejar eficientemente flujos excepcionalmente altos (Araque, 2020).
- Diseño hidráulico: Basado en los datos topográficos y catastrales, se identifican las zonas adecuadas para la instalación, considerando las fases constructivas actuales y futuras. Se desarrollan múltiples alternativas para el diseño geométrico de la red, evaluando criterios económicos y teóricos para seleccionar la opción óptima (Araque, 2020).

**2.1.3.14 Tipos de Sistemas de Alcantarillado.** Existen dos tipos de sistemas de alcantarillado: convencionales y no convencionales.

#### **a) Alcantarillado convencional**

Consisten en infraestructuras hidráulicas que utilizan tuberías de dimensiones significativas y son altamente flexibles en la gestión del sistema. Estas tuberías recogen aguas grises provenientes de hogares y negocios, usualmente instaladas bajo tierra y dirigidas hacia plantas de tratamiento. Este tipo de sistema busca eficiencia y sostenibilidad (Mendoza, 2024).

El sistema de alcantarillado convencional es ampliamente utilizado debido a su flexibilidad operativa. Su gran diámetro ayuda a compensar errores derivados de la incertidumbre en los parámetros de diseño, como los caudales, la futura densidad poblacional y el mantenimiento inadecuado o inexistente (González, 2017).

Según López (2017), los sistemas de alcantarillado convencionales se clasifican en función del tipo de agua que transportan. Los pozos de inspección son esenciales para la red, ya que permiten el acceso para mantenimiento y prevención de obstrucciones. Estos se ubican en las intersecciones de los colectores y donde sea necesario cambiar la dirección del flujo o controlar cambios bruscos en la pendiente del terreno.

En cuanto a los tipos de alcantarillado en los sistemas convencionales, Ramírez (2022), indica que existen de dos clases.

- Alcantarillado separado: En la gestión de aguas urbanas distingue entre las redes para aguas residuales y pluviales, facilitando un tratamiento más específico y eficiente de cada tipo. Al separar las aguas, se reduce la carga en las plantas de tratamiento y se mejora la calidad del efluente, evitando la sobrecarga durante lluvias intensas.

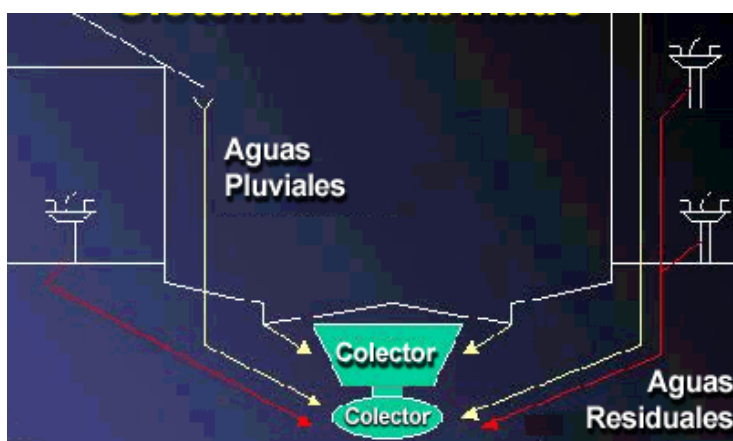
**Figura 6**  
Sistema de alcantarillado separado



Fuente: Iagua, (2019)

- Alcantarillado combinado: Este sistema integra las aguas residuales y pluviales en una sola red de tuberías. Si bien puede ser eficiente en términos de construcción y mantenimiento, enfrenta desafíos durante lluvias intensas, ya que tiende a sobrecargarse, lo que puede provocar desbordamientos de aguas no tratadas y disminuir la eficiencia del tratamiento (Defaz, 2018).

**Figura 7**  
Sistema de alcantarillado combinado



Fuente: Iagua, (2019)

## **b) Alcantarillado no convencional**

Son una alternativa innovadora para el manejo de aguas grises. A diferencia de los convencionales, estos sistemas se adaptan y buscan soluciones más sostenibles. Sin embargo, su implementación depende en gran medida de la topografía del área y de los recursos disponibles, como la densidad poblacional. Una ventaja clave de los sistemas no convencionales es su enfoque en la eficiencia y sostenibilidad, incluyendo la integración de tecnología solar (Saguapac, 2022).

**2.1.3.15 Niveles de Sistema de Alcantarillado.** Los diferentes niveles de sistemas de alcantarillado se eligen en una comunidad tras un análisis técnico y económico que considera las condiciones climáticas locales. Según (Castro y Guerrero, 2018), se evalúan la gestión de la captación del agua, su capacidad de reutilización, así como factores económicos y financieros que influyen en la elección del sistema adecuado.

De acuerdo con la normativa INEN (2013), que regula la elección del alcantarillado sanitario, se selecciona el nivel según la empresa, la región y la población residente:

- Nivel 1: Ideal para áreas rurales con hogares dispersos y caminos en mal estado.
- Nivel 2: Adecuado para zonas con buenas conexiones viales, tráfico y edificaciones.
- Nivel 3: Utilizado en grandes ciudades dentro de los sistemas de alcantarillado tradicionales.

Salazar (2021), señala que se debe destacar que una misma comunidad puede tener varios niveles disponibles de servicios de alcantarillado, dependiendo de la ubicación y las necesidades específicas de cada área.

**2.1.3.16 Aguas Residuales.** Son cuerpos de agua que han sido utilizados en diversas actividades humanas, presentando una composición que incluye varios tipos de contaminantes como sustancias químicas, materia orgánica y microorganismos. Esta contaminación hace que el agua no sea adecuada para su uso original ni para su descarga directa en el entorno natural (Muñoz, 2017).

Bonilla et al. (2021), indican que el agua es utilizada en actividades humanas como bañarse, lavar platos y beber, que también contiene contaminantes disueltos, 4tanto orgánicos como inorgánicos y que generalmente, son transportadas a través de una red de tuberías que las dirige hacia un lugar específico donde pueden ser tratadas.

### **2.1.3.17 Clasificación de las Aguas Residuales.**

#### **a) Aguas residuales urbanas**

Se originan en diversos puntos de entornos residenciales y comerciales. Incluyen aguas negras, que contienen desechos humanos de inodoros, así como aguas grises procedentes de fregaderos, duchas y lavadoras. La composición de estas aguas es variada y puede contener materia orgánica, nutrientes como nitrógeno y fósforo, patógenos, productos químicos de limpieza y cuidado personal, y ocasionalmente metales pesados. Es crucial el tratamiento previo de las aguas residuales urbanas debido a la presencia de estos contaminantes, ya sea antes de su descarga al medio ambiente o su reutilización (Pérez, 2015).

**Figura 8**  
Aguas domesticas



Fuente: Netjet, (2020)

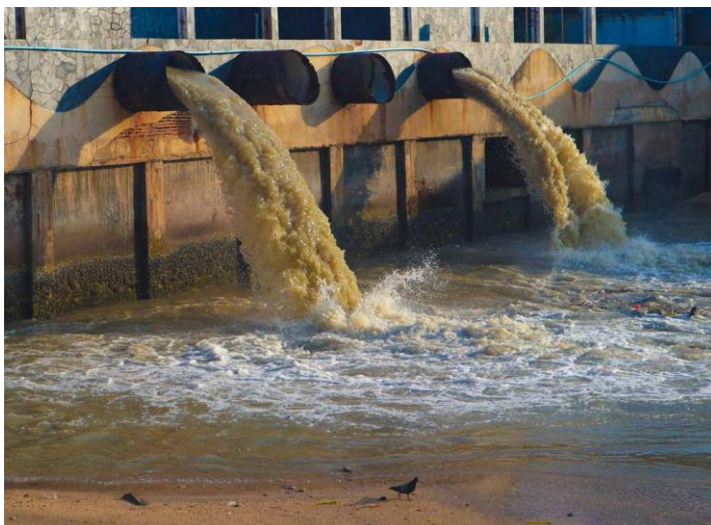
Los desechos domésticos se clasifican en materia orgánica, materia inorgánica y organismos patógenos.

- **Materia Orgánica:** Incluye materiales biodegradables como restos de comida, papel higiénico, residuos de jardinería, cabello y otros materiales orgánicos presentes en los desechos humanos.
- **Materia Inorgánica:** Consiste en materiales no biodegradables como plásticos, metales, vidrio, productos químicos de limpieza, detergentes y otros materiales utilizados en la vida diaria que pueden acabar en las aguas residuales domésticas.
- **Organismos Patógenos:** Son microorganismos como bacterias, virus, protozoos y parásitos que pueden causar enfermedades si entran en contacto con humanos u otros organismos. Estos organismos pueden provenir de las heces humanas y animales presentes en los desechos, así como de otros contaminantes biológicos en el agua (Pérez, 2015).

### **b) Aguas residuales industriales**

Estas aguas son descargadas por instalaciones industriales y pueden contener residuos domésticos e industriales perjudiciales. Se define como agua residual cualquier tipo de agua que haya experimentado una degradación en su calidad como resultado de la actividad humana. Debido a su calidad, cantidad o disponibilidad limitada, este tipo de agua no es apta para el propósito original de su producción o uso inmediato (Cortés, 2017).

**Figura 9**  
Aguas residuales industriales



Fuente: Iagua, (2020)

**2.1.3.18 Componentes Dañinos de las Aguas Residuales.** Mendoza (2024), indica que los efectos negativos de las aguas residuales incluyen diversos aspectos:

- Malos olores: Originados por sustancias extrañas y compuestos que se descomponen anaeróbicamente, generando gases desagradables.
- Acción tóxica: Muchos de los compuestos minerales y orgánicos presentes en las aguas residuales pueden ser nocivos para la flora y fauna de los cuerpos receptores, así como para los consumidores que utilizan estas aguas.
- Potencial infeccioso: Las aguas residuales pueden transmitir enfermedades y representar un peligro para las comunidades expuestas. El riego de plantas alimenticias con estas aguas ha causado epidemias como la amebiasis, y su vertido en el mar puede contaminar criaderos de ostras y peces.
- Modificación de la apariencia física: Las descargas de efluentes contaminados pueden alterar estéticamente áreas recreativas.
- Polución térmica: Algunos residuos líquidos industriales con altas temperaturas pueden generar contaminación térmica en los cuerpos receptores.

### **2.1.3.19 Características Físicas de las Aguas Residuales.**

#### **a) Sólidos Totales**

Se refiere a los sólidos, tanto inorgánicos como orgánicos, que están suspendidos o disueltos en las aguas residuales. La presencia elevada de sólidos disueltos puede afectar negativamente la calidad del agua, haciéndola menos deseable que la de fuentes prístinas y potencialmente dañina para la salud del consumidor (Cueva y Eras, 2021)

Los sólidos suspendidos se mantienen en el agua después de evaporar el líquido y secar el residuo hasta un peso constante a 103 °C. La distinción entre sólidos disueltos y no disueltos se puede hacer evaporando muestras de agua residual filtrada y no filtrada, y clasificando los desechos según el contenido de cenizas y materia volátil a 550 °C (Cortés, 2017).



## **b) Sólidos Suspendidos**

Estos constituyen una parte menor de los sólidos totales y flotan en la superficie del agua. Se clasifican según su origen, ya sea orgánico o inorgánico, y suelen ser eliminados del líquido mediante filtración. Este proceso permite diferenciar entre los sólidos totales y los sólidos en suspensión (Guerrero, 2023).

## **c) Color**

El color del agua de superficie y subterránea es principalmente causado por la materia orgánica disuelta, especialmente la materia húmica acuática que contiene ácidos fúlvicos y húmicos. Esta materia le da al agua un tono pardo amarillento, que puede intensificarse en presencia de hierro. Las partículas suspendidas también contribuyen al color, distinguiéndose entre el color real del agua, después de remover las partículas coloidales, y el color aparente (Guerrero, 2023).

## **d) Turbiedad**

La turbiedad se refiere a la propiedad óptica del agua que resulta de la dispersión y absorción de la luz causada por partículas suspendidas o disueltas. La turbiedad es un factor importante en el control de aguas residuales y está influenciada por la contaminación industrial y los desechos domésticos. Una alta turbiedad puede requerir mayores dosis de cloro para la desinfección, ya que los microorganismos suelen estar adheridos a las partículas suspendidas (Toledo, 2024)

## **e) Salinidad**

Las aguas y suelos contienen sales provenientes de minerales en las rocas de la corteza terrestre. Estas sales se arrastran por el agua de precipitaciones y se integran al suelo o se mantienen disueltas en el agua. La salinidad, que se mide indirectamente con un medidor de conductividad, proviene de fuentes como agua marina o procesos industriales. Las aguas residuales con alta salinidad no son adecuadas para la agricultura, por lo que se recomienda separar las aguas residuales domésticas de las industriales (Toledo, 2024).

## **f) Conductividad**

La conductividad indica la capacidad de un líquido para transportar corriente eléctrica, dependiente de la cantidad de sales y electrolitos disueltos en el agua, así

como de su temperatura. Esta propiedad afecta a la biota acuática y ayuda a detectar fugas en aguas subterráneas o negras. Se mide con una sonda eléctrica y se expresa en mhos/cm o siemens. Las aguas tratadas deben tener una conductividad en el rango de 1000 a 500  $\mu\text{S/cm}$  (Toledo, 2024).

### **g) Olor**

El olor en las aguas residuales generalmente proviene de la liberación de gases durante la putrefacción de la materia orgánica, produciendo sulfuro de hidrógeno y la transformación de sulfatos en sulfitos. Este olor puede ser muy fuerte y debe considerarse en el diseño de sistemas de saneamiento y plantas de tratamiento para evitar molestias a los residentes (Toledo, 2024).

### **h) Temperatura**

La temperatura del agua afecta la vida acuática y la velocidad de las reacciones químicas. El agua residual suele ser más caliente que el agua para abastecimiento debido a procesos industriales y domésticos. Las bacterias requieren temperaturas entre 25°C y 35°C para desarrollarse; temperaturas cercanas a 50°C pueden interrumpir la digestión aerobia y la nitrificación, mientras que temperaturas menores a 5°C pueden detener el crecimiento microbiano (Toledo, 2024).

## **2.1.3.20 Características Químicas de las Aguas Residuales.**

### **1) Potencial de Hidrógeno (pH)**

El pH mide la concentración de iones hidrógeno en el agua, indicando si es ácida o alcalina. Es un parámetro crucial para procesos como la desinfección, coagulación, ablandamiento y corrosión. Para un tratamiento adecuado de las aguas residuales, el pH debe mantenerse dentro de un rango favorable para el desarrollo de microorganismos (Miranda, 2017).

### **2) Acidez**

La acidez es la capacidad de un líquido para reaccionar con una base fuerte, y su valor puede variar dependiendo del punto final de la medición. Los ácidos pueden contribuir a la corrosividad del agua y afectar las reacciones químicas y biológicas en el medio acuoso. La acidez mineral en el agua suele ser causada por desechos industriales, como los provenientes de la metalurgia y la fabricación de ácidos. Este

efecto corrosivo puede perjudicar la flora y fauna cercanas a las plantas de tratamiento de aguas residuales (Miranda, 2017).

### **3) Alcalinidad**

La alcalinidad se refiere a la capacidad del agua para neutralizar ácidos. Está influenciada por la presencia de magnesio, calcio, carbonatos, sodio, potasio y amoníaco. Las aguas residuales domésticas suelen ser ligeramente alcalinas, y este parámetro es importante para el tratamiento de aguas y el control de procesos de digestión anaeróbica. La alcalinidad es también significativa en tratamientos químicos y en la eliminación de amoníaco (Miranda, 2017).

### **4) Dureza**

La dureza del agua se debe a la presencia de cationes polivalentes, como iones de calcio y magnesio. Aunque el consumo de agua dura o blanda no plantea problemas sanitarios significativos, la dureza afecta la formación de espuma en actividades como la lavandería, siendo las aguas blandas más eficaces en este aspecto (Miranda, 2017).

### **5) Cloruros**

Los cloruros son aniones presentes naturalmente en el agua, y su concentración varía según la cantidad de minerales disueltos. Elevadas concentraciones de cloruros aumentan la salinidad del agua, lo que puede indicar contaminación por aguas residuales. Para reducir el exceso de cloruros, se utilizan métodos como la desmineralización mediante condensación, intercambio iónico, ósmosis inversa y evaporación (Miranda, 2017).

### **6) Cloro Residual**

El cloro residual es el cloro que queda en el agua después del tratamiento para desinfectarla y eliminar microorganismos. Este cloro libre reacciona con amoníaco y compuestos de nitrógeno, formando cloraminas y otros compuestos, cuya presencia está influenciada por el pH, la temperatura y la cantidad de cloro aplicado (Miranda, 2017).

## **7) Oxígeno Disuelto (OD)**

El oxígeno disuelto es el oxígeno libre en el agua, disponible para la respiración de peces y microorganismos aerobios. Su concentración está influenciada por la solubilidad del oxígeno, la presión atmosférica, la temperatura y la pureza del agua. Es esencial para el control de la contaminación en las aguas, ya que su presencia refleja las condiciones biológicas y fisicoquímicas del medio acuoso (Romero, 2021).

## **8) Hierro en el Agua**

El hierro en el agua suele encontrarse en concentraciones menores a 1 mg/L y proviene de la disolución de rocas y minerales. En condiciones ácidas, el hierro puede estar en estado ferroso y disuelto. Aunque no afecta directamente la salud, puede causar corrosión y obstrucción en las tuberías. El límite máximo permisible de hierro según el TULSMA es de 0.2 mg/L (Romero, 2021).

### **2.1.3.21 Características Biológicas de las Aguas Residuales.**

#### **a) Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) representa la cantidad total de oxígeno necesaria para oxidar químicamente los componentes orgánicos presentes en una muestra de agua. La DQO suele ser mayor que la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) porque incluye compuestos que no pueden ser degradados por procesos biológicos. Para medir la DQO, se utilizan agentes oxidantes fuertes, como el dicromato potásico en un ambiente ácido con sulfato de plata. Los resultados se expresan en mg/L o ppm, reflejando los equivalentes de los agentes oxidantes empleados. Es importante notar que este análisis no distingue entre materia orgánica que puede ser degradada biológicamente y la que no lo es (Cury et al., 2017).

#### **b) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) mide la cantidad de oxígeno consumido por microorganismos durante la descomposición de materia orgánica en el agua. Este proceso de descomposición ocurre en un entorno acuoso y utiliza la materia orgánica como fuente de alimento para los descomponedores. El valor de la DBO se determina incubando una muestra de agua en un recipiente con aire conocido a 20°C durante 5 días, conocido como DBO5. Los resultados se expresan en mg/L o

ppm. Para aguas residuales domésticas, el valor típico de DBO es de 165 mg/L, mientras que, para industrias papeleras y alimentarias, los valores típicos son de 315 mg/L y 750 mg/L, respectivamente (Cury et al., 2017).

### **c) Depuración Aerobia**

Este proceso biológico se lleva a cabo por microorganismos en presencia de oxígeno. Bacterias y protozoos trabajan en los compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el agua residual, transformando la materia en gases y residuos celulares que pueden ser separados mediante sedimentación. El resultado es la formación de fango biológico, compuesto por colonias de bacterias conocidas como flóculos (Cury et al., 2017).

### **d) Depuración Anaerobia**

En este proceso, la materia orgánica se descompone en un entorno sin oxígeno, gracias a la acción de un grupo diverso de microorganismos, principalmente bacterias estrictamente anaerobias. La presencia de oxígeno puede inhibir estas bacterias. Durante la descomposición, las bacterias generan metano y dióxido de carbono, conocidos como biogás. El resultado final es la producción de fangos que no son putrescibles (Mendoza et al., 2021).

### **e) Oxidación Biológica**

Es el proceso mediante el cual los microorganismos eliminan la materia orgánica del agua negra en presencia de oxígeno y nutrientes. Este proceso incluye dos etapas principales: oxidación y asimilación. En la etapa de asimilación, los microorganismos consumen las sustancias orgánicas presentes en el agua residual, lo que promueve su rápida reproducción. A medida que aumenta el número de microorganismos, la cantidad de materia orgánica disminuye significativamente, formándose nuevas células, gases y otros productos. Los flóculos bacterianos resultantes continúan el tratamiento biológico del agua residual (Toledo, 2024).

#### **2.1.3.22 El impacto en la salud y el ambiente de las aguas residuales.**

Respecto al riesgo para la salud pública puede provocar lo siguiente:

- Enfermedades transmitidas por el agua: Las aguas residuales sin tratar pueden contener patógenos como bacterias, virus y parásitos que causan enfermedades transmitidas por el agua.
- Contaminación del suministro de agua potable: Si las aguas residuales no se tratan adecuadamente, pueden infiltrarse en los acuíferos subterráneos, contaminando las fuentes de agua potable.
- Resistencia a los antibióticos: La presencia de antibióticos en las aguas residuales industriales puede contribuir al desarrollo de bacterias resistentes a los antibióticos, complicando el tratamiento de enfermedades infecciosas (Araque, 2020).

Muñoz (2017), señala que el impacto ambiental de las aguas residuales abarca varios aspectos críticos para los ecosistemas tales como:

- Contaminación del agua: Las aguas residuales, especialmente las industriales, contienen productos químicos tóxicos, metales pesados y compuestos orgánicos que pueden contaminar ríos, lagos y océanos. Estos contaminantes pueden causar la muerte de la vida acuática, alterar ciclos naturales y deteriorar la calidad del agua.
- Alteración de hábitats: La descarga de aguas residuales sin tratar puede destruir hábitats acuáticos cruciales para numerosas especies. La sedimentación y el aumento de nutrientes pueden provocar floraciones de algas nocivas que agotan el oxígeno del agua.
- Bioacumulación: Los contaminantes presentes en las aguas residuales industriales pueden acumularse en los tejidos de organismos acuáticos, introduciendo toxinas en la cadena alimentaria. Esto puede afectar negativamente a la fauna silvestre y, eventualmente, a los humanos que consumen pescado y mariscos contaminados.

**2.1.3.23 Tratamiento de las aguas residuales.** El tratamiento de aguas residuales consiste en la eliminación de impurezas de las aguas residuales y domésticas. Este proceso abarca métodos físicos, biológicos y químicos para eliminar los contaminantes. El objetivo es obtener un efluente ambientalmente seguro y un residuo sólido, conocido como lodo, que sea adecuado para su disposición final.

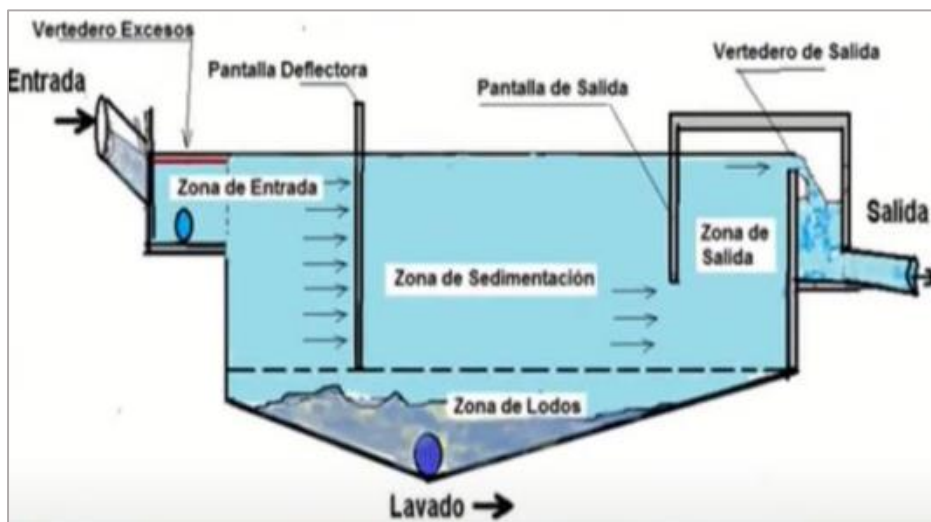
### 2.1.3.24 Formas de tratamiento de las aguas residuales.

#### a) Desarenador

Su función es eliminar partículas de un diámetro específico, como arenas, gravas y cenizas, con tamaños mayores a 0,2 mm. Se enfoca en la remoción de materiales pesados cuya velocidad de sedimentación o peso específico es mayor que el de los sólidos orgánicos presentes en el agua residual. Los desarenadores pueden tener un flujo variable o constante (Mendoza et al., 2021).

**Figura 10**

Esquema de desarenador

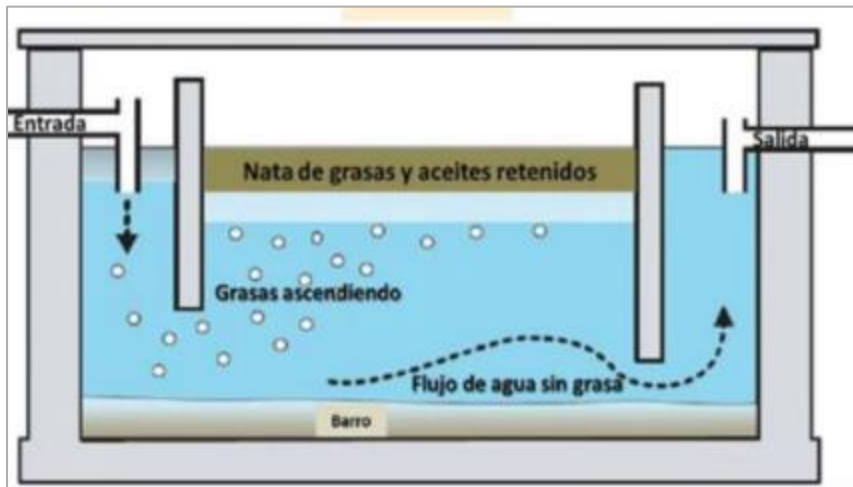


Fuente: Quima, (2019)

#### c) Trampas de grasa

Esta trampa opera de manera similar a un tanque séptico, separando los residuos sólidos y los restos de grasa del agua. Se diseña para manejar grandes cantidades de grasa en las aguas residuales, con el propósito de evitar la saturación de los colectores y reducir los niveles de DBO5 y DQO. Es especialmente útil en áreas con alta actividad comercial y turística, como hoteles, restaurantes, hospitales, servicios de catering y cafeterías. El diseño debe considerar aspectos hidráulicos, tiempos de retención, y las longitudes de entrada y salida. Su construcción debe garantizar un tamaño adecuado para lograr una separación eficaz por gravedad y evitar que las grasas se escapen por el final del sistema. La imagen 9 ilustra un perfil de trampa de grasas para una mejor comprensión (Enríquez y Sarmiento, 2023).

**Figura 11**  
Trampa de grasa

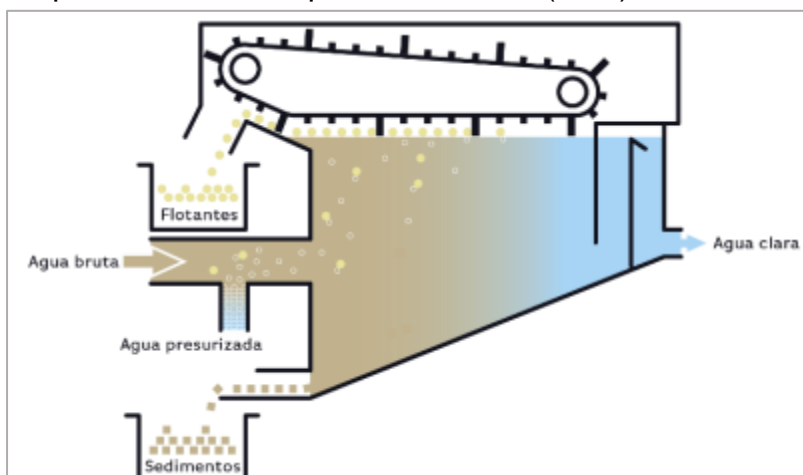


Fuente: Quima, (2019)

### c) Flotadores

La flotación se utiliza eficazmente antes de la sedimentación primaria para reducir los materiales en suspensión. Este proceso permite separar sólidos suspendidos, aceites, grasas, fibras y otros materiales de baja densidad, así como espesar lodos y flotar algas coaguladas. En el tanque de flotación hermético, se introduce aire para presurizar el sistema, y el gas en exceso se libera a través de la presión atmosférica. El diseño del tanque de flotación se basa en la carga superficial del agua o de los sólidos. La imagen 10 ilustra el funcionamiento del flotador mediante aire disuelto (Enríquez y Sarmiento, 2023).

**Figura 12**  
Esquema de flotador por aire disuelto (FAD)



Fuente: Quima, (2019)



### **2.1.3.25 Tipos de tratamiento de las aguas residuales.**

#### **a) Pre Tratamiento**

Se utiliza para eliminar los materiales gruesos que suelen flotar y afectan negativamente la apariencia. Su función principal es retirar la mayor cantidad posible de estas materias de las aguas crudas, evitando así problemas en las etapas de tratamiento siguientes, como obstrucciones en las tuberías, formación de costras y acumulación de arena en los digestores anaerobios (Cueva y Eras, 2021).

#### **b) Tratamiento primario**

El objetivo del tratamiento primario es disminuir los sólidos en suspensión presentes en las aguas residuales. Dado que estos sólidos están compuestos de materia orgánica, el tratamiento primario también reduce la demanda bioquímica de oxígeno. El tratamiento primario de aguas residuales incluye varias técnicas para asegurar una operación eficiente en las etapas siguientes. Entre los procesos aplicables se encuentran la neutralización, que mejora el funcionamiento de los tratamientos posteriores, así como filtración, tamizado, fosas sépticas y tanques Imhoff (Cueva y Eras, 2021).

Según Guerrero (2023), los principales procesos y operaciones unitarias en el tratamiento primario son:

- Neutralización
- Coagulación y floculación (procesos físico-químicos)
- Sedimentación o decantación primaria
- Flotación

#### **c) Tratamiento Secundario**

El tratamiento secundario, o tratamiento biológico, tiene como objetivo principal reducir la materia orgánica coloidal y disuelta. Este proceso utiliza microorganismos que consumen la materia orgánica a través de la coagulación. Tras la etapa biológica, el efluente pasa a sedimentación secundaria para eliminar el flóculo biológico generado. Dependiendo del caso, se puede aplicar un tratamiento aerobio o anaerobio (Guerrero, 2023).

#### **d) Tratamiento Terciario**

Para Guerrero (2023), cuando el efluente no cumple con las normativas ambientales para su descarga, se debe aplicar un tratamiento terciario para eliminar compuestos orgánicos e inorgánicos que afectan la calidad del agua. El tratamiento terciario o avanzado puede tener varios objetivos, entre ellos:

- Reducción de microorganismos fecales y gérmenes patógenos
- Disminución de la demanda de oxígeno mediante nitrificación, que elimina materia orgánica nitrogenada
- Precipitación de fósforo por insolubilización
- Eliminación de materia orgánica refractaria mediante adsorción con carbón activo.

#### **2.1.3.26 Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales.**

##### **a) Fosas Sépticas**

Las fosas sépticas son una opción económica para el tratamiento de aguas residuales domésticas y son ampliamente utilizadas en la cabecera Cantonal de Puerto Quito. Según Romero (2021), existen tres tipos de fosas sépticas:

- Fosas sépticas de concreto: Comúnmente usadas.
- Fosas sépticas de fibra de vidrio: Fáciles de transportar.
- Fosas sépticas de polietileno: Disponibles en varios tamaños y de bajo peso.

Estas fosas deben estar selladas herméticamente para evitar fugas. Funcionan acumulando lodo en el fondo del tanque; a medida que el lodo se acumula, el tiempo que el agua residual permanece en el tanque se reduce, lo que puede llevar a una menor eficiencia en el tratamiento antes de que el agua pase al campo de absorción (Romero, 2021).

##### **b) Sistemas de Depuración Natural**

De acuerdo con Bermeo y Vega (2024), los sistemas de depuración natural eliminan contaminantes del agua residual utilizando elementos presentes en el entorno sin la intervención de sustancias químicas artificiales. Estos sistemas se dividen en dos categorías principales:

- Tratamiento con aplicación en el terreno
- Sistemas acuáticos

Ambos métodos utilizan plantas (fitorremediación), suelo, microorganismos (acuáticos o terrestres) y algunos animales superiores para descontaminar el agua. Entre sus ventajas están el menor requerimiento de operadores, bajo consumo energético y menor producción de lodos. Sin embargo, requieren grandes superficies de terreno y pueden ser inadecuados para aguas residuales con sustancias tóxicas, que pueden dañar el ecosistema local (Moreno et al., 2021).

### **c) Lagunas de Oxidación**

Las lagunas de oxidación almacenan agua residual durante un período variable, dependiendo de las condiciones climáticas y la calidad del agua, para permitir la degradación de la materia orgánica por microorganismos presentes en el agua. Estos sistemas implican sedimentación, oxidación, fotosíntesis, digestión, aireación y evaporación, y se recomiendan para áreas con grandes superficies de terreno y poblaciones de más de 200 habitantes (Moreno et al., 2021).

### **d) Lagunas Anaerobias**

Estas lagunas se construyen primero cuando la carga orgánica es alta y tienen una profundidad de entre 3 y 5 metros. Operan en condiciones anóxicas (sin oxígeno) con una variedad de grupos microbianos, como bacterias hidrolíticas, acidogénicas, acetogénicas y metanogénicas. Estas bacterias descomponen la materia orgánica compleja en ácidos grasos, aldehídos, alcoholes y, finalmente, en gases como metano, amoníaco, dióxido de carbono e hidrógeno (Lazcano Carreño, 2016). Las desventajas incluyen posibles malos olores y la necesidad de descargar el efluente en otra unidad para completar el tratamiento (Moreno et al., 2021).

### **e) Lagunas Facultativas**

Las lagunas facultativas reciben su nombre por la participación de bacterias facultativas en el proceso. Existen dos tipos: la laguna primaria, que recibe el agua residual cruda, y la laguna secundaria, que trata el efluente de la laguna anaerobia. Estas lagunas tienen una profundidad que generalmente varía entre 1 y 2 metros (Cortés, 2017).

#### **2.1.4 Marco Legal**

**2.1.4.1 Constitución de la Republica del Ecuador 2008.** Se tiene en cuenta los siguientes artículos.

Art. 14 - Este artículo reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Implica que todas las personas tienen el derecho básico a un entorno que promueva la salud y esté en armonía con el medio ambiente, incluyendo el acceso a recursos naturales como el agua de manera sostenible y responsable.

Art. 314 - Este artículo establece que el Estado tiene la responsabilidad de proporcionar una serie de servicios públicos esenciales, entre ellos el agua potable y el saneamiento. Además, incluye otros servicios como la energía eléctrica, telecomunicaciones, infraestructuras viales, portuarias y aeroportuarias, según lo determine la ley. Esto implica que el Estado debe asegurar la disponibilidad y el acceso equitativo a estos servicios para todos los ciudadanos.

Art. 401 - Este artículo reconoce el agua y el saneamiento como derechos fundamentales. Establece que el Estado tiene la obligación de garantizar el acceso universal y equitativo a estos servicios básicos para todos los ciudadanos. Esto significa que el gobierno debe implementar políticas y medidas que aseguren que nadie se vea privado del acceso a agua potable segura y a sistemas adecuados de saneamiento.

**2.1.4.2 Ley de Gestión Ambiental.** Se considera los siguientes artículos:

Art. 2 - Este artículo establece los principios fundamentales sobre los cuales se basa la gestión ambiental. Incluye la solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de residuos, así como la adopción de tecnologías ambientalmente amigables y el respeto por las culturas y experiencias tradicionales. Estos pilares son fundamentales para guiar las políticas y acciones que protejan y preserven el medio ambiente.

Art. 4 - Según este artículo, las normativas ambientales emitidas por las instituciones del Estado deben seguir un proceso específico. Esto incluye el desarrollo de estudios técnicos y económicos sectoriales, la evaluación de impacto comunitario, el fortalecimiento institucional, la consulta con organismos pertinentes y la provisión

de información a los ciudadanos. Este proceso asegura que las normativas sean fundamentadas y consideren tanto los aspectos técnicos como las necesidades y preocupaciones de la comunidad.

Art. 8 - El Ministerio responsable del área ambiental tiene la autoridad nacional para liderar, coordinar y regular el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental. Aunque este ministerio tiene un rol principal, otras instituciones estatales también tienen responsabilidades ambientales dentro de sus competencias y según la legislación aplicable. Esto asegura una coordinación efectiva entre diferentes entidades para la gestión ambiental integral.

Art. 20 - Este artículo establece que cualquier actividad que represente un riesgo para el medio ambiente debe obtener una licencia ambiental correspondiente. Esta licencia es otorgada por el Ministerio responsable del área ambiental y asegura que las actividades sean realizadas de manera que minimicen impactos negativos sobre el entorno natural.

#### **2.1.4.3 Ley Orgánica de Salud.** Se estiman los siguientes artículos.

Art. 6 - Según este artículo, el Ministerio de Salud Pública tiene la responsabilidad de desarrollar el plan de salud para la gestión de riesgos en desastres y sus consecuencias. Esto se hace en colaboración con la Dirección Nacional de Defensa Civil y otras entidades competentes.

Art. 102 - Este artículo establece que es responsabilidad del Estado, a través de los municipios y en coordinación con las instituciones públicas pertinentes, proporcionar a la población sistemas de alcantarillado pluvial. Estos sistemas deben diseñarse de manera que no afecten la salud individual, colectiva ni el medio ambiente.

Art.106 - Según este artículo, los terrenos por donde pasen o deban pasar redes de alcantarillado, acueductos o tuberías deben constituirse obligatoriamente en predios sirvientes. Esto significa que deben estar disponibles para la instalación y mantenimiento de estas redes, conforme a lo establecido por la ley.

#### **2.1.4.4 Capítulo segundo: derechos del buen vivir.**

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el Buen Vivir, Sumak Kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados 28.

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

#### **2.1.4.4 Naturaleza y Ambiente**

Estas directrices establecen estándares para los principios y regulaciones ambientales que son fundamentales para la presente investigación en la zona de estudio. Los artículos 395, 396, 398 y 399 enfatizan la relevancia de la tutela estatal del ambiente, la corresponsabilidad ciudadana en su preservación, y la necesidad de un sistema de gestión ambiental.

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Enfoque de la Investigación

El enfoque de la investigación para el diseño del sistema de alcantarillado es cuantitativo. Este enfoque implica la recopilación y análisis de datos numéricos y medibles, lo cual permite obtener resultados precisos y objetivos que faciliten la toma de decisiones informadas.

El enfoque cuantitativo se centra en la obtención de datos que puedan ser representados estadísticamente. Esto incluye el uso de encuestas estructuradas para recoger información relevante sobre la situación actual del sector, las necesidades de los habitantes y las características del entorno. Al utilizar este método, se busca garantizar la objetividad y la reproducibilidad de los resultados, así como la posibilidad de generalizar las conclusiones a toda la población del sector Sube y Baja.

Del mismo modo, la recopilación de datos permite medir aspectos específicos relacionados con el saneamiento, tales como la frecuencia de problemas de salud pública asociados a la falta de un sistema de alcantarillado, la disposición de los residentes a colaborar con la implementación del sistema, y las características físicas del terreno y la infraestructura existente. Estos datos son analizados para identificar tendencias características.

#### 3.2 Alcance de la Investigación

El alcance **descriptivo** de esta investigación se centra en documentar las características del sector Sube y Baja. Esto incluye la recopilación de información sobre la topografía, demografía e infraestructura existente, donde se las particularidades geográficas como la ubicación, el terreno, las pendientes y los rasgos hidrológicos de la zona. Además, se describe la población y las viviendas, incluyendo la cantidad de habitantes, el tipo de viviendas y la densidad poblacional.

El alcance **explicativo** de la investigación se centra en entender las causas y efectos de los problemas asociados con la falta de un sistema de alcantarillado adecuado en el sector. Además, se analizan los impactos negativos de la falta de un

sistema de alcantarillado adecuado en la salud pública, el medio ambiente y la calidad de vida de los residentes.

### **3.3 Técnica e Instrumentos para Obtener los Datos**

#### **3.3.1 Encuesta**

Dicha técnica está dirigida a los habitantes del sector Sube y Baja, con el objetivo de recopilar datos directamente de la comunidad. En este caso se utiliza un cuestionario como instrumento de recolección de datos, el cual incluye preguntas estructuradas que permiten obtener información sobre varios aspectos clave. Las preguntas abordan los puntos de vista de los habitantes.

#### **3.3.2 Observación**

Esta técnica implica una investigación de campo en la zona seleccionada del sector. Permite obtener datos in situ sobre las condiciones actuales del terreno y la infraestructura existente. El instrumento que se usa es la ficha de observación el cual contiene ciertos criterios con sus respectivas evidencias fotográficas.

#### **3.3.4 Modelación**

Se usa para entender y analizar la topografía y las respectivas características del terreno del sector Sube y Baja. Para este caso, Google Earth se utiliza con el propósito de obtener una visión específica permitiendo de tal forma identificar áreas críticas y planificar adecuadamente el sistema de alcantarillado.

#### **3.3.5 Herramientas complementarias**

El programa AutoCAD sirve para elaborar el diseño técnico del sistema de alcantarillado. Por lo tanto, esta herramienta ayuda a crear representaciones precisas y técnicas de las redes de AASS (Aguas Servidas) y AALL (Aguas Lluvias), asegurando que el diseño cumpla con las normativas y estándares requeridos.

#### **3.3.6 Cálculos**

El programa Microsoft Excel sirve de gran ayuda para realizar los cálculos necesarios en lo que corresponde al diseño del sistema de AASS y AALL. De igual manera, este software permite manejar y analizar datos numéricos, facilitando la



estimación de costos, la planificación del presupuesto y el análisis financiero del proyecto.

### **3.4 Población y Muestra**

#### **3.4.1 Población**

La población del sector Sube y Baja en la provincia de Santa Elena es el foco de estudio para el diseño del sistema de alcantarillado. El sector cuenta con un total de 124 lotes, con un promedio de 7 personas por vivienda, lo que resulta en una población aproximada de 865 personas, la cual es la base para la recolección de datos.

Geográficamente, la comuna Sube y Baja se encuentra ubicada en la provincia de Santa Elena, en la parroquia de Simón Bolívar. Está aproximadamente 15 minutos de la comuna Julio Moreno, lo que la sitúa en una zona accesible y con características geográficas específicas que influirán en el diseño del sistema de alcantarillado.

#### **Figura 13**

Ubicación geográfica del sector Sube y Baja



Fuente: Google Earth, (2024)

Elaborado por: Barreiro y Rodríguez, (2024)

#### **3.4.2 Muestra**

Para obtener datos representativos de la población del sector mencionado, se realizó un cálculo de muestra por medio de la fórmula para poblaciones finitas. Esta fórmula es eficiente para poblaciones relativamente pequeñas y permite determinar

el tamaño necesario para garantizar que los resultados sean estadísticamente característicos. Por tanto, para adquirir la muestra se aplicó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 \times PQN}{E^2(N - 1) + Z^2 \times PQ}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

z = Nivel de confianza 1.96 (95%)

p = Probabilidad de éxito de 0.50 (50%)

q = Probabilidad de fracaso de (0.50)

e = Precisión 0.05 (5% de error)

N= Población (865)

Haciendo el reemplazo se obtiene

$$n = \frac{3.84 \times 0.50 \times 0.50 \times 865}{0.0025 \times 864 + 3.84 \times 0.25}$$

$$n = 266$$

Al utilizar esta fórmula, se determinó el tamaño de la muestra el cual dio como resultado 266 habitantes.

### **3.5 Procesamiento de Información**

#### **3.5.1 Elaboración del Cuestionario para la Encuesta**

El cuestionario dirigido a los residentes del sector Sube y Baja se encuentra diseñado para recopilar información relevante del objeto de estudio. Este cuestionario incluye 9 preguntas sobre la frecuencia y tipo de problemas relacionados con el saneamiento, la salud pública, y la disposición de los residentes a colaborar en la implementación de un nuevo sistema.

**Tabla 3**

Cuestionario de preguntas dirigido a los habitantes



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE  
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Formato de encuestas realizadas a los habitantes del sector Sube y  
Baja ubicado en la provincia de Santa Elena**

**1. ¿Conoce como es el estado actual del sistema de saneamiento en su comunidad?**

Bueno	[ ]
Regular	[ ]
Malo	[ ]

**2. ¿Con qué frecuencia experimenta problemas relacionados con el manejo de aguas residuales en su hogar?**

Nunca	[ ]
Raramente	[ ]
A veces	[ ]
Frecuentemente	[ ]
Siempre	[ ]

**3. ¿Qué tipo de problemas de saneamiento ha experimentado en su hogar? (puede seleccionar más de uno)**

Olores desagradables	[ ]
Inundaciones	[ ]
Problemas de salud	[ ]
Contaminación del agua	[ ]

**4. ¿Qué tipo de sistema utilizan para la descarga de aguas residuales o servidas?**

Pozo séptico	[ ]
Letrina	[ ]
Sistema de alcantarillado	[ ]
No tiene sistema	[ ]

**5. ¿Con qué periodicidad realizan mantenimientos o limpiezas en su sistema de saneamiento actual?**

- Nunca [ ]  
Raramente [ ]  
A veces [ ]  
Frecuentemente [ ]  
Siempre [ ]

**6. ¿Considera que la implementación de un sistema de alcantarillado es necesaria en la comunidad?**

- Sí [ ]  
No [ ]

**7. ¿Tiene conocimiento acerca de los peligros de un sistema de alcantarillado inadecuado?**

- Si [ ]  
No [ ]

**8. ¿Está dispuesto a colaborar con esfuerzos comunitarios para mejorar el sistema de alcantarillado?**

- Sí [ ]  
No [ ]

**9. ¿Qué mejoras espera que traiga un nuevo sistema de alcantarillado a su comunidad?**

- Mejorar la salud pública [ ]  
Reducir inundaciones [ ]  
Eliminar olores desagradables [ ]  
Aumentar la calidad de vida [ ]

Elaborado por: Barreiro y Rodríguez (2024)

### **3.5.2 Elaboración de la Guía de Observación**

Esta guía está diseñada para evaluar el estado del saneamiento y manejo de aguas residuales en la comunidad de Sube y Baja. Incluye criterios como la existencia y condición de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial, la presencia de plantas de tratamiento de aguas residuales, y problemas comunes como empozamientos, malos olores, y el estado de los pozos sépticos.

**Tabla 4**

Guía de observación

Guía de observación					
Criterios	Si	No	N/A	Obs.	Evidencia
Sistema de Alcantarillado Sanitario					
Sistema de Alcantarillado Pluvial					
Planta de Tratamiento de					
Aguas Residuales					
Empozamientos					
Malos Olores					
Pozos Sépticos					
Contaminación de Fuentes de					
Agua					
Drenaje de Aguas Pluviales					
Estado de las Calles y Caminos					

Elaborado por: Barreiro y Rodríguez (2024)

### **3.5.3 Desarrollo del Diseño**

El desarrollo del diseño del sistema de alcantarillado para la comunidad de Sube y Baja se llevó a cabo en un orden específico utilizando diversas herramientas tecnológicas:

Google Earth: Esta herramienta se utilizó para realizar el levantamiento topográfico de la zona. Con su ayuda, se puede modelar las líneas de flujo de la red sanitaria de alcantarillado, permitiendo una visualización precisa del terreno y la ubicación de las estructuras necesarias.

Microsoft Excel: Se empleó una hoja de cálculo para dimensionar y diseñar la red sanitaria de alcantarillado. A través de este programa, se determinan los parámetros hidráulicos de las tuberías, tales como diámetros, pendientes y capacidades de flujo, asegurando que el diseño cumpliera con los requisitos técnicos y normativos.

AutoCAD: La información topográfica y las líneas de flujo obtenidas de Google Earth se gestionaron en AutoCAD. Con esta herramienta, se elabora un plano detallado que identifica las líneas de flujo y el trazado completo de la red de alcantarillado. Este plano es esencial para la fase de implementación, ya que proporciona una guía clara y precisa para la construcción del sistema.

### **3.6 Levantamiento Topográfico de la Comuna Sube y Baja**

El levantamiento topográfico se lleva a cabo utilizando diversas técnicas y herramientas para obtener una representación precisa del terreno. Este proceso es esencial para asegurar que el diseño del sistema de alcantarillado se base en datos exactos y fiables.

Para realizar la altimetría y planimetría del terreno, se utiliza un GPS con el fin de obtener las coordenadas de referencia necesarias. Este paso inicial es crucial, ya que proporciona un punto de partida que permite arrancar el levantamiento con la estación total.

De igual manera, el levantamiento detallado del terreno se efectúa mediante una estación total. Esta herramienta permitió medir con precisión las distancias, ángulos y elevaciones, proporcionando una representación detallada de la topografía del área. El levantamiento altimétrico y planimétrico del terreno realizado con la estación total es fundamental para la planificación y el diseño precisos del sistema de alcantarillado.

Además del levantamiento topográfico general, se realizó un levantamiento específico de las vías existentes en la comunidad. Este proceso incluyó la recopilación de datos planimétricos y altimétricos de todas las vías, asegurando que la infraestructura de saneamiento se planifique de manera adecuada y se integre perfectamente con la red vial existente.

Como complemento, se efectuó un levantamiento detallado de los lotes utilizando una cinta de medición. Este método permite delinear con exactitud los límites de cada lote, proporcionando medidas precisas que son esenciales para el diseño del sistema de alcantarillado.

Los datos obtenidos de la estación total fueron transportados a Microsoft Excel para ser exportadas a AutoCAD para ello se utilizó la fórmula de concatenación como se muestra en el Anexo 1.

### **3.6.1 Elaboración de la planilla de cálculo AASS**

La planilla de cálculo abarcó diversos aspectos referentes al diseño del sistema de alcantarillado, incluyendo datos demográficos, cálculos hidráulicos, especificaciones de tuberías, y detalles topográficos. Del mismo modo, contiene información acerca de la población, dotación de agua, especificaciones de las tuberías, cotas del terreno y del proyecto, verificaciones de criterios de diseño entre otros aspectos relevantes.

**3.6.2.1 Longitud.** Hace énfasis a la distancia total que cubre una tubería o colector en el sistema de alcantarillado, utilizando el material PVC de 200 mm de diámetro. Este parámetro es fundamental para establecer las pérdidas de energía y el diseño del sistema de tuberías. Por tanto, es recomendable que el tramo no supere los 120 m, caso contrario debe instalarse otro pozo de inspección.

**3.6.2.2 Área.** Representa el área o zona de drenaje que comúnmente están conformadas por las cuadras unidas por sus ramales residenciales. Tiene una medición directa y normalmente está representado en metros cuadrados ( $m^2$ ) y es sustancial para calcular los volúmenes de agua que el sistema debe manipular.

**3.6.2.3 Población.** Es un parámetro que se encarga de dimensionar la capacidad del sistema, y puede ser medido de forma directa a través de un sondeo de área. Para obtener la población estimada, se efectúa una suposición donde reside una familia de 7 personas, y se multiplica el número de casas por 7 de modo que se adquiere la población estimada.

Asimismo, en el cálculo de colectores, considera tanto la población parcial como la acumulada, esto es debido a que algunos colectores no drenan un área específica, sino que reciben el agua de otros colectores. En lo que corresponde a esta investigación, la población estimada fue de 863 habitantes y la población futura representa 3633 residentes.

**3.6.2.4 Coeficiente de Retorno.** Es un factor que muestra el porcentaje de aguas residuales generadas en función del agua consumida. En otras palabras, ayuda a estimar el caudal de diseño del sistema de alcantarillado, en la Tabla 5 se aprecia los distintos valores de coeficiente de retorno de acuerdo al uso para aguas residuales.

De igual modo, se debe tener en cuenta que este coeficiente en formas matemáticas actúa como un factor de reducción, pues no toda el agua potable consumida en los hogares retorna al sistema de alcantarillado; ya que una parte se pierde en diversas actividades humanas.

Por otra parte, acogiendo lo que indica la normativa ecuatoriana, este valor puede oscilar entre 0.8 y 0.9, y para el presente estudio se utilizó un coeficiente de 0.8.

**Tabla 5**  
Valores de coeficiente de retorno

<b>Uso de agua</b>	<b>Coeficiente de retorno (Cs)</b>
Regadío por gravedad	0,20
Regadío por aspersión	0,5 a 0,8
Domestico	0,80
Industrial	0,70-0,95
Refrigeración en CA	0,95
Refrigeración en CC	0,30
Hidroeléctrico	1,00
Acuicultura	0,8-1,0
Navegación, usosa recreativos	1,00

Fuente: CIDTA, (2024)

Elaborado por: Barreiro y Rodríguez, (2024)

**3.6.2.5 Dotación.** Representa la cantidad de agua usada por persona por día, comúnmente medida en litros por habitante por día (L/hab/día). Este valor es importante para estimar el volumen de aguas residuales y se puede obtener de los datos suministrados por la empresa local de agua potable, o por medio de un sondeo directo en el área de influencia.



En lo que respecta a las áreas residenciales, se podría ejecutar una encuesta a la mayor cantidad de hogares posible para conocer su consumo, reflejado en la planilla de pago por el servicio de agua potable. Con relación al presente estudio, se estableció en 150 L/(habdía).

**3.6.2.6 Factor de Fugas.** Es un coeficiente que considera la pérdida de agua del sistema de distribución debido a fugas, y es implementado para ajustar los cálculos de caudal.

**3.6.2.7 Coeficiente de Harmon.** Es un valor que se utiliza para mayorar el caudal de aguas residuales, teniendo en cuenta la simultaneidad de la generación de caudales durante la hora de máxima demanda.

En poblaciones numerosas, este factor tiende a ser aproximadamente 2.5, sin embargo, debe calcularse concretamente para cada tramo del sistema de alcantarillado, ya que se altera de acuerdo al incremento gradual de la población y el caudal. En este caso se ha obtenido un coeficiente adimensional que varía de AS1 con 4,19 y AS18 con 3,84.

#### **Ecuación 1**

Formula de Harmon

$$M = 1 + \frac{14}{4 + p^{0.5}}$$

**3.6.2.8 Caudal Medio de Aguas Residuales.** Se refiere al caudal que se adquiere en un día promedio del año. En lo que respecta al cálculo, se multiplica el coeficiente de retorno por la población parcial, y también por la dotación de agua potable y todo ese resultado se divide para 86400.

#### **Ecuación 2**

Formula de caudal medio

$$Q_{med - dia} = \frac{Cr \times Pob \times Dot}{86400}$$

Donde:

CR: Coef. de retorno

Dot: Dotación o consumo de agua potable (L/(hab×día)]

D: Densidad poblacional (hab/ha)

A: Área de drenaje (ha)

**3.6.2.9 Caudal Infiltración.** Se genera a partir del ingreso de agua desde el nivel freático, principalmente mediante uniones mal construidas o desde los revestimientos de los pozos de inspección que se encuentran ubicados a nivel del agua subterránea. Para estimar este, se utiliza un coeficiente de infiltración el cual se multiplica por el área de contribución correspondiente a cada tramo del sistema. Por ende, es un parámetro sustancial a considerar en el diseño del sistema, ya que representa un flujo adicional que debe ser manejado por la capacidad del sistema, para el proyecto se utilizó 0,1.

**Tabla 6**

Valores del caudal infiltración

Tipo de infiltración	Q <sub>in</sub> (l/s/ha)
Alta	0,15 – 0,40
Media	0,10 – 0,30
Baja	0,05 – 0,20

Fuente: Farias, (2019)

Elaborado por: Barreiro y Rodríguez, (2024)

**3.6.2.10 Caudal de Aguas ILÍCITAS.** También denominada caudal de conexiones erradas, se refiere a la cantidad de agua que se integra a la red de alcantarillado desde el subsuelo; esta infiltración es debido a los desperfectos en conducciones, uniones de tuberías y conexiones entre tuberías y pozos de revisión.

**3.6.2.11 Caudal de Diseño.** Se trata de la suma del caudal máximo horario, el caudal de infiltración y el caudal de aguas ilícitas. Por tanto, este es el caudal anunciado para circular por la red sanitaria, y sobre él se efectúan estimaciones de conformidad con normativas, la relación entre el caudal de diseño y el caudal a tubo lleno no debe exceder un valor de 0.9 adimensional.

**3.6.2.12 Diámetro Interno.** Se refiere al diámetro de las tuberías del sistema de alcantarillado, por lo que, generalmente es medido en milímetros. Se debe considerar que este valor es crítico para establecer la capacidad de flujo del sistema.

**3.6.2.13 Pendiente.** Es la asociación entre el desnivel de un tramo de tubería y su longitud. Al variar este valor, se pueden realizar ajustes para la red sanitaria, influyendo en los movimientos de tierra necesarios en el proyecto constructivo. Su valor numérico se expresa en porcentaje.

**3.6.2.14 Relaciones de Manning.** Son la velocidad y el caudal calculados. Para realizar el cálculo hidráulico se aplica la fórmula de Manning, con su respectivo coeficiente de rugosidad.

En este caso el caudal se consigue multiplicando la velocidad por el área transversal del tubo, mientras que la velocidad depende del radio hidráulico y la pendiente.

### **Ecuación 3**

Relaciones Manning

$$V = \frac{1}{n} \left( \frac{Am}{Pm} \right)^{2/3} (s)^{1/2}$$

Donde:

V: Velocidad del flujo (m/s)

n: Coeficiente de rugosidad

Am: Área mojada

Pm: Perímetro mojado

R: Radio hidráulico ( $R = Am/Pm$ )

S: Pendiente de la tubería

$$Q = \frac{1}{n} \left( \frac{Am}{Pm} \right)^{2/3} (s)^{1/2} (A)$$

Donde:

n: Coeficiente de rugosidad de Manning

Am: Área mojada

Pm: Perímetro mojado

R: Radio hidráulico ( $R = Am/Pm$ )

S: Pendiente

A: Área del mecanismo transversal del tubo

**3.6.2.15 Cotas.** Se refieren a las elevaciones en puntos específicos del sistema donde comienza y termina el flujo en un tramo de tubería. Estas cotas son sustanciales para el diseño del sistema porque determinan la pendiente natural del terreno y, por lo tanto, la capacidad del flujo por gravedad.

Un adecuado control y diseño de estas cotas asegura que el agua residual fluya sin interrupciones ni acumulaciones, evitando así problemas como obstrucciones o sobrecargas en el sistema.

### **3.6.3 Elaboración de la Planilla de Cálculo AALL**

**3.6.3.1 Longitud.** Hace énfasis a la distancia total que cubre una tubería o colector en el sistema de alcantarillado, utilizando el material PVC de 400 mm de diámetro.

Este parámetro es fundamental para establecer las pérdidas de energía y el diseño del sistema de tuberías. Por tanto, es recomendable que el tramo no supere los 120 m, caso contrario debe instalarse otro pozo de inspección.

**3.6.3.2 Área.** Representa el área o zona de drenaje que comúnmente están conformadas por las aportaciones residenciales. Tiene una medición directa y normalmente está representado en metros cuadrados (m<sup>2</sup>), pero en la tabla se representa por Ha.

**3.6.3.3 Coeficiente de Escorrentía.** Es uno de los parámetros fundamentales de la hidrología superficial. Para este proyecto se utilizó 0.8.

El coeficiente de escorrentía se calcula utilizando la fórmula:

#### **Ecuación 4**

Formula coeficiente escorrentía

$$C = \frac{Vol.ESC.Superficial}{Vol.Precip.Tot.}$$

donde:

CCC es el coeficiente de escorrentía.

QQQ es el volumen de escorrentía superficial.

PPP es el volumen total de precipitación.

**3.6.3.4 Tiempo de Concentración.** El tiempo de concentración es un concepto fundamental en hidrología y en el diseño de sistemas de drenaje y control de inundaciones. Se refiere al tiempo necesario para que el agua de lluvia o de escorrentía en una cuenca hidrográfica llegue al punto de interés. Para este proyecto se consideró 15 min.

**3.6.3.5 Periodo de Retorno.** Con propósitos de selección de las frecuencias de las lluvias de diseño, se considerará el sistema de drenaje como constituido por dos sistemas diferentes. El sistema de drenaje inicial o de microdrenaje compuesto por pavimentos, cunetas, sumideros y colectores y el de macrodrenaje constituido por grandes colectores (canales, esteros y ríos).

El sistema de microdrenaje se dimensionará para el escurrimiento cuya ocurrencia tenga un período de retorno entre 2 y 10 años. Para el presente proyecto se considerará un periodo de retorno de 5 años para los sistemas de microdrenaje (cunetas, sumideros y colectores).

**3.6.3.6 Intensidad de Lluvia.** La ecuación de intensidad de lluvia a utilizarse para el sistema proyectado es la siguiente:

#### **Ecuación 5**

Intensidad de Lluvia

$$I = \frac{c}{td^{0.5} + f}$$

Donde:

I= Intensidad de lluvia

C, e, f= Coeficientes de parametrización

Td= Tiempo de duración de lluvia

Siendo los coeficientes:

**Tabla 7**  
**Coeficientes Curva IDF**

<b>Coeficientes</b>	<b>Periodo de retorno</b>					
	<b>2 años</b>	<b>5 años</b>	<b>10 años</b>	<b>25 años</b>	<b>50 años</b>	<b>100 años</b>
<b>cruva</b>						
<b>IDF</b>						
c	742.53	570.75	521.00	486.47	471.72	463.15
f	5.4707	2.3521	1.4944	0.877	0.5861	0.3789
e	0.6346	0.5022	0.4475	0.3979	0.3701	0.3477

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, (2019)  
 Elaborado por: Barreiro y Rodríguez, (2024)

## CAPÍTULO IV

### PROPUESTA O INFORME

#### 4.1 Resultados de la encuesta

**Pregunta 1.** ¿Conoce como es el estado actual del sistema de saneamiento en su comunidad?

**Tabla 8**

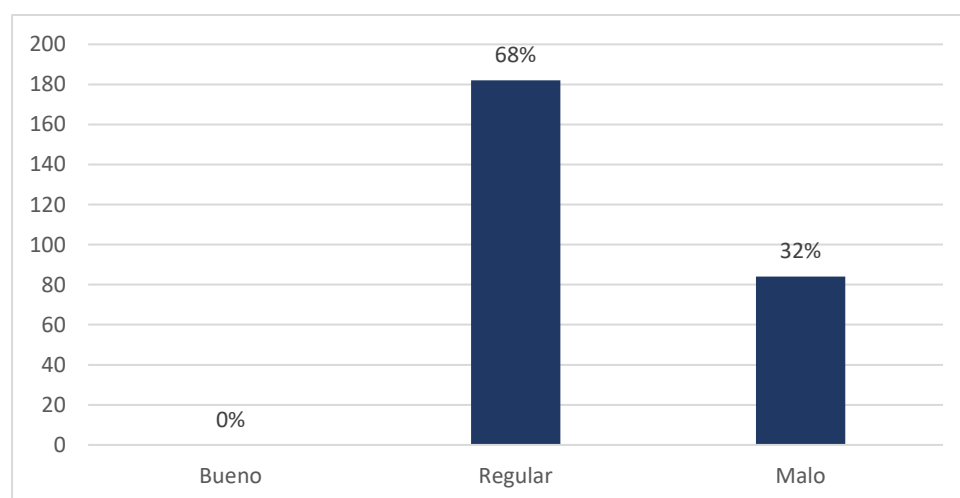
Estado actual del sistema de saneamiento

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Bueno	0	0%
Regular	182	68%
Malo	84	32%
<b>Total</b>	<b>266</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: Barreiro y Rodríguez, (2024)

**Gráfica 1**

Estado actual del sistema de saneamiento



Elaborado por: Barreiro y Rodríguez (2024)

#### **Análisis de resultados**

Con base a lo que se visualiza en la gráfica 1, el 68% de los habitantes del sector respondieron que el sistema de saneamiento es regular, mientras que el 32% aseguró que dicho sistema es malo, demostrando que la comunidad encuentra el sistema insatisfactorio.

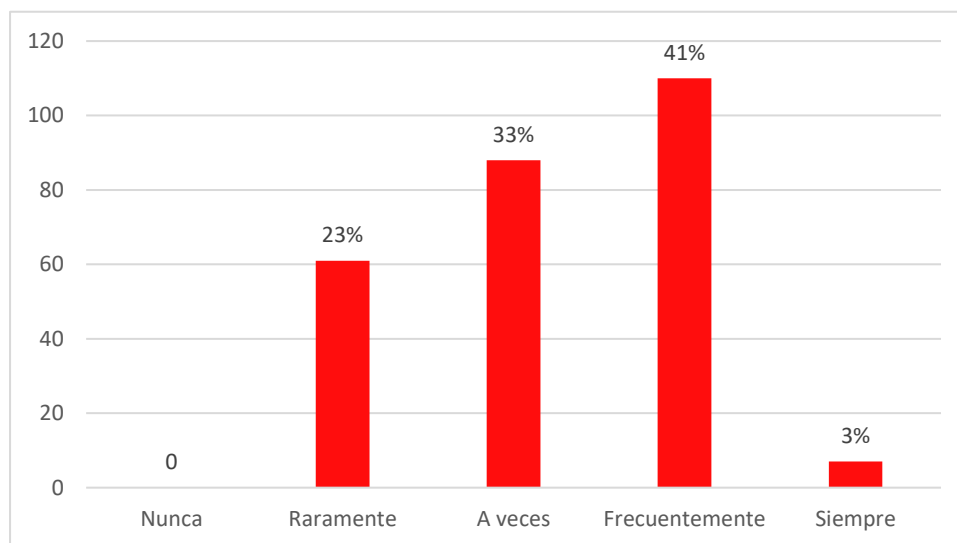
**Pregunta 2.** ¿Con qué frecuencia experimenta problemas relacionados con el manejo de aguas residuales en su hogar?

**Tabla 9**  
Problemas con el manejo de aguas residuales

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Nunca	0	0%
Raramente	61	23%
A veces	88	33%
Frecuentemente	110	41%
Siempre	7	3%
<b>Total</b>	<b>266</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: Barreiro y Rodríguez, (2024)

**Gráfica 2**  
Problemas con el manejo de aguas residuales



Elaborado por: Barreiro y Rodríguez, (2024)

### **Análisis de resultados**

En cuanto a los resultados de la encuesta, en la gráfica 2 se percibe que el 41% de los residentes frecuentemente experimentan problemas asociados con el manejo de aguas residuales en sus hogares, por otra parte, el 33% manifestó que presentan dificultades a veces. El 23% dio a conocer que raramente tienen complicaciones, y la menor parte, constituida por el 3% afirmó que siempre tienen inconvenientes.



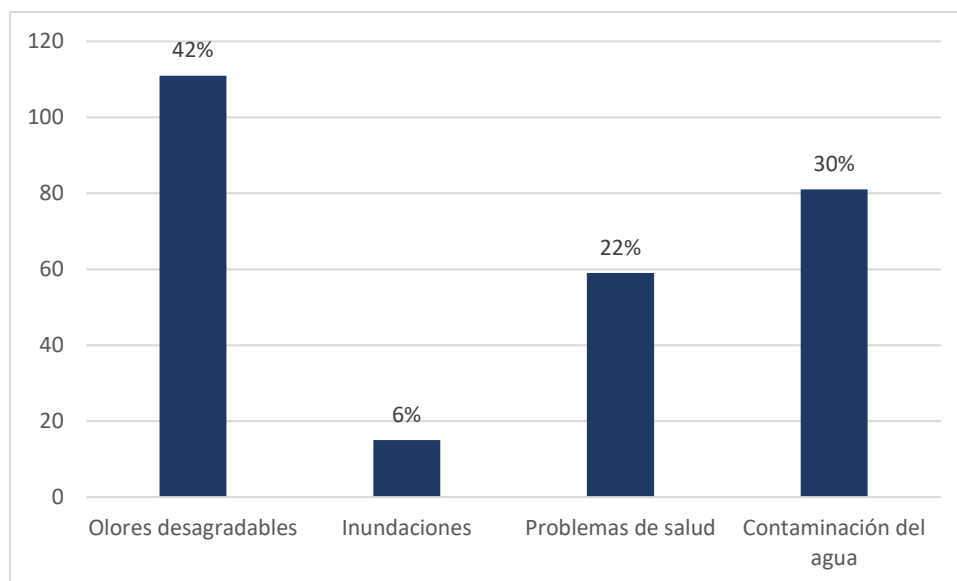
**Pregunta 3.** ¿Qué tipo de problemas de saneamiento ha experimentado en su hogar?

**Tabla 10**  
Problemas de saneamiento

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Olores desagradables	111	42%
Inundaciones	15	6%
Problemas de salud	59	22%
Contaminación del agua	81	30%
<b>Total</b>	<b>266</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: Barreiro y Rodríguez, (2024)

**Gráfica 3**  
Problemas de saneamiento



Elaborado por: Barreiro y Rodríguez, (2024)

### **Análisis de resultados**

Respecto a los tipos de problemas de saneamiento que han afrontado los moradores en sus hogares, se recalca que el 42% ha lidiado con olores desagradables, el 30% con contaminación del agua, el 22% con problemas de salud, y el 6% con inundaciones. Mostrando una diversidad de problemas, al no contar con un sistema de saneamiento instalado.

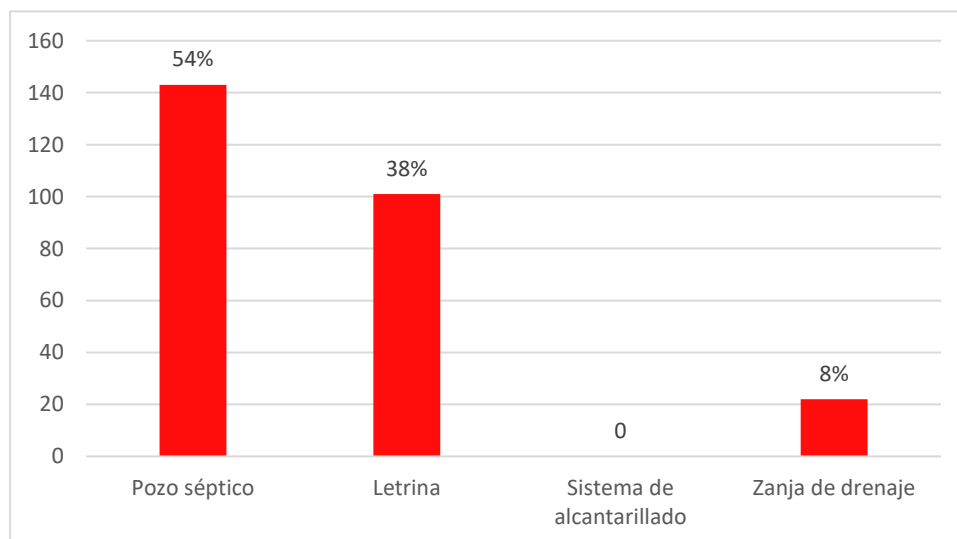
**Pregunta 4.** ¿Qué tipo de sistema utilizan para la descarga de aguas residuales o servidas?

**Tabla 11**  
Sistema de descarga de aguas servidas

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Pozo séptico	143	54%
Letrina	101	38%
Sistema de alcantarillado	0	0%
Zanja de drenaje	22	8%
<b>Total</b>	<b>266</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: Barreiro y Rodríguez, (2024)

**Gráfica 4**  
Sistema de descarga de aguas servidas



Elaborado por: Barreiro y Rodríguez, (2024)

### Análisis de resultados

Según lo que describe la tabla 11, el 54% de los encuestados usan el pozo séptico como sistema de descarga de aguas servidas. Por otro lado, el 38% utilizan letrinas, mientras que el 8% emplean zanja de drenaje. Esto demuestra que el sector necesita un sistema de alcantarillado de manera urgente, pues hace falta una infraestructura centralizada.

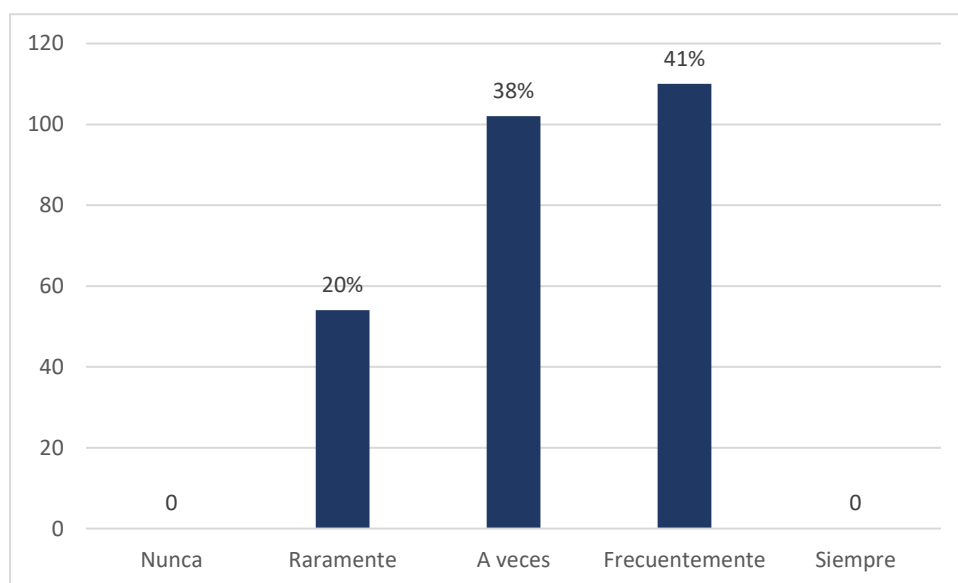
**Pregunta 5.** ¿Con qué periodicidad realizan mantenimientos o limpiezas en su sistema de saneamiento actual?

**Tabla 12**  
Mantenimiento en el sistema de saneamiento

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Nunca	0	0%
Raramente	54	20%
A veces	102	38%
Frecuentemente	110	41%
<b>Total</b>	<b>266</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: Barreiro y Rodríguez, (2024)

**Gráfica 5**  
Mantenimiento en el sistema de saneamiento



Elaborado por: Barreiro y Rodríguez, (2024)

### **Análisis de resultados**

El 38% de los encuestados manifestaron que realizan mantenimientos o limpiezas de sus sistemas de saneamiento frecuentemente, mientras que el 38% indicó que lo efectúa a veces, por último, el 20% señaló que lo hace raramente. Esto demuestra que los moradores se ocupan de mantener sus sistemas de manera regular o intermitente.

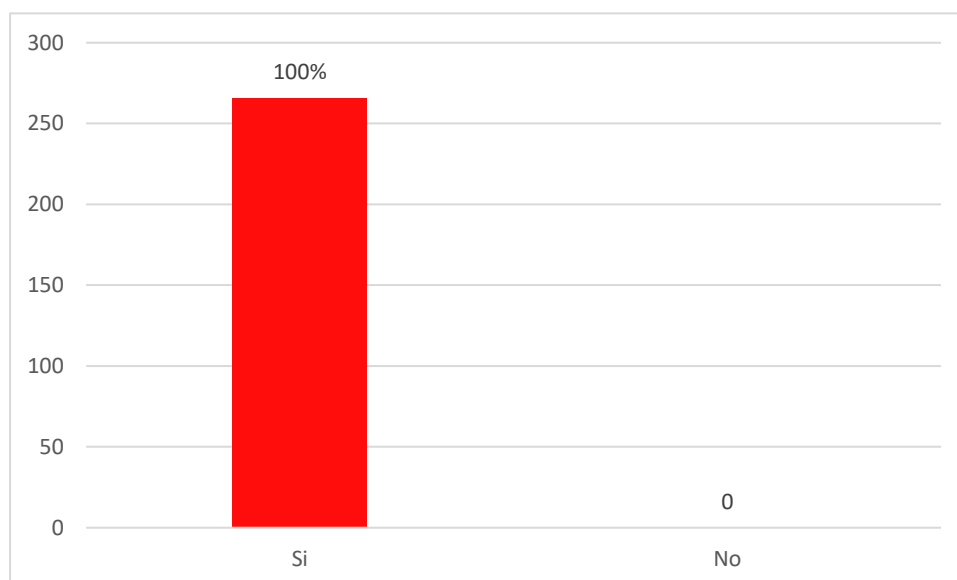
**Pregunta 6.** ¿Considera que la implementación de un sistema de alcantarillado es necesaria en el sector?

**Tabla 13**  
Implementación de un sistema de alcantarillado

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	266	100%
No	0	0%
<b>Total</b>	<b>266</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: Barreiro y Rodríguez, (2024)

**Gráfica 6**  
Implementación de un sistema de alcantarillado



Elaborado por: Barreiro y Rodríguez, (2024)

### **Análisis de resultados**

Con base a la gráfica 6, el 100% de los que residen en el sector Sube y Baja de la provincia de Santa Elena consideran que la implementación de un sistema de alcantarillado es fundamental y necesaria. Este consenso absoluto y dominante demuestra una demanda unánime por una mejora respecto a la infraestructura de saneamiento.

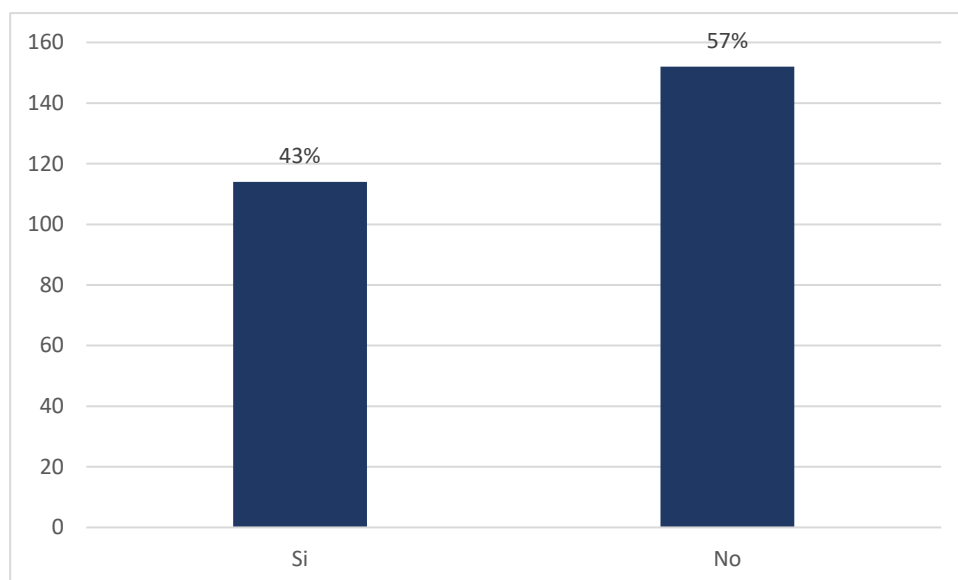
**Pregunta 7.** ¿Tiene conocimiento acerca de los peligros de un sistema de alcantarillado inadecuado?

**Tabla 14**  
Peligros de un sistema de alcantarillado

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	114	43%
No	152	57%
<b>Total</b>	<b>266</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: Barreiro y Rodríguez, (2024)

**Gráfica 7. Peligros de un sistema de alcantarillado**



Elaborado por: Barreiro y Rodríguez, (2024)

### **Análisis de resultados**

En cuanto a la percepción de los peligros de un sistema de alcantarillado inadecuado, el 57% de los habitantes del sector Sube y Baja carece de conocimiento acerca de los riesgos asociados, mientras que el 43% señaló que si está informado. Este déficit de información de cierta manera es preocupante, pues la falta de conciencia sobre los riesgos, como la propagación de enfermedades transmitidas por el agua y la contaminación de fuentes hídricas, puede estorbar los esfuerzos por efectuar mejoras en la infraestructura de saneamiento.

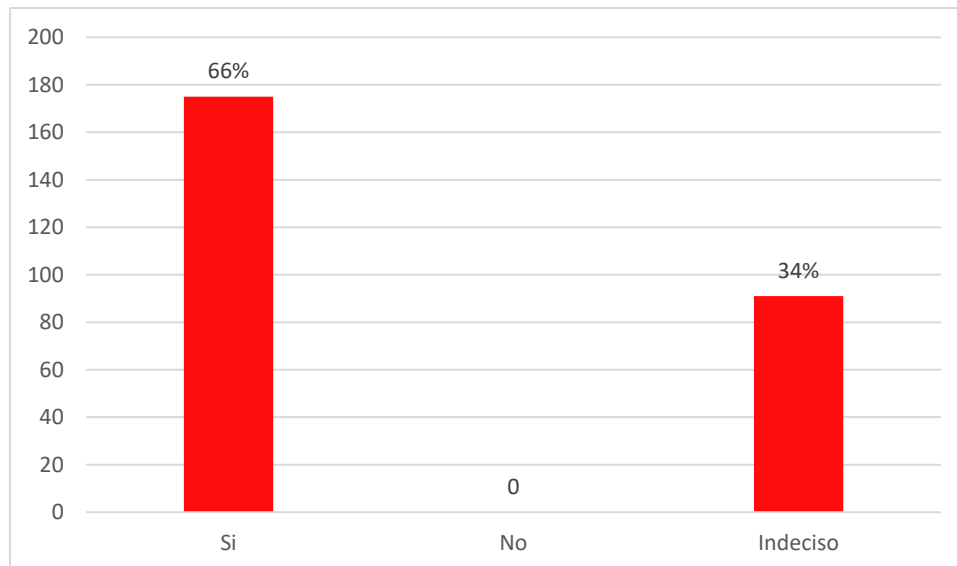
**Pregunta 8. ¿Está dispuesto a colaborar con esfuerzos comunitarios para mejorar el sistema de alcantarillado?**

**Tabla 15**  
Colaboración comunitaria

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	175	66%
No	0	0%
Indeciso	91	34%
<b>Total</b>	<b>266</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: Barreiro y Rodríguez, (2024)

**Gráfica 8**  
Colaboración comunitaria



Elaborado por: Barreiro y Rodríguez, (2024)

**Análisis de resultados**

Con relación a la Tabla 15, el 66% de los participantes indicó que, si están dispuestos en colaborar para mejorar el sistema de alcantarillado en el sector, demostrando una cifra considerable en el compromiso comunitario, no obstante, el 34% de indecisos demuestra una barrera potencial, por lo que se tendría la necesidad de buscar estrategias y apoyo para involucrar a toda la comunidad del sector.

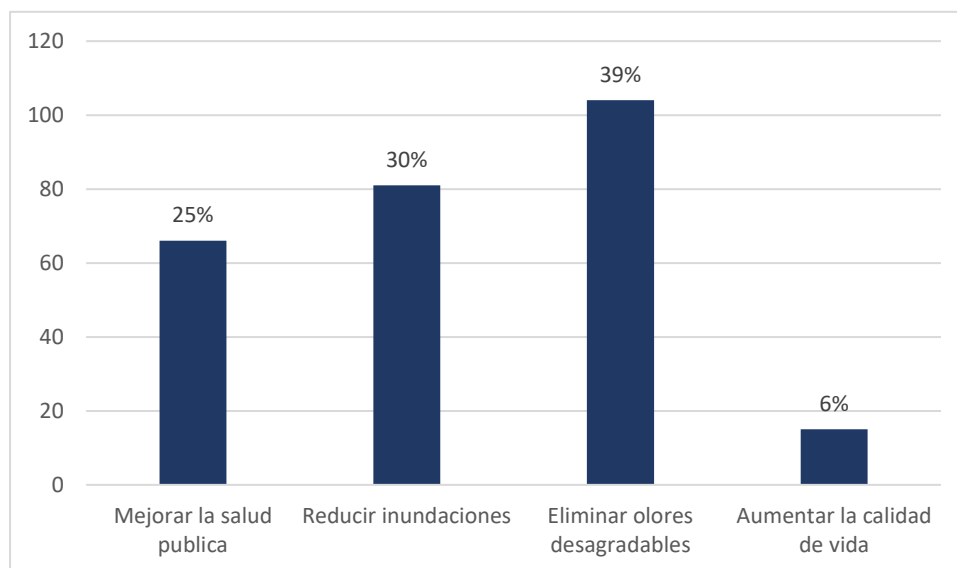
### Pregunta 9. ¿Qué mejoras espera que traiga un nuevo sistema de alcantarillado a su comunidad?

**Tabla 16**  
Mejoras de un nuevo sistema de alcantarillado

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Mejorar la salud publica	66	25%
Reducir inundaciones	81	30%
Eliminar olores desagradables	104	39%
Aumentar la calidad de vida	15	6%
<b>Total</b>	<b>266</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: Barreiro y Rodríguez, (2024)

**Gráfica 9**  
Mejoras de un nuevo sistema de alcantarillado



Elaborado por: Barreiro y Rodríguez, (2024)

#### Análisis de resultados

Según los resultados alcanzados, el 39% de los habitantes esperan que la eliminación de olores desagradables sea una mejora fundamental al implementar un nuevo sistema de alcantarillado en la comunidad. Por su parte, el 30% tienen la expectativa de que se reduzcan las inundaciones en el sector, mientras que el 25% desea que mejore la salud pública, y el 6% concibe aumentar la calidad de vida.

## 4.2 Resultados de la guía de observación

**Tabla 17**  
Observación de campo

Guía de observación					
Criterios	Si	No	N/A	Obs.	Evidencia
Sistema de Alcantarillado Sanitario		✓		No se observa alcantarillado	
Sistema de Alcantarillado Pluvial		✓		No se observa alcantarillado	
Empozamientos	✓			Mancha oscura de sobre la tierra alrededor de pequeños empozamientos	Anexo
Malos Olores	✓			-	-
Pozos Sépticos	✓			Letrinas	Anexo
Contaminación de Fuentes de Agua	✓			-	-
Drenaje de Aguas Pluviales		✓		-	-
Estado de las Calles y Caminos	✓				Anexo

Elaborado por: Barreiro y Rodríguez, (2024)

En cuanto al sistema de alcantarillado, tanto sanitario como pluvial, no se observa la presencia de dichos sistemas en la zona. Implicando problemas de drenaje y acumulación de aguas residuales y de lluvia. En relación a los empozamientos, se reportan pequeños encharcamientos en el terreno, con manchas oscuras alrededor, lo que indica la existencia de agua estancada. Esto puede generar problemas de salubridad y proliferación de vectores. Por otro lado, también existen malos olores en el área. Referente a los pozos sépticos y letrinas, se percibe la presencia de letrinas, y el estado de las calles no se encuentran en buen estado.



### 4.3 Cálculo de la Red de Alcantarillado

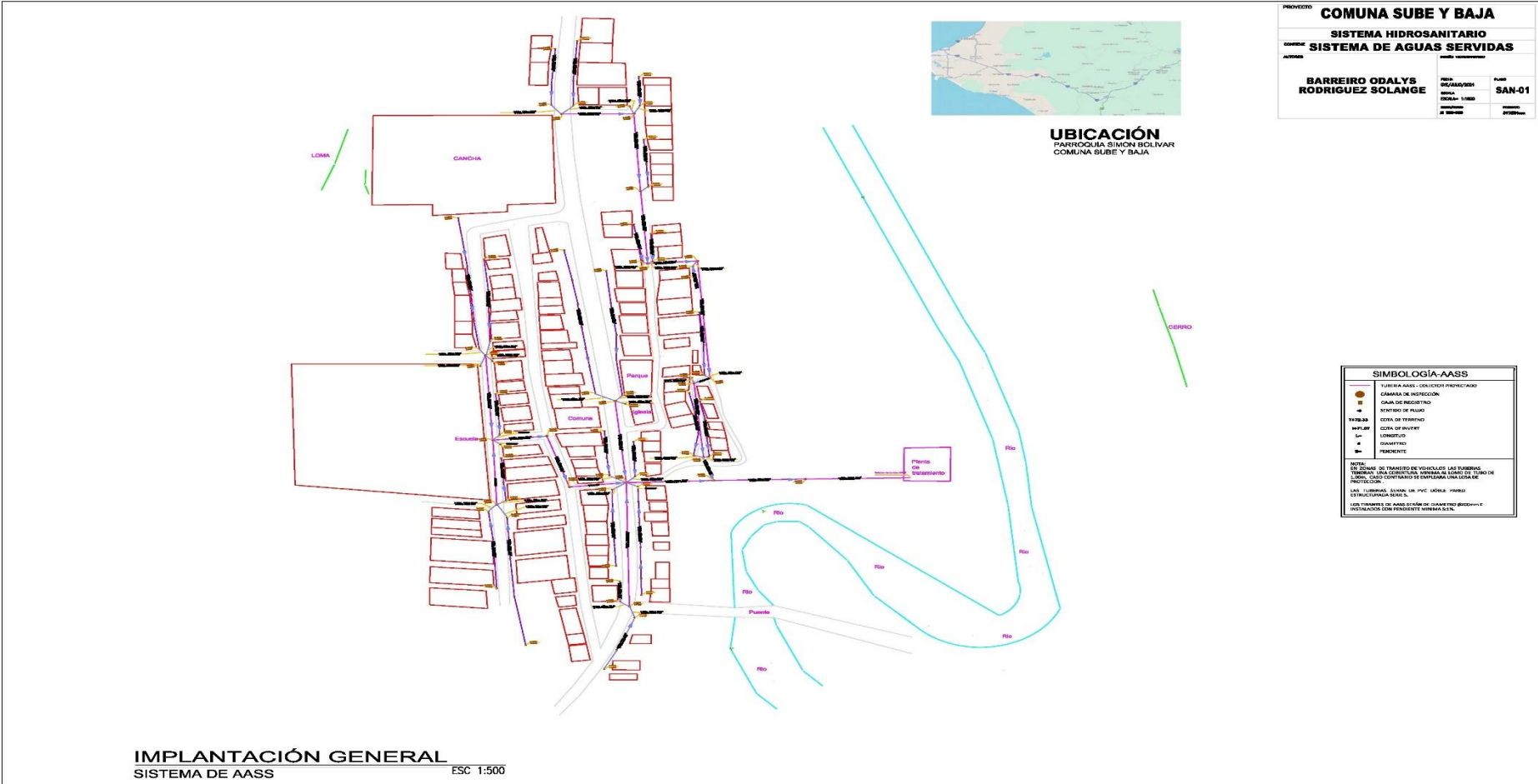
#### 4.3.1 Diseño de Alcantarillado Sanitario Comuna Sube y Baja

**Tabla 18**  
Cálculo de la Red de Alcantarillado AASS

COLECTOR:		AS		POBLACIÓN FUTURA		3633		HAB.		181		HAB/HAS		150		Ltrs/Hab./día		20,07		has		181,025																
TRAMO DE COLECTOR	MATERIAL TUBERIA	LONGITUD		ÁREA TRIBUT. Há.		POBLACIÓN		CATEGORÍA DE INFLUENCIA	AASS		DISEÑO	AGUAS INFLTRACIÓN		AGUAS ILÍCITAS		q	D	D	J	J	J	TUB. LLENA		PARCIALMENTE LLENA		#	d	E	DESIVEL	COTA AGUAS ARRIBA			COTAS AGUAS ABAJO					
		PARCIAL	ACUMULADA	PARCIAL	TOTAL	PARCIAL	ACUMUL.		M	PARCIAL		ACUMUL.	q/s	l/s	l/s							l/s	l/s	l/s	V					Q	q/Q	v/V	v	d/D	75% D	d	E	DESIVEL
AS1	AS2	PVC	61,21	61,21	0,86	0,86	156	156	4,19	0,216	0,216	0,90	0,09	0,086	0,144	0,144	1,14	200,00	0,200	0,007	0,022	2,20	2,24	70,22	0,02	0,41	0,92	0,10	0,15	0,02	0,06	1,35	72,330	71,07	1,26	71,90	69,72	2,18
AS2	AS3	PVC	27,97	89,18	0,04	0,90	7	163	4,18	0,010	0,226	0,95	0,00	0,090	0,007	0,151	1,19	200,00	0,200	0,017	0,012	1,20	1,65	51,86	0,02	0,41	0,68	0,10	0,15	0,02	0,04	0,34	71,90	69,72	2,18	72,37	69,38	2,99
AS3	AS4	PVC	38,18	127,36	0,10	1,00	18	181	4,16	0,025	0,251	1,05	0,01	0,100	0,017	0,168	1,31	280,00	0,280	0,007	0,010	1,00	1,89	116,14	0,01	0,32	0,60	0,07	0,21	0,02	0,04	0,38	72,37	69,38	2,99	72,12	69,00	3,12
AS4	AS5	PVC	29,62	156,98	0,01	1,01	2	183	4,16	0,003	0,254	1,06	0,00	0,101	0,002	0,169	1,33	280,00	0,280	0,017	0,007	0,70	1,58	97,17	0,01	0,32	0,51	0,07	0,21	0,02	0,03	0,21	72,12	69,00	3,12	72,61	68,77	3,84
AS5	AS6	PVC	45,79	202,77	0,01	1,02	2	185	4,16	0,003	0,256	1,07	0,00	0,102	0,002	0,171	1,34	280,00	0,280	0,042	0,006	0,60	1,46	89,96	0,01	0,32	0,47	0,07	0,21	0,02	0,03	0,27	72,61	68,77	3,84	70,69	68,50	2,19
AS6	AS7	PVC	48,01	250,78	0,01	1,03	2	186	4,16	0,003	0,259	1,08	0,00	0,103	0,002	0,173	1,35	335,00	0,335	0,021	0,006	0,60	1,65	145,14	0,01	0,32	0,53	0,07	0,25	0,02	0,04	0,29	70,69	68,50	2,19	69,69	68,19	1,50
AS7	EST BOM	PVC	55,37	306,15	0,01	1,04	2	188	4,16	0,003	0,261	1,09	0,00	0,104	0,002	0,174	1,37	335,00	0,335	0,000	0,006	0,60	1,65	145,14	0,01	0,32	0,53	0,07	0,25	0,02	0,02	0,33	69,69	68,19	1,50	69,69	67,86	1,83
AS8	AS2	PVC	46,46	352,61	0,13	1,17	24	212	4,14	0,033	0,294	1,22	0,01	0,117	0,022	0,196	1,53	200,00	0,200	0,009	0,006	0,60	1,17	36,67	0,04	0,50	0,58	0,14	0,15	0,03	0,03	0,28	71,470	70,20	1,27	71,90	69,72	2,18
AS9	AS5	PVC	90,14	442,75	0,73	1,90	132	344	4,05	0,184	0,478	1,94	0,07	0,190	0,122	0,318	2,44	200,00	0,200	0,002	0,006	0,60	1,17	36,67	0,07	0,60	0,70	0,18	0,15	0,04	0,04	0,54	72,400	71,15	1,25	72,61	68,77	3,84
AS10	AS5	PVC	59,25	502,00	1,19	3,09	215	559	3,95	0,299	0,777	3,07	0,12	0,309	0,199	0,518	3,89	200,00	0,200	0,004	0,006	0,60	1,17	36,67	0,11	0,66	0,77	0,22	0,15	0,04	0,04	0,36	72,830	71,55	1,28	72,61	68,77	3,84
AS11	AS12	PVC	37,78	539,78	0,67	3,76	121	681	3,90	0,168	0,945	3,69	0,07	0,376	0,112	0,630	4,69	200,00	0,200	0,007	0,006	0,60	1,17	36,67	0,13	0,70	0,82	0,24	0,15	0,05	0,05	0,23	76,030	74,78	1,25	75,75	74,50	1,25
AS12	AS13	PVC	56,18	595,96	0,21	3,97	38	719	3,89	0,053	0,998	3,88	0,02	0,397	0,035	0,665	4,94	280,00	0,280	0,008	0,007	0,70	1,58	97,17	0,05	0,53	0,84	0,15	0,21	0,04	0,04	0,39	75,75	74,50	1,25	75,31	74,11	1,20
AS13	AS14	PVC	52,34	648,30	0,21	4,18	38	757	3,87	0,053	1,051	4,07	0,02	0,418	0,035	0,701	5,19	280,00	0,280	0,000	0,006	0,60	1,46	89,96	0,06	0,53	0,77	0,15	0,21	0,04	0,04	0,31	75,31	74,11	1,20	75,30	73,78	1,52
AS14	AS15	PVC	25,75	674,05	0,01	4,19	2	758	3,87	0,003	1,053	4,08	0,00	0,419	0,002	0,702	5,20	280,00	0,280	0,000	0,006	0,60	1,46	89,96	0,06	0,53	0,77	0,15	0,21	0,04	0,04	0,15	75,30	73,78	1,20	75,30	72,82	2,48
AS15	AS16	PVC	85,34	759,39	0,28	4,47	51	809	3,86	0,070	1,124	4,33	0,03	0,447	0,047	0,749	5,53	335,00	0,335	0,021	0,006	0,60	1,65	145,14	0,04	0,50	0,82	0,14	0,25	0,05	0,05	0,51	75,30	72,82	2,48	73,52	71,70	1,82
AS16	AS17	PVC	8,27	767,66	0,03	4,50	5	815	3,86	0,008	1,131	4,36	0,00	0,450	0,005	0,754	5,57	335,00	0,335	0,080	0,005	0,50	1,50	132,49	0,04	0,50	0,75	0,14	0,25	0,05	0,05	0,04	73,52	71,70	1,82	72,86	70,76	2,10
AS17	AS18	PVC	53,76	821,42	0,26	4,76	47	862	3,84	0,065	1,197	4,60	0,03	0,476	0,044	0,798	5,87	335,00	0,335	0,022	0,005	0,50	1,50	132,49	0,04	0,50	0,75	0,14	0,25	0,05	0,05	0,27	72,86	70,76	2,10	71,69	69,57	2,12
AS18	AS6	PVC	16,71	838,13	0,01	4,77	2	863	3,84	0,003	1,199	4,60	0,00	0,477	0,002	0,799	5,88	335,00	0,335	0,060	0,005	0,50	1,50	132,49	0,04	0,50	0,75	0,14	0,25	0,05	0,05	0,08	71,69	69,57	2,12	70,69	68,50	2,19

Elaborado por: Barreiro y Rodríguez, (2024)

**Figura 14**  
Sistema de AASS



Elaborado por: Barreiro y Rodríguez, (2024)

### 4.3.2 Cálculo de la Red de Alcantarillado Pluvial

Tabla 19

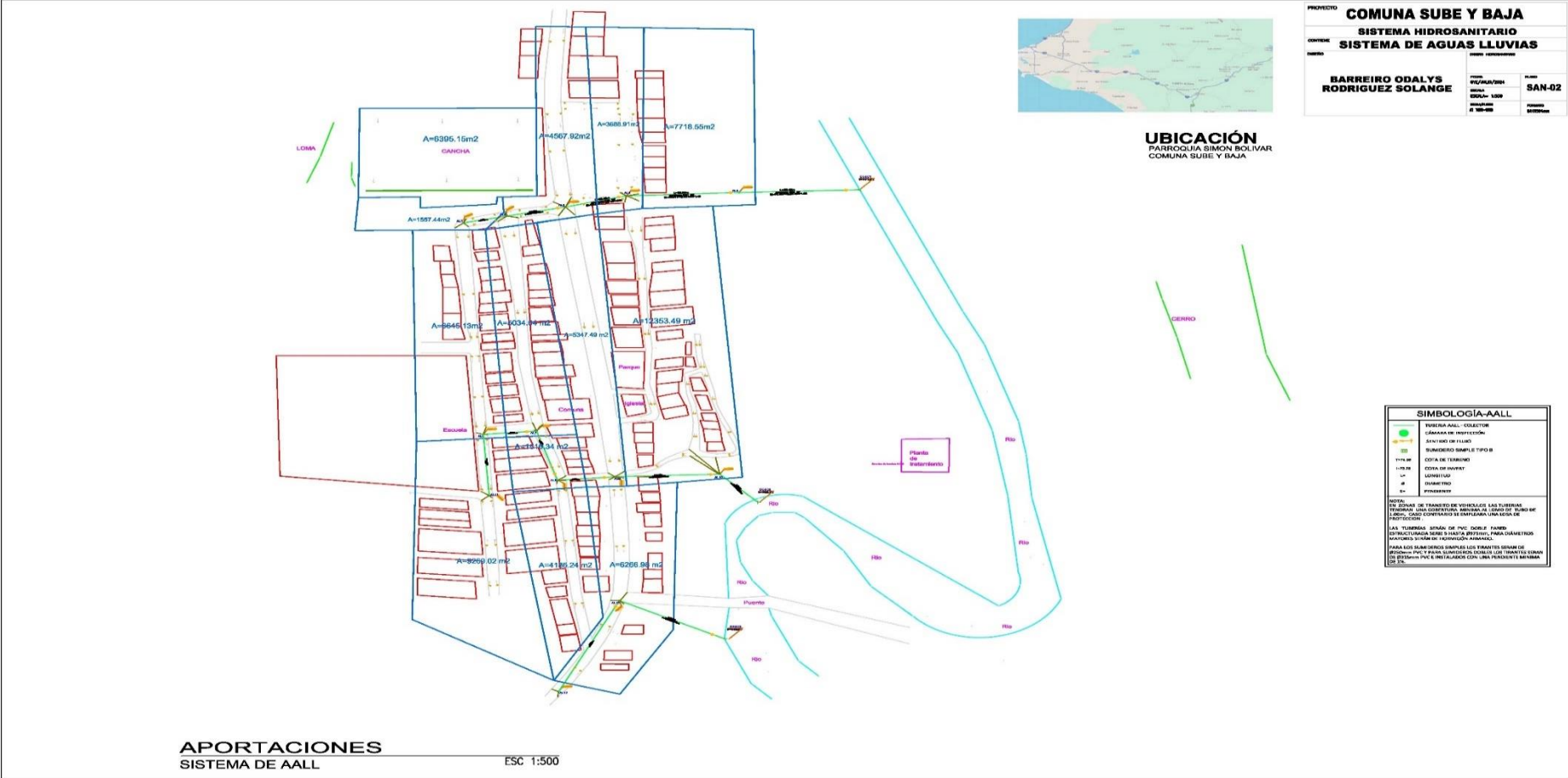
Cálculo de la Red de Alcantarillado AALL

Caudal ( Q ) = 2,78\*CIA  
 Velocidad ( V ) = (1/n)\*Rh<sup>2/3</sup>\*S<sup>1/2</sup>

CÁMARA		ÁREA			AREA	T	CAUDAL			D	D	DATOS HIDRAULICOS DE TUBERIA				DESNI	TERRENO			PROYECTO		CORTE		VOL		
O	L	PARC	ACU	C	EQUIV	Concent	INT	Q MAX	exterior	interior	I	V m/s	Q l/s	q/Q	T	H	I	F	I	F	I	F	I	F	EXCAV	
POZO	m	ha	ha			min		l/s	(mm)	(mm)	o/oo					m	m	m	m	m	m	m	m	m		
<b>COLECTOR</b>																										
A1	22,43	0,16	0,16	0,80	0,13	15,00	91,72	32,6	400	364	6	1,43	148	0,22	0,53	0,14	74,98	75,21	73,78	73,65	1,20	1,56			32,8	
A2	30,77	0,46	0,62	0,80	0,50	15,00	91,72	126,5	400	364	33	3,34	348	0,36	1,71	1,02	75,21	73,91	73,65	72,64	1,56	1,27			46,2	
A3	30,30	0,37	0,99	0,80	0,79	15,00	91,72	201,9	440	400	6	1,52	191	1,06	0,77	0,19	73,91	74,67	72,64	72,91	1,27	1,76			50,5	
A4	58,50	0,77	1,76	0,80	1,41	15,00	91,72	359,0	440	400	25	3,10	390	0,92	3,02	1,47	74,67	72,67	72,91	71,45	1,76	1,22			95,9	
AL5-DESC1	62,42	0,00	1,76	0,80	1,41	15,00	91,72	359,0	540	500	6	1,76	346	1,04	1,83	0,38	72,67	72,30	71,45	71,08	1,22	1,22			92,1	
AL6	27,37	0,66	2,42	0,80	1,94	15,00	91,72	493,6	875	800	6	2,41	1.212	0,41	1,10	0,17	71,90	72,37	70,00	69,84	1,90	2,53			93,4	
AL7	37,27	0,50	2,92	0,80	2,34	15,00	91,72	595,6	875	800	6	2,41	1.212	0,49	1,50	0,23	72,37	72,12	69,84	69,62	2,53	2,50			144,4	
AL8	29,39	0,56	3,48	0,80	2,78	15,00	91,72	709,8	875	800	6	2,41	1.212	0,59	1,18	0,18	72,12	72,61	69,62	69,44	2,50	3,17			128,3	
AL9	54,46	0,53	4,01	0,80	3,21	15,00	91,72	817,9	875	800	6	2,41	1.212	0,68	2,19	0,33	72,61	70,69	69,44	69,11	3,17	1,58			199,2	
AL10-DESC 2	55,23	1,23	5,24	0,80	4,19	15,00	91,72	1.068,8	875	800	6	2,41	1.212	0,88	2,22	0,34	70,69	70,00	69,11	68,78	1,58	1,22			119,1	
AL11	44,73	0,93	6,17	0,80	4,94	15,00	91,72	1.258,5	875	800	6	2,41	1.212	1,04	1,80	0,27	71,47	71,90	70,27	70,00	1,20	1,90			106,8	
AL12-13	73,89	0,63	6,80	0,80	5,44	15,00	91,72	1.387,0	650	600	35	4,80	1.359	1,02	5,92	2,59	75,12	72,60	73,92	71,34	1,20	1,26			120,0	
DESC-3	61,58	0,63	7,43	0,80	5,94	15,00	91,72	1.515,6	650	600	35	4,80	1.359	1,12	4,93	2,16	72,60	72,00	71,34	70,97	1,26	1,03			93,1	

Elaborado por: Barreiro y Rodríguez, (2024)

**Figura 15**  
Aportaciones del sistema AALL



Elaborado por: Barreiro y Rodríguez, (2024)

**Figura 16**  
Sistema de AALL



Elaborado por: Barreiro y Rodríguez, (2024)

### 4.3 Costos para la implementación

**Tabla 20**

Presupuesto

<b>Rubro</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
	<b>Instalaciones provisionales y gastos generales</b>				<b>139.000,00</b>
<b>1</b>	<b>Instalaciones provisionales</b>				
<b>2</b>	Caseta de obra y bodega de materiales	global	1,00	8000	8.000,00
<b>3</b>	Letreros de obra	u	1,00	1500	1.500,00
<b>4</b>	<b>Gastos generales</b>				
<b>5</b>	Equipos de seguridad en obra	global	1,00	8000	8.000,00
<b>6</b>	Consumo de servicios básicos	mes	10,00	500	5.000,00
<b>7</b>	Baterías de SS.HH. provisional	mes	10,00	800	8.000,00
<b>8</b>	Limpieza y desalojo de materiales de construcción	mes	10,00	2500	25.000,00
<b>9</b>	Guardianía	mes	10,00	2800	28.000,00
<b>10</b>	Equipo topográfico (inc. topógrafos y cadeneros)	mes	10,00	2200	22.000,00
<b>11</b>	Aporte Patronal	global	1,00	25000	25.000,00
<b>12</b>	Permiso de construcción Municipio	global	1,00	5000	5.000,00
<b>13</b>	Tasa de factibilidad Aguapen	global	1,00	3500	3.500,00
	<b>Preparación y mejoramiento del terreno</b>				<b>40.865,00</b>
<b>14</b>	Trazado y Replanteo	m2	74.300,00	0,55	40.865,00
	<b>Movimiento de tierra</b>				<b>72.718,01</b>
<b>15</b>	Excavación a Máquina	m3	3.155,62	2,5	7.889,05
<b>16</b>	Desalojo a Máquina	m3	3.155,62	8	25.244,96

17	Relleno y Compactación Máquina con Material de Préstamo Importado	m3	2.366,72	12,5	29.584,00
18	Pruebas de compactación	global	1	10.000,00	10.000,00
	<b>Infraestructura vial</b>				<b>212.984,76</b>
19	Base de piedra triturada e = 15cm	m3	788,91	28	22.089,48
20	Aceras 10cm espesor	m2	5.184,20	16,5	85.539,30
21	Bordillo Cuneta rampa	m	3.456,13	18,5	63.938,41
22	Asfalto 2"	m2	3.944,53	10,5	41.417,57
	<b>Infraestructura de AA.SS.</b>				<b>249.224,51</b>
23	Tubería PVC - NF 160mm	m	1.171,53	6,85	8.024,98
24	Tubería PVC - NF 200mm	m	501,91	10,94	5.490,90
25	Tubería PVC - NF 280mm	m	247,89	17,83	4.419,88
26	Tubería PVC - NF 335mm	m	267,46	21,28	5.691,55
27	Tubería PVC - NF 160mm (instalación)	m	1.171,53	2	2.343,06
28	Tubería PVC - NF 200mm (instalación)	m	501,91	2,4	1.204,58
29	Tubería PVC - NF 280mm (instalación)	m	247,89	3,3	818,04
30	Tubería PVC - NF 335mm (instalación)	m	267,46	4	1.069,84
31	Cajas domiciliarias	u	91	103,58	9.425,78
32	Cámaras de h. Armado h= (> 2.0m y < 2.50m)	u	18	1.429,00	25.722,00
33	Acometidas domiciliaria	u	182	16,95	3.084,90
34	Excavación	m3	3.958,02	2	7.916,04
35	Desalojo	m3	641,21	6,5	4.167,87
36	Relleno de sitio	m3	3.316,81	4	13.267,24
37	Relleno arena	m3	641,21	14,6	9.361,67
38	Tapa metálica	u	18,00	212	3.816,00
39	Marco y contramarco	u	182,00	60	10.920,00

40	Pruebas de continuidad de flujo en tuberías de AASS	m	2.188,79	1,59	3.480,18
41	Entibado	m	86,00	1.500,00	129.000,00
42	Hincado de entibado	m	496,00	200,00	99.200,00
	<b>Infraestructura de AA.LL.</b>				<b>367.440,60</b>
43	Tubería PVC - NF 280mm	m	212,78	17,83	3.793,87
44	Tubería PVC - NF 400mm	m	53,20	28,05	1.492,26
45	Tubería PVC - NF 440mm	m	88,8	37,72	3.349,54
46	Tubería PVC - NF 540mm	m	62,42	58,26	3.636,59
47	Tubería PVC - NF 650mm	m	135,47	88,03	11.925,42
48	Tubería PVC - NF 875mm	m	248,45	250	62.112,50
49	Tubería PVC - NF 280mm (instalación)	m	212,78	3,3	702,17
50	Tubería PVC - NF 400mm (instalación)		53,2	4,7	250,04
51	Tubería PVC - NF 440mm (instalación)	m	88,8	5,2	461,76
52	Tubería PVC - NF 540mm (instalación)	m	62,42	6,4	399,49
53	Tubería PVC - NF 650mm (instalación)	m	135,47	7,7	1.043,12
54	Tubería PVC - NF 875mm (instalación)	m	248,45	10,3	2.559,04
55	Cámaras de h.armado Tipo II h= (< 2.75m), (450mm a 760mm)	u	14	1.707,01	23.898,14
56	Sumideros Verticales	u	40	142,82	5.712,80
57	Estructura de descarga	u	3	1.917,91	5.753,73
58	Excavación	m3	2.392,07	2	4.784,14
59	Desalojo	m3	1.207,93	6,5	7.851,55
60	Relleno de sitio	m3	888,31	4	3.553,24
61	Relleno arena	m3	320,45	14,6	4.678,57
62	Tapa metálicas	u	14	212	2.968,00



<b>63</b>	Rejilla metálica	u	40	100,80	4.032,00
<b>64</b>	Pruebas de continuidad de flujo en tuberías de AALL	m	801,12	2,35	1.882,63
<b>65</b>	Entibado	m	86,00	1.500,00	129.000,00
<b>66</b>	Hincado de entibado	m	408,00	200,00	81.600,00
<b>Costo directo</b>					1.082.232,88
<b>Indirecto</b>		25%			270.558,22
<b>Total Inc. indirecto</b>					1.352.791,10
<b>Iva</b>		15%			202.918,67
<b>Total</b>					1.555.709,77

Elaborado por: Barreiro y Rodríguez, (2024)

El presupuesto del proyecto abarca diversos rubros esenciales que, en conjunto, permiten la realización integral de la obra. En primer lugar, se destinan \$139,000.00 a instalaciones provisionales y gastos generales, lo que incluye la instalación de casetas de obra, equipos de seguridad, y la cobertura de servicios básicos como agua y electricidad durante diez meses. Estos elementos son fundamentales para mantener el sitio de construcción en condiciones seguras y operativas desde el inicio del proyecto.

Posteriormente, se asignan \$40,865.00 a la preparación y mejoramiento del terreno. Esta fase es crucial, ya que el trazado y replanteo del terreno aseguran que las construcciones se realicen en las ubicaciones precisas, lo que contribuye a la estabilidad y correcta ejecución de las obras. Seguidamente, el movimiento de tierra representa un rubro con un costo de \$72,718.01. Esta partida cubre la excavación, desalojo y compactación del terreno, actividades indispensables para establecer una base sólida sobre la cual se erigirán las infraestructuras.

En cuanto a la infraestructura vial, se destinan \$212,984.76 a la construcción de bases de piedra triturada, aceras, bordillos y la colocación de asfalto. Estas obras son esenciales para garantizar un sistema vial duradero y funcional, capaz de soportar el tráfico vehicular y peatonal previsto. Asimismo, la infraestructura de agua potable y saneamiento (AA.SS.), con un presupuesto de \$249,224.51, abarca la instalación de sistemas de tuberías para asegurar el

suministro de agua potable y el manejo adecuado de aguas residuales. La correcta implementación de estos sistemas es vital para la salud pública y el bienestar de los habitantes de la zona.

El rubro más costoso del proyecto es la infraestructura de alcantarillado pluvial (AA.LL.), que requiere \$367,440.60. Este apartado incluye la instalación de tuberías de gran diámetro y la construcción de cámaras y sumideros, elementos esenciales para la adecuada gestión del agua de lluvia y la prevención de inundaciones.

El costo directo del proyecto asciende a \$1,082,232.88, al cual se suma un costo indirecto del 25%, equivalente a \$270,558.22, llevando el total a \$1,352,791.10. Finalmente, con la adición del IVA del 15%, el costo total del proyecto alcanza \$1,555,709.77. Este presupuesto refleja una planificación meticulosa que cubre todos los aspectos esenciales de la construcción, garantizando la ejecución de una infraestructura robusta y funcional.

## CONCLUSIONES

La comuna Sube y Baja enfrenta serios problemas relacionados con las aguas servidas y las inundaciones. La ausencia de un sistema adecuado de alcantarillado ha llevado a los habitantes a construir pozos sépticos y letrinas en la vivienda, lo que en ciertas ocasiones genera malos olores y condiciones insalubres. Además, se evidencia que, durante la temporada de lluvias, la falta de un sistema provoca inundaciones, poniendo en riesgo la salud de los residentes debido al contacto con aguas contaminadas.

El diseño de la red de alcantarillado sanitario y pluvial tiene como finalidad mitigar los diversos problemas y dificultades que se presenta el sector. Pues al implementarse dicho sistema se puede mejorar la calidad de vida de los moradores, reduciendo de cierta forma las aguas residuales contaminadas y minimizando los olores desagradables. Además, se han considerado las normativas y los cumplimientos ambientales pertinentes para asegurar la sostenibilidad del proyecto.

El proyecto incluye un análisis que describe los costos que llevaría implementar el sistema de alcantarillado sanitario y pluvial. De acuerdo con los cálculos realizados se estimada un valor de \$1,082,232.88, con un adicional del 25% para costos indirectos y un 15% de IVA, lo que deja como resultado total \$1,555,709.77.

## **RECOMENDACIONES**

Para garantizar la sostenibilidad del nuevo sistema de alcantarillado, es importante llevar a cabo programas de educación y concienciación para la comunidad. Estos programas deben enfocarse en el uso adecuado del sistema, la importancia del mantenimiento, y la prevención de prácticas que puedan comprometer su funcionalidad, como la disposición incorrecta de residuos.

Con el propósito de evitar futuros problemas y asegurar la durabilidad del sistema de alcantarillado, es sustancial establecer un plan de mantenimiento preventivo y correctivo a largo plazo. Este plan debe incluir inspecciones periódicas, reparaciones menores y mayores según sea necesario, y la actualización del sistema conforme evolucionen las normativas y las necesidades de la comunidad.

Debido al costo estimado para la implementación del sistema, se recomienda explorar fuentes adicionales de financiamiento, como fondos gubernamentales, subvenciones internacionales o asociaciones público-privadas. De igual manera, es fundamental establecer un plan de gestión financiera que permita la adecuada asignación de recursos durante todas las fases del proyecto, asegurando su ejecución sin contratiempos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguaguíña, M. (2022). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para mejorar la calidad de vida de los caseríos chumaqui, sigualo, pamatug y chambiato de la parroquia García Moreno, cantón Pelileo, provincia de Tungurahua*. Universidad Técnica Ambato.  
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/34702>
- Araque, A. (2020). *Diseño hidráulico de plantas de tratamiento de agua potable*. Universidad Politécnica Salesiana.  
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22350>
- Banco Mundial. (2020). *Saneamiento: Panorama general*.  
<https://www.bancomundial.org/es/topic/sanitation>
- Bermeo, V., & Vega, E. (2024). Evaluación y ampliación del sistema de alcantarillado sanitario del centro Parroquial de Jadán. Universidad Politécnica Salesiana.  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27038/1/UPS-CT011216.pdf>
- Berrios, S., & Cervantes, B. (2015). Propuesta de diseño del sistema de alcantarillado sanitario condominial para la tercera etapa del Barrio Nueva Vida en el Municipio de Ciudad Sandino, Departamento de Managua, con periodo de diseño de 20 años (2018-2038). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.  
<https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/1268/1/47424.pdf>
- Bonilla, C., Carrillo, C., & Cely, N. (2022). *Tratamientos de aguas residuales*. Ecoe Ediciones.  
[https://www.researchgate.net/publication/376375373\\_Tratamientos\\_de\\_aguas\\_residuales](https://www.researchgate.net/publication/376375373_Tratamientos_de_aguas_residuales)
- Bravo, D., & Solís, E. (2018). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el barrio Los Laureles, comuna de Nero*. Universidad de Cuenca.  
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/31523>
- Bravo, S. (2020). Cálculo de pérdidas de cargas de diferentes accesorios utilizados en tuberías a presión en el laboratorio de hidráulica. UNESUM.
- Carmona, E., & Pozo, A. (2023). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de dos lunares comerciales del sector Vergeles de la ciudad Guayaquil*.

- Escuela Superior Politécnica del Litoral.  
<https://192.188.59.56/handle/123456789/60743>
- Castañeda, A. (2023). Alcantarillado Pluvial: Beneficios y aportes. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.  
[https://1library.co/document/q7w524kz-aplicacion-capacidad-carreteras-evaluacion-servicio-carretera-carriles-universidad.html#google\\_vignette](https://1library.co/document/q7w524kz-aplicacion-capacidad-carreteras-evaluacion-servicio-carretera-carriles-universidad.html#google_vignette)
- Castro, G., & Guerrero, B. (2018). *Diseño de redes de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales para las comunidades de La Dolorosa y Hatobolo de la parroquia Ludo*. Universidad de Cuenca.  
<https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7676/1/13503.pdf>
- Cisneros, A. (2024). *Propuesta de diseño del sistema de alcantarillado sanitario mediante software la ciudadela Santa Elena – Bucay*. Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.  
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/7230>
- Cortés, F. (2017). Dimensionamiento de lagunas de estabilización. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.  
[https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros\\_html/dimensiones-lagunas/files/assets/common/downloads/publication.pdf](https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/dimensiones-lagunas/files/assets/common/downloads/publication.pdf)
- Cruz, V. (2018). Diseño del alcantarillado pluvial sector la piñonada del cantón Portoviejo.  
<https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1411?mode=full>
- Cueva, E., & Eras, D. (2021). Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales. Universidad Politécnica Salesiana.  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21287/1/UPS%20-%20TTS535.pdf>
- Cury, R., Martínez, A., & Olivero, R. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 9, 122-132.  
<https://www.recia.edu.co/index.php/recia/article/view/530/pdf>
- Defaz, M. (2018). Estudio del sistema de alcantarillado pluvial. Universidad Técnica de Ambato.  
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/1589>
- EMAAP - Q. (2017). Norma de diseño de sistema de alcantarillado para la EMAAP-Q.

- [https://www.ecp.ec/wpcontent/uploads/2017/08/NORMAS\\_ALCANTARILLADO\\_EMAAP.pdf](https://www.ecp.ec/wpcontent/uploads/2017/08/NORMAS_ALCANTARILLADO_EMAAP.pdf)
- EMAAP. (2009). *Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q*. Quito: Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable.
- [https://www.aguaquito.gob.ec/Alojamientos/PROYECTO%20LA%20MERCED/ANEXO%20%20NORMAS\\_ALCANTARILLADO\\_EMAAP.pdf](https://www.aguaquito.gob.ec/Alojamientos/PROYECTO%20LA%20MERCED/ANEXO%20%20NORMAS_ALCANTARILLADO_EMAAP.pdf)
- Enríquez, J., & Sarmiento, J. (2023). Diseño de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales para la comunidad la playa del cantón Nabón. Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25356/1/UPS-CT010659.pdf>
- Fluence. (2024). *Agua y Saneamiento en América Latina*. <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/agua-y-saneamiento-en-america-latina>
- Franz, H., Yun, X., & Butler, D. (2015). The Historical Development of Sewers Worldwide. *Revista MDPI*, 6(6). <https://doi.org/10.3390/su6063936>
- Ganesan, B., Raman, S., & Ramalingam, S. (2020). vulnerability of sewer network – graph theoretic approach. . *Desalination and Water Treatment*, 196, 370-376. <https://doi.org/10.5004/dwt.2020.25744>
- García, K., & Palma, J. (2024). *Propuesta de mejoramiento del sistema existente de alcantarillado sanitario en el sector Samanes 6 Guayaquil*. Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/7236>
- González, E. (2017). Flujo transitorio mixto en un sistema de alcantarillado que contiene aire atrapado. Universidad Nacional Autónoma de México. [https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/DGB\\_UNAM/TES01000716008/3/0716008.pdf](https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/DGB_UNAM/TES01000716008/3/0716008.pdf)
- Guerrero, M. (2023). Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales en la Planta Agroindustrial del campus Salache. Universidad Técnica de Cotopaxi. <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/97cb8b5a-8cc8-48fa-8389-830c9d5e1791/content>

- Guillén, F., & Perero, J. (2023). Diseño del sistema de alcantarillado de aguas servidas ubicado en la Parroquia Santa Isabel del cantón Montecristi". Universidad Estatal del Sur De Manabí. <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5467>
- INEN. (2013). *Código ecuatoriano de la construcción. CEC normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Instituto Ecuatoriano de Normalización. <https://archive.org/details/ec.cpe.5.9.1.1992>
- Jiménez, J. (2023). Diseño del sistema de alcantarillado pluvial para la comunidad 25 de Diciembre. Escuela Politécnica Nacional. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/25101?locale=en>
- López, C., Buitrón, G., & García, H. (2017). Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, modelación y diseño. *IWA Publishing*. <https://doi.org/10.2166/9781780409146>
- López, G. (2023). *Diseño del Sistema del Alcantarillado Sanitario en el sector Río Guayas perteneciente a la Parroquia Picoazá, Cantón Portoviejo*. Universidad Estatal del Sur de Manabí. <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/6100>
- López, G., & Pico, C. (2023). *Diseño del Sistema del Alcantarillado Sanitario en el sector Río Guayas perteneciente a la Parroquia Picoazá, Cantón Portoviejo*. Universidad Estatal del Sur de Manabí. <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/6100>
- Lozano, J. (2020). Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado. Pontificia Universidad Católica Del Perú.
- Márquez, M. (2020). *Diseño y modelación técnica del sistema de alcantarillado sanitario para la lotización Las Mercedes, perteneciente al cantón Guayaquil ubicado en km 24 vía Daule*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/14432>
- Mendoza, J., Bes, M., & Lujan, F. (2021). Tratamiento de fangos de depuración de aguas residuales. Universidad Politécnica de Valencia. [https://elibro.net/es/lc/bibliotecaups/login\\_usuario/?next=/es/lc/bibliotecaups/titulos/220140/](https://elibro.net/es/lc/bibliotecaups/login_usuario/?next=/es/lc/bibliotecaups/titulos/220140/)



- Mendoza, K. (2024). *Rediseño de red de alcantarillado sanitario en el sector la Lolita del cantón Milagro*. Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.
- Miranda, G. (2017). Evaluación del tratamiento de aguas residuales para disminuir la contaminación de efluentes generados por la empresa de lácteos “Marlen”. Universidad Regional Autónoma de Los Andes “Uniandes”.  
<https://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/6535/1/PIUABQF012-2017.pdf>
- Morales, F., & Toapanta, G. (2016). *Estudio y diseño del sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento para los habitantes del sector La Capetilla, caserío El Placer, cantón Quero, provincia de Tungurahua*. Universidad Técnica de Ambato.
- Moreno, M., Fernández, M., & Rubio, C. (2021). La depuración de aguas residuales urbanas de pequeñas poblaciones mediante infiltración directa en el terreno fundamentos y casos prácticos. IGME.  
[https://books.google.com.ec/books?id=MBESfg8LP3gC&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.ec/books?id=MBESfg8LP3gC&hl=es&source=gbs_navlinks_s)
- Muñoz, M. (2017). *Sistemas de depuración de aguas residuales*. Escuela Politécnica Nacional. <https://www.epn.edu.ec/sistema-de-depuracion-de-aguas-residuales/>
- Naula, E., & Quezada, L. (2023). Diseño del sistema de alcantarillado y planta de tratamiento para. Universidad del Azuay.  
<https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/13454/1/18979.pdf>
- Noshahri, H., Van der Meijde, M., & Scholtenhuis, S. (2022). GPR surveys in enclosed underground sewer pipe space. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 129, 104-689.  
<https://doi.org/10.1016/j.tust.2022.104689>
- Orozco, T., & Tapia, J. (2017). *Diseño de un alcantarillado sanitario y pluvial para el centro parroquial quimiag*. Universidad Nacional de Chimborazo.  
<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/3506>
- Palma, M., Reyes, L., Sánchez, V., & Lucio, L. (2021). Problemas percibidos en jipijapa debido al estado actual del alcantarillado sanitario. *Revista*

- Científica Multidisciplinaria*, 5(2), 103-114.  
<https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v4.n3.2020.274>
- Paredes, P. (2024). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario en el barrio Flor de Azalea del cantón Atacames*. Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.  
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/7247>
- Paucar, A. (2019). *Diseño hidráulico del alcantarillado pluvial del barrio San Francisco de la parroquia Cutuglagua*. Universidad Politécnica Salesiana.  
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17737>
- Pérez, R. (2015). *Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje en carreteras*. Ecoe Ediciones.  
<https://www.ecoediciones.mx/wp-content/uploads/2015/08/Diseno-y-construccion-de-alcantarillados.pdf>
- Rincón, A. (2023). *Topografía*. Ecoe Ediciones.  
<https://www.ecoediciones.com/producto/topografia-2da-edicion-impreso/>
- Roldán, M., & Prieto, R. (2020). *Diseño del Sistema de Alcantarillado Pluvial para la Parroquia Cotogchoa, Cantón Rumiñahui, Provincia de Pichincha*. ESPE. <https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/23361>
- Romero, Y. (2021). Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Marcabellí. Universidad Técnica de Machala.  
<https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16853>
- Saguapac. (2022). *¿Cómo se clasifican los sistemas de alcantarillado sanitario?* SMID Media Center. <https://www.saguapac.com.bo/como-se-clasifican-los-sistemas-de-alcantarillado-sanitario/>
- Salazar, C. (2021). *Análisis comparativo de los criterios de diseño de redes de alcantarillado entre las normas latinoamericanas y su contraste con la ecuatoriana*. Universidad Técnica de Machala.  
<https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/17840>
- Sojobi, A., & Zayed, T. (2021). Impact of sewer overflow on public health: A comprehensive scientometric analysis and systematic review. *Environmental Research (Academic Press)*, 203(1), 1203-1209.  
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111609>

- Solarte, L. (2021). Modelación y diseño de un sistema de alcantarillado pluvial en el Municipio de Uribia. Universidad de Los Andes. <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/4499c1f9-bf4c-411c-bdee-4e68699d961a/content>
- Toala, M. (2024). Diseño del sistema de alcantarillado combinado para el sector de Racar "San Mateo". Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27336/1/UPS-CT011302.pdf>
- Toledo, C. (2024). Inventario de los tratamientos de aguas residuales en 15 poblados de las provincias de Chimborazo y Tungurahua del Ecuador. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/12296/1/Toledo%20Parra%20Cintha%20Mishell%20INVENTARIO%20DE%20LOS%20TRATAMIENTOS%20DE%20AGUAS%20RESIDUALES%20EN%2015%20POBLADOS%20DE%20LAS%20PROVINCIAS%20DE%20CHIMBORAZO%20Y%20TUNGURAHUA%20DEL%20ECUADOR%20%281%2>
- Van Bijnen, J. (2018). *The impact of sewer condition on the performance of sewer systems*. Delft University of Technology. <https://doi.org/10.4233/uuid:375c1ff4-322e-42de-be6a-a3ff96420065>

## ANEXOS

### Anexo 1

Coordenadas UTM Terreno natural

<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Coordenadas</b>
9757456,987	561084,068	72,222	9757456,987,561084,068,72,222
9757456,986	561084,076	72,222	9757456,986,561084,076,72,222
9757452,454	561035,774	71,916	9757452,454,561035,774,71,916
9757447,425	560951,849	71,410	9757447,425,560951,849,71,41
9757449,157	560951,547	71,582	9757449,157,560951,547,71,582
9757449,158	560951,574	71,581	9757449,158,560951,574,71,581
9757445,982	560925,021	71,319	9757445,982,560925,021,71,319
9757447,211	560925,438	71,354	9757447,211,560925,438,71,354
9757444,862	560906,008	71,286	9757444,862,560906,008,71,286
9757439,675	560907,345	71,311	9757439,675,560907,345,71,311
9757439,657	560922,732	71,310	9757439,657,560922,732,71,31
9757435,996	560922,782	71,411	9757435,996,560922,782,71,411
9757441,311	560952,416	71,453	9757441,311,560952,416,71,453
9757438,595	560952,342	71,579	9757438,595,560952,342,71,579
9757445,567	561023,710	71,798	9757445,567,561023,71,71,798
9757443,739	561023,890	71,906	9757443,739,561023,89,71,906
9757443,735	561025,916	71,818	9757443,735,561025,916,71,818
9757444,079	561031,251	71,892	9757444,079,561031,251,71,892
9757443,016	561034,193	71,961	9757443,016,561034,193,71,961
9757446,446	561034,060	71,905	9757446,446,561034,06,71,905
9757447,656	561051,135	71,971	9757447,656,561051,135,71,971
9757445,120	561051,089	72,084	9757445,12,561051,089,72,084
9757451,908	561083,811	72,162	9757451,908,561083,811,72,162
9757451,380	561083,989	72,207	9757451,38,561083,989,72,207
9757454,678	561096,140	72,291	9757454,678,561096,14,72,291
9757453,839	561096,309	72,329	9757453,839,561096,309,72,329
9757457,857	561108,906	72,327	9757457,857,561108,906,72,327
9757457,158	561109,082	72,328	9757457,158,561109,082,72,328

9757417,106	561001,137	71,736	9757417,106,561001,137,71,736
9757459,409	561122,887	72,367	9757459,409,561122,887,72,367
9757458,312	561122,905	72,406	9757458,312,561122,905,72,406
9757449,365	560983,713	71,474	9757449,365,560983,713,71,474
9757486,534	560982,669	71,420	9757486,534,560982,669,71,42
9757486,137	560981,793	71,419	9757486,137,560981,793,71,419
9757486,904	560987,506	71,385	9757486,904,560987,506,71,385
9757417,106	561001,137	71,736	9757417,106,561001,137,71,736
9757409,516	560954,175	71,880	9757409,516,560954,175,71,88
9757410,609	560953,891	71,955	9757410,609,560953,891,71,955
9757401,836	560907,493	71,808	9757401,836,560907,493,71,808
9757403,736	560907,289	71,866	9757403,736,560907,289,71,866
9757397,062	560878,653	71,672	9757397,062,560878,653,71,672
9757398,050	560878,585	71,787	9757398,05,560878,585,71,787
9757395,149	560865,797	71,667	9757395,149,560865,797,71,667
9757396,103	560865,885	71,718	9757396,103,560865,885,71,718
9757390,938	560874,477	71,775	9757390,938,560874,477,71,775
9757396,468	560908,550	71,656	9757396,468,560908,55,71,656
9757394,892	560908,787	71,771	9757394,892,560908,787,71,771
9757409,715	560990,986	72,052	9757409,715,560990,986,72,052
9757404,428	560991,663	72,028	9757404,428,560991,663,72,028
9757404,779	560995,157	72,019	9757404,779,560995,157,72,019
9757410,589	560995,487	72,115	9757410,589,560995,487,72,115
9757416,694	561033,960	72,374	9757416,694,561033,96,72,374
9757414,961	561034,330	72,341	9757414,961,561034,33,72,341
9757422,632	561070,658	72,577	9757422,632,561070,658,72,577
9757420,549	561070,705	72,732	9757420,549,561070,705,72,732
9757435,089	561149,324	73,003	9757435,089,561149,324,73,003
9757432,046	561125,244	72,868	9757432,046,561125,244,72,868
9757432,943	561125,090	72,943	9757432,943,561125,09,72,943
9757430,289	561102,516	72,783	9757430,289,561102,516,72,783
9757432,705	561102,413	72,770	9757432,705,561102,413,72,77
9757429,570	561080,517	72,692	9757429,57,561080,517,72,692

9757431,079	561080,080	72,704	9757431,079,561080,08,72,704
9757422,722	561036,356	72,457	9757422,722,561036,356,72,457
9757424,910	561035,904	72,421	9757424,91,561035,904,72,421
9757424,733	561033,882	72,440	9757424,733,561033,882,72,44
9757423,576	561028,255	72,399	9757423,576,561028,255,72,399
9757422,710	561024,779	72,465	9757422,71,561024,779,72,465
9757420,744	561025,051	72,347	9757420,744,561025,051,72,347
9757375,163	561006,649	72,146	9757375,163,561006,649,72,146
9757374,696	561000,490	72,610	9757374,696,561000,49,72,61
9757367,945	561000,991	72,336	9757367,945,561000,991,72,336
9757367,724	560999,423	72,420	9757367,724,560999,423,72,42
9757367,659	560996,336	72,454	9757367,659,560996,336,72,454
9757367,606	560994,320	72,308	9757367,606,560994,32,72,308
9757374,096	560993,279	72,596	9757374,096,560993,279,72,596
9757372,690	560974,428	72,502	9757372,69,560974,428,72,502
9757367,832	560974,581	72,292	9757367,832,560974,581,72,292
9757371,365	560947,043	72,474	9757371,365,560947,043,72,474
9757365,777	560947,698	72,247	9757365,777,560947,698,72,247
9757371,084	560925,369	72,538	9757371,084,560925,369,72,538
9757364,572	560926,002	72,122	9757364,572,560926,002,72,122
9757372,445	560908,661	72,502	9757372,445,560908,661,72,502
9757367,265	560908,460	72,181	9757367,265,560908,46,72,181
9757375,280	560896,000	72,455	9757375,28,560896,72,455
9757367,610	560895,945	71,767	9757367,61,560895,945,71,767
9757377,354	560877,850	72,013	9757377,354,560877,85,72,013
9757381,230	560879,033	72,355	9757381,23,560879,033,72,355
9757384,406	560872,076	72,333	9757384,406,560872,076,72,333
9757378,466	560870,615	72,168	9757378,466,560870,615,72,168
9757382,215	560897,562	72,349	9757382,215,560897,562,72,349
9757379,791	560908,853	72,376	9757379,791,560908,853,72,376
9757381,765	560909,283	72,294	9757381,765,560909,283,72,294
9757378,936	560924,737	72,414	9757378,936,560924,737,72,414
9757383,394	560924,696	72,421	9757383,394,560924,696,72,421

9757379,474	560946,325	72,393	9757379,474,560946,325,72,393
9757384,273	560946,251	72,369	9757384,273,560946,251,72,369
9757380,880	560972,818	72,522	9757380,88,560972,818,72,522
9757383,349	560972,689	72,525	9757383,349,560972,689,72,525
9757382,153	560993,019	72,689	9757382,153,560993,019,72,689
9757387,332	560992,644	72,585	9757387,332,560992,644,72,585
9757388,009	560996,511	72,621	9757388,009,560996,511,72,621
9757388,055	560997,494	72,595	9757388,055,560997,494,72,595
9757382,730	560999,486	72,697	9757382,73,560999,486,72,697
9757389,150	561054,326	72,869	9757389,15,561054,326,72,869
9757391,547	561054,036	72,852	9757391,547,561054,036,72,852
9757396,004	561102,474	73,078	9757396,004,561102,474,73,078
9757399,418	561101,963	73,061	9757399,418,561101,963,73,061
9757403,171	561149,760	73,423	9757403,171,561149,76,73,423
9757406,172	561149,462	73,374	9757406,172,561149,462,73,374
9757408,535	561187,686	73,755	9757408,535,561187,686,73,755
9757413,194	561186,954	73,660	9757413,194,561186,954,73,66
9757415,041	561188,923	73,747	9757415,041,561188,923,73,747
9757416,267	561194,707	73,817	9757416,267,561194,707,73,817
9757415,036	561202,522	74,441	9757415,036,561202,522,74,441
9757401,482	561203,669	73,906	9757401,482,561203,669,73,906
9757394,465	561203,659	73,797	9757394,465,561203,659,73,797
9757392,888	561143,111	73,245	9757392,888,561143,111,73,245
9757386,210	561142,804	73,354	9757386,21,561142,804,73,354
9757384,563	561086,733	72,928	9757384,563,561086,733,72,928
9757380,730	561086,988	72,938	9757380,73,561086,988,72,938
9757380,465	561059,272	72,829	9757380,465,561059,272,72,829
9757377,417	561059,423	72,820	9757377,417,561059,423,72,82
9757379,639	561055,117	72,819	9757379,639,561055,117,72,819
9757375,620	561055,576	72,834	9757375,62,561055,576,72,834
9757377,831	561039,241	72,752	9757377,831,561039,241,72,752
9757372,557	561039,894	72,796	9757372,557,561039,894,72,796
9757372,106	561038,244	72,718	9757372,106,561038,244,72,718

9757372,067	561034,515	72,718	9757372,067,561034,515,72,718
9757371,946	561033,158	72,754	9757371,946,561033,158,72,754
9757376,848	561032,323	72,705	9757376,848,561032,323,72,705
9757369,364	561034,974	72,691	9757369,364,561034,974,72,691
9757357,072	561036,745	73,156	9757357,072,561036,745,73,156
9757358,991	561035,786	73,121	9757358,991,561035,786,73,121
9757358,712	561034,766	73,133	9757358,712,561034,766,73,133
9757355,223	561036,650	73,211	9757355,223,561036,65,73,211
9757352,785	561036,718	73,250	9757352,785,561036,718,73,25
9757362,347	561039,965	73,148	9757362,347,561039,965,73,148
9757362,290	561041,495	73,227	9757362,29,561041,495,73,227
9757359,593	561041,933	73,164	9757359,593,561041,933,73,164
9757355,671	561042,570	73,613	9757355,671,561042,57,73,613
9757359,135	561089,549	73,812	9757359,135,561089,549,73,812
9757357,273	561089,706	73,813	9757357,273,561089,706,73,813
9757361,840	561117,799	74,033	9757361,84,561117,799,74,033
9757360,684	561117,728	73,945	9757360,684,561117,728,73,945
9757361,930	561138,343	74,250	9757361,93,561138,343,74,25
9757360,988	561138,507	74,148	9757360,988,561138,507,74,148
9757364,224	561163,963	74,430	9757364,224,561163,963,74,43
9757363,123	561164,037	74,363	9757363,123,561164,037,74,363
9757365,692	561122,600	74,053	9757365,692,561122,6,74,053
9757362,726	561088,727	73,788	9757362,726,561088,727,73,788
9757360,578	561062,775	73,776	9757360,578,561062,775,73,776
9757363,643	561062,298	73,827	9757363,643,561062,298,73,827
9757363,543	561060,922	73,744	9757363,543,561060,922,73,744
9757362,971	561057,915	73,733	9757362,971,561057,915,73,733
9757362,425	561055,071	73,725	9757362,425,561055,071,73,725
9757360,751	561055,166	73,748	9757360,751,561055,166,73,748
9757368,360	561201,185	74,672	9757368,36,561201,185,74,672
9757367,016	561163,478	74,878	9757367,016,561163,478,74,878
9757367,885	561163,382	74,841	9757367,885,561163,382,74,841
9757371,695	561176,892	75,003	9757371,695,561176,892,75,003



9757372,557	561186,768	75,101	9757372,557,561186,768,75,101
9757364,387	561186,438	75,120	9757364,387,561186,438,75,12
9757366,764	561204,566	75,140	9757366,764,561204,566,75,14
9757367,113	561211,852	75,195	9757367,113,561211,852,75,195
9757367,234	561215,887	75,305	9757367,234,561215,887,75,305
9757368,264	561229,292	75,410	9757368,264,561229,292,75,41
9757368,290	561231,593	75,450	9757368,29,561231,593,75,45
9757368,506	561239,342	75,645	9757368,506,561239,342,75,645
9757369,937	561249,619	75,755	9757369,937,561249,619,75,755
9757370,793	561260,722	75,660	9757370,793,561260,722,75,66
9757371,262	561267,003	75,753	9757371,262,561267,003,75,753
9757372,620	561294,852	75,887	9757372,62,561294,852,75,887
9757377,229	561300,551	76,118	9757377,229,561300,551,76,118
9757377,124	561286,199	76,009	9757377,124,561286,199,76,009
9757376,794	561284,513	75,890	9757376,794,561284,513,75,89
9757376,442	561271,443	75,883	9757376,442,561271,443,75,883
9757392,628	561271,689	76,058	9757392,628,561271,689,76,058
9757402,440	561272,162	76,001	9757402,44,561272,162,76,001
9757407,202	561271,733	76,106	9757407,202,561271,733,76,106
9757406,892	561288,998	76,340	9757406,892,561288,998,76,34
9757403,259	561288,969	76,266	9757403,259,561288,969,76,266
9757406,365	561299,078	76,497	9757406,365,561299,078,76,497
9757413,353	561318,075	76,811	9757413,353,561318,075,76,811
9757416,341	561318,272	76,520	9757416,341,561318,272,76,52
9757415,647	561289,642	76,372	9757415,647,561289,642,76,372
9757417,087	561289,614	76,206	9757417,087,561289,614,76,206
9757415,804	561267,483	76,026	9757415,804,561267,483,76,026
9757416,933	561267,442	75,896	9757416,933,561267,442,75,896
9757405,169	561238,446	75,627	9757405,169,561238,446,75,627
9757413,670	561236,102	75,599	9757413,67,561236,102,75,599
9757415,691	561236,001	75,836	9757415,691,561236,001,75,836
9757429,522	561186,113	75,093	9757429,522,561186,113,75,093
9757429,614	561185,047	75,083	9757429,614,561185,047,75,083

9757437,409	561186,578	75,216	9757437,409,561186,578,75,216
9757431,039	561192,297	75,185	9757431,039,561192,297,75,185
9757440,790	561201,567	76,150	9757440,79,561201,567,76,15
9757440,905	561196,297	76,012	9757440,905,561196,297,76,012
9757440,260	561183,426	75,095	9757440,26,561183,426,75,095
9757463,046	561179,579	74,984	9757463,046,561179,579,74,984
9757455,504	561179,767	75,057	9757455,504,561179,767,75,057
9757481,056	561193,498	76,044	9757481,056,561193,498,76,044
9757526,421	561257,180	83,695	9757526,421,561257,18,83,695
9757533,615	561231,353	83,971	9757533,615,561231,353,83,971
9757540,728	561211,950	83,478	9757540,728,561211,95,83,478
9757516,862	561227,534	81,515	9757516,862,561227,534,81,515
9757517,288	561215,987	80,353	9757517,288,561215,987,80,353
9757515,195	561209,083	79,104	9757515,195,561209,083,79,104
9757375,16	561006,649	72,146	9757375,163,561006,649,72,146
9757369,36	561034,974	72,691	9757369,364,561034,974,72,691
9757365,9	560999,599	72,393	9757365,895,560999,599,72,393
9757365,23	560996,922	72,446	9757365,225,560996,922,72,446
9757358,53	561002,086	72,251	9757358,533,561002,086,72,251
9757355,39	561001,347	72,232	9757355,392,561001,347,72,232
9757354,36	561006,049	72,150	9757354,363,561006,049,72,15
9757350,76	561005,613	71,980	9757350,758,561005,613,71,98
9757343,090	561012,951	71,785	9757343,09,561012,951,71,785
9757338,88	561009,514	71,607	9757338,881,561009,514,71,607
9757339,97	561014,763	71,688	9757339,967,561014,763,71,688
9757334,21	561013,863	71,675	9757334,212,561013,863,71,675
9757332,54	561009,052	71,559	9757332,541,561009,052,71,559
9757338,16	561023,092	72,319	9757338,164,561023,092,72,319
9757337,54	561034,606	72,717	9757337,541,561034,606,72,717
9757338,76	561046,168	72,868	9757338,759,561046,168,72,868
9757341,09	561055,519	72,821	9757341,088,561055,519,72,821
9757342,31	561070,169	72,793	9757342,311,561070,169,72,793
9757339,96	561068,182	72,859	9757339,959,561068,182,72,859

9757339,250	561057,606	72,856	9757339,25,561057,606,72,856
9757336,440	561048,149	72,876	9757336,44,561048,149,72,876
9757334,78	561034,693	72,704	9757334,775,561034,693,72,704
9757334,37	561024,040	72,422	9757334,371,561024,04,72,422
9757325,61	561008,471	71,813	9757325,607,561008,471,71,813
9757325,200	561011,275	71,875	9757325,2,561011,275,71,875
9757316,67	561009,625	71,460	9757316,666,561009,625,71,46
9757317,62	561011,873	71,576	9757317,624,561011,873,71,576
9757315,540	561010,308	71,454	9757315,54,561010,308,71,454
9757312,75	561014,429	72,096	9757312,745,561014,429,72,096
9757315,81	561024,501	72,763	9757315,813,561024,501,72,763
9757321,91	561038,730	73,237	9757321,909,561038,73,73,237
9757325,09	561047,289	73,179	9757325,089,561047,289,73,179
9757326,53	561057,723	73,142	9757326,531,561057,723,73,142
9757329,64	561070,453	73,155	9757329,637,561070,453,73,155
9757332,66	561082,492	73,414	9757332,659,561082,492,73,414
9757333,660	561094,752	73,577	9757333,66,561094,752,73,577
9757336,86	561100,039	73,637	9757336,862,561100,039,73,637
9757336,53	561090,564	73,587	9757336,534,561090,564,73,587
9757335,730	561082,475	73,386	9757335,73,561082,475,73,386
9757334,32	561075,698	73,318	9757334,318,561075,698,73,318
9757332,87	561070,888	73,232	9757332,872,561070,888,73,232
9757328,31	561052,475	73,216	9757328,311,561052,475,73,216
9757323,1	561035,369	73,218	9757323,099,561035,369,73,218
9757318,940	561025,676	72,823	9757318,94,561025,676,72,823
9757315,3	561016,318	72,281	9757315,303,561016,318,72,281
9757315,67	561013,192	72,152	9757315,667,561013,192,72,152
9757174,57	560858,181	73,266	9757174,574,560858,181,73,266
9756987,16	560878,617	92,828	9756987,155,560878,617,92,828
9756994,94	560971,459	106,566	9756994,935,560971,459,106,566
9757036,52	561085,027	111,632	9757036,515,561085,027,111,632
9757049,270	561166,485	115,969	9757049,27,561166,485,115,969
9757094,49	561139,118	92,944	9757094,491,561139,118,92,944

9757091,25	561126,037	89,091	9757091,249,561126,037,89,091
9757083,41	561097,627	90,499	9757083,405,561097,627,90,499
9757076,29	561066,771	89,586	9757076,294,561066,771,89,586
9757279,17	560963,904	65,979	9757279,168,560963,904,65,979
9757258,58	560939,404	65,927	9757258,584,560939,404,65,927
9757244,21	560913,121	65,699	9757244,208,560913,121,65,699
9757224,12	560882,700	67,516	9757224,124,560882,7,67,516
9757222,16	560891,029	64,569	9757222,162,560891,029,64,569
9757214,76	560890,740	65,899	9757214,755,560890,74,65,899
9757144,340	560903,792	74,255	9757144,34,560903,792,74,255
9757153,63	560929,667	67,356	9757153,626,560929,667,67,356
9757159,64	560978,452	66,622	9757159,636,560978,452,66,622
9757162,7	561010,857	66,930	9757162,704,561010,857,66,93
9757166,630	561035,112	68,939	9757166,63,561035,112,68,939
9757184,57	561092,293	66,556	9757184,567,561092,293,66,556
9757195,91	561116,659	66,365	9757195,911,561116,659,66,365
9757202,790	561133,186	66,967	9757202,79,561133,186,66,967
9757185,87	561081,319	65,094	9757185,869,561081,319,65,094
9757183,16	561057,347	66,756	9757183,162,561057,347,66,756
9757180,49	561028,550	66,667	9757180,491,561028,55,66,667
9757172,35	560980,268	57,702	9757172,347,560980,268,57,702
9757163,53	560960,970	67,822	9757163,533,560960,97,67,822
9757160,45	560934,609	67,670	9757160,449,560934,609,67,67
9757165,88	560914,250	66,347	9757165,877,560914,25,66,347
9757177,02	560898,546	66,249	9757177,017,560898,546,66,249
9757191,35	560883,686	67,537	9757191,351,560883,686,67,537
9757373,86	560900,904	74,596	9757373,861,560900,904,74,596
9757391,81	560857,224	74,915	9757391,814,560857,224,74,915
9757402,37	560839,379	74,912	9757402,366,560839,379,74,912
9757412,92	560825,231	74,781	9757412,918,560825,231,74,781
9757415,4	560831,967	74,544	9757415,397,560831,967,74,544
9757404,76	560848,256	74,685	9757404,764,560848,256,74,685
9757395,02	560865,387	74,738	9757395,022,560865,387,74,738

9757313,87	560896,279	67,738	9757313,866,560896,279,67,738
9757271,6	560846,474	66,192	9757271,602,560846,474,66,192
9757282,39	560857,949	66,119	9757282,385,560857,949,66,119
9757296,42	560891,053	68,133	9757296,422,560891,053,68,133
9757297,93	560897,073	68,119	9757297,927,560897,073,68,119
9757298,06	560905,951	67,289	9757298,058,560905,951,67,289
9757306,42	560917,252	67,202	9757306,417,560917,252,67,202
9757312,75	560930,894	67,099	9757312,746,560930,894,67,099
9757315	560947,015	67,300	9757314,999,560947,015,67,3
9757310,33	560956,740	67,213	9757310,327,560956,74,67,213
9757303,23	560965,496	67,088	9757303,232,560965,496,67,088
9757296,22	560967,846	67,630	9757296,223,560967,846,67,63
9757284,28	560967,901	68,086	9757284,277,560967,901,68,086
9757280,2	560979,954	69,037	9757280,202,560979,954,69,037
9757303,21	560978,333	68,220	9757303,214,560978,333,68,22
9757320,93	560960,030	68,842	9757320,925,560960,03,68,842
9757318,3	560904,307	67,023	9757318,302,560904,307,67,023
9757318,5	560897,342	68,266	9757318,495,560897,342,68,266
9757318,56	560891,129	68,176	9757318,555,560891,129,68,176
9757321,29	560874,300	66,770	9757321,293,560874,3,66,77
9757298,13	560849,828	67,849	9757298,127,560849,828,67,849
9757299,26	560863,356	65,844	9757299,261,560863,356,65,844

## Anexo 2

### Datos hidráulicos

$q/Q$	$v/V$	$d/D$
0,01	0,32	0,07
0,02	0,41	0,1
0,0025	0,435	0,11
0,03	0,46	0,12
0,04	0,5	0,14
0,05	0,53	0,15
0,06	0,55	0,16
0,07	0,6	0,18
0,08	0,62	0,19
0,09	0,63	0,2
0,1	0,65	0,21
0,11	0,66	0,22
0,12	0,68	0,23
0,13	0,7	0,24
0,14	0,72	0,25
0,15	0,73	0,26
0,16	0,75	0,27
0,17	0,76	0,28
0,18	0,77	0,29
0,19	0,78	0,3
0,2	0,79	0,3
0,21	0,8	0,31
0,22	0,81	0,31
0,23	0,82	0,32
0,24	0,83	0,33
0,25	0,84	0,34
0,26	0,85	0,35
0,27	0,86	0,35
0,28	0,86	0,36
0,29	0,88	0,37
0,3	0,88	0,37
0,31	0,88	0,38
0,32	0,89	0,39
0,33	0,89	0,39
0,34	0,9	0,4
0,35	0,91	0,41
0,36	0,92	0,41
0,37	0,93	0,42

	<u>PVC</u>	<u>HORMIGÓN</u>
RUGOSIDAD	0,009	0,013
FACTOR	44,11	30,538

0,38	0,94	0,43
0,4	0,95	0,44
0,41	0,97	0,48
0,42	0,98	0,48
0,43	0,98	0,48
0,44	0,98	0,48
0,45	0,98	0,48
0,46	0,98	0,48
0,47	0,98	0,48
0,48	0,98	0,49
0,49	0,99	0,49
0,5	1	0,5
0,51	1	0,52
0,52	1,01	0,51
0,53	1,02	0,52
0,54	1,02	0,52
0,55	1,03	0,52
0,56	1,03	0,53
0,57	1,03	0,54
0,58	1,04	0,55
0,59	1,04	0,55
0,6	1,05	0,56
0,61	1,05	0,56
0,62	1,06	0,56
0,63	1,06	0,58
0,64	1,06	0,58
0,65	1,06	0,58
0,66	1,06	0,59
0,67	1,07	0,6
0,68	1,07	0,6
0,69	1,08	0,61
0,7	1,08	0,62
0,71	1,08	0,62
0,72	1,08	0,63
0,73	1,09	0,63
0,74	1,09	0,64
0,75	1,1	0,64
0,76	1,1	0,65
0,77	1,11	0,66
0,78	1,11	0,67
0,79	1,11	0,67
0,8	1,11	0,68

0,81	1,12	0,68
0,82	1,12	0,69
0,83	1,12	0,7
0,84	1,12	0,7
0,85	1,12	0,71
0,86	1,12	0,72
0,87	1,12	0,72
0,88	1,12	0,73
0,89	1,12	0,74
0,9	1,12	0,75
0,91	1,13	0,75
0,92	1,13	0,76
0,93	1,13	0,77
0,94	1,13	0,78
0,95	1,13	0,78
0,96	1,13	0,79
0,97	1,13	0,8
0,98	1,13	0,81
0,99	1,13	0,82
1	1,13	0,84



### Anexo 3

Evidencias de campo

#### Figura 17

Obtención de datos topográficos



En la figura 17, se realiza la recopilación topografía del terreno para la implementación del sistema de alcantarillado.

#### Figura 18

Levantamiento de datos



La figura 18, muestra el levantamiento de datos donde se opera el instrumento de medición montado sobre un trípode, mientras se sostiene la mira topográfica.

**Figura 19**  
Vivienda común del sector Sube y Baja



La figura 19, muestra la ausencia de tuberías, desagües o cualquier infraestructura sanitaria de alcantarillado

**Figura 20**  
Camino del sector Sube y Baja





En la figura 20, se observa una franja oscura y húmeda que sugiere el flujo de aguas residuales sin un sistema de drenaje adecuado.

**Figura 21**

Letrina al exterior de una vivienda





La figura 21, presenta una letrina exterior que representa que los residentes no tienen acceso a instalaciones sanitarias adecuadas dentro de sus viviendas.

**Figura 22**

Avenida principal del sector



En la figura 22, se percibe el estado actual de la avenida principal del sector Sube y Baja.