



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE  
DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCION  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

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

**TEMA**

**PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO  
SANITARIO MEDIANTE SOFTWARE LA CIUDADELA SANTA ELENA  
– BUCAY**

**TUTOR**

**ING. PABLO PAREDES**

**AUTORES**

**ALAN GABRIEL CISNEROS MARTINEZ**

**LENIN ERNESTO ESTUPIÑAN ORTIZ**

**GUAYAQUIL**

**2024**



<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>	
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS</b>	
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b> Propuesta de Diseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario Mediante Software la Ciudadela Santa Elena – Bucay.	
<b>AUTOR/ES:</b> Cisneros Martínez Alan Gabriel Estupiñán Ortiz Lenin Ernesto	<b>TUTOR:</b> Ing. Paredes Ramos Pablo Mario
<b>INSTITUCIÓN:</b> Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	<b>Grado obtenido:</b> Ingeniero civil
<b>FACULTAD:</b> FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCION	<b>CARRERA:</b> INGENIERIA CIVIL
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b> 2024	<b>N. DE PÁGS:</b> 100
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b> Arquitectura y Construcción	
<b>PALABRAS CLAVE:</b> Diseño, Tratamiento, Sistema, Población	

**RESUMEN:**

El proyecto se centra en la propuesta de diseño de un sistema de alcantarillado sanitario en la ciudadela Santa Elena de Bucay. En el primer capítulo se presenta el problema, que incluye la falta de acceso a servicios de saneamiento a nivel global y en Ecuador, junto con la carencia de regulaciones y la descarga de residuos sin tratar en ríos. Se formulan objetivos para evaluar el estado actual del sistema de alcantarillado y proponer mejoras.

En el capítulo 2 se aborda el marco teórico y legal, que proporciona el contexto conceptual y analiza las leyes y regulaciones pertinentes para el diseño y operación de sistemas de alcantarillado en Ecuador y específicamente en Bucay y la ciudadela Santa Elena.

El capítulo 3 define el enfoque de la investigación, que combina técnicas cualitativas y cuantitativas. Se utiliza un enfoque mixto para recopilar información y establecer criterios de diseño. La investigación cualitativa se

enfoca en comprender la realidad subjetiva y la cuantitativa en la recopilación y análisis de datos numéricos.

Los resultados revelan que el alcantarillado sanitario actual no está óptimamente diseñado, con problemas como el exceso de diámetro de las tuberías. Se emplean criterios como la población, el área y las pendientes del terreno en el diseño de la red sanitaria utilizando herramientas digitales.

La inspección visual y las encuestas complementan la información recopilada. Se concluye que los problemas del alcantarillado podrían resolverse sin necesidad de una renovación total.

**N. DE REGISTRO (en base de datos):****N. DE CLASIFICACIÓN:****DIRECCIÓN URL (Web):****ADJUNTO PDF:****SI****NO**

<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b> Cisneros Martinez Alan Gabriel Estupiñán Ortiz Lenin Ernesto	<b>Teléfono:</b> 0993561310 0993498726	<b>E-mail:</b> acisnerosm@ulvr.edu. ec lestupinano@ulvr.edu. ec
<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	<b>Ph.D Marcial Calero Amores</b> <b>Teléfono:</b> (04) 259 6500 Ext. 241 <b>E-mail:</b> mcaleroa@ulvr.edu.ec  <b>MGTR. Eliana Contreras Jordán</b> <b>Teléfono:</b> (04) 259 6500 Ext. 242 <b>E-mail:</b> econtrerasj@ulvr.edu.ec	

# CERTIFICADO DE SIMILITUD

Tesis Estupiñan - Cisnero

## INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[ri.ues.edu.sv](http://ri.ues.edu.sv)

Fuente de Internet

<1 %

2

[repositorio.upse.edu.ec](http://repositorio.upse.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

3

[vdocumento.com](http://vdocumento.com)

Fuente de Internet

<1 %

4

[repositorio.ulvr.edu.ec](http://repositorio.ulvr.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

5

[www.coursehero.com](http://www.coursehero.com)

Fuente de Internet

<1 %

6

Submitted to Universidad Manuela Beltrán

Trabajo del estudiante

<1 %

7

Submitted to Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil

Trabajo del estudiante

<1 %

8

[www.insst.es](http://www.insst.es)

Fuente de Internet

<1 %

9

[www.slideshare.net](http://www.slideshare.net)

Fuente de Internet

		<1 %
10	Submitted to Universidad Tecnica De Ambato- Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE Trabajo del estudiante	<1 %
11	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
12	dialnet.unirioja.es Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.unesum.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
14	www.un.org Fuente de Internet	<1 %
15	dspace.uazuay.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
16	www.estade.org Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
18	www.cepis.org.pe Fuente de Internet	<1 %
19	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
20	vlex.ec Fuente de Internet	

		<1 %
21	UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ. "VI CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍAS: "INGENIERÍA PARA FORMAR UNA SOCIEDAD SOSTENIBLE"", Editorial Internacional Runaiki, 2019 Publicación	<1 %
22	<a href="http://bibdigital.epn.edu.ec">bibdigital.epn.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
23	<a href="http://repositorio.unfv.edu.pe">repositorio.unfv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
24	Submitted to uniminuto Trabajo del estudiante	<1 %
25	<a href="http://www.cich.org">www.cich.org</a> Fuente de Internet	<1 %
26	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Fuente de Internet	<1 %
27	<a href="http://www2.iadb.org">www2.iadb.org</a> Fuente de Internet	<1 %
28	<a href="http://issuu.com">issuu.com</a> Fuente de Internet	<1 %
29	<a href="http://repositorio.ucsg.edu.ec">repositorio.ucsg.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
	<a href="http://revistamapa.org">revistamapa.org</a>	

30	Fuente de Internet	<1 %
31	www.cgiac.org Fuente de Internet	<1 %
32	1library.co Fuente de Internet	<1 %
33	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
34	dspace.unl.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
35	Submitted to Universidad del Istmo de Panamá Trabajo del estudiante	<1 %
36	www.clubensayos.com Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas      Activo  
Excluir bibliografía      Activo

Excluir coincidencias < 15 words

*José Ricardo Jarama*

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados **CISNEROS MARTINEZ ALAN GABRIEL** y **ESTUPIÑAN ORTIZ LENIN ERNESTO**, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, **Propuesta de diseño del sistema dealcantarillado sanitario mediante software en la ciudadela Santa Elena Bucay**, 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

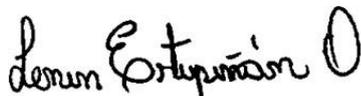
Autor(es)



Firma:

CISNEROS MARTINEZ ALAN

GABRIELC.I. 0606214195



Firma:

ESTUPIÑAN ORTIZ LENIN

ERNESTOC.I.0922858444

## CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación **Propuesta de diseño del sistema de alcantarillado sanitario mediante software en la ciudadela Santa Elena-Bucay**, designado(a) 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: **Propuesta de diseño del sistema de alcantarillado sanitario mediante software en la ciudadela Santa Elena-Bucay**, presentado por los estudiantes **CISNEROS MARTINEZ ALAN GABRIEL y ESTUPIÑAN ORTIZ LENIN ERNESTO**, como requisito previo, para optar al Título de **INGENIERO CIVIL**, encontrándose apto para su sustentación.



Firma:

ING. PABLO MARIO PAREDES RAMOS

C.C. 0911828150

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios que me ha dado la oportunidad de vida y la sabiduría para seguir por el camino del bien. Quiero agradecer a mis pilares fundamentales en esta vida, que son mis padres y abuelitos, gracias a ellos he podido salir adelante, con sus muestras de amor incondicional. Quiero expresar un agradecimiento especial a la Lic. Leonila Gordon y Edgar Rivera, por su atención y hospitalidad en estos 5 años de mi carrera. Y a todas las personas que con su granito de arena han contribuido en la elaboración de este trabajo, gracias de corazón.

## **DEDICATORIA**

Dedico este logro a mis dos madres, Karina y Silvia, quienes han sido el pilar fundamental en mi carrera y en mi vida, también a mi papa Dany Cisneros y mi abuelito Eduardo Martínez, que en todo momento han estado para mí ante cualquier circunstancia. Sin dejar a un lado a mi amada abuelita Piedad Rivera, que siempre me tiene en sus oraciones. Una dedicatoria especial a mis tíos Eduardo y Richard que siempre me han apoyado en mi objetivo de ser un profesional. Este Título es por y para ustedes Familia.

**CISNEROS MARTINEZ ALAN GABRIEL**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi gratitud hacia Dios por otorgarme la salud, el intelecto y la determinación que han sido fundamentales para el desarrollo y la conclusión de esta tesis. De manera especial, deseo reconocer el amor y el apoyo incondicional brindado por mis padres, Washington Estupiñán Bamba y Delfina Ortiz Camacho, a lo largo de mi vida. Su constante aliento y respaldo han sido motores que me han impulsado a alcanzar mis metas personales y académicas, animándome a perseverar frente a cualquier obstáculo. Asimismo, agradezco profundamente a nuestro tutor de tesis, el ingeniero Pablo Mario Paredes Ramos, por su dedicación, orientación y paciencia, que fueron invaluable soporte para la finalización de este trabajo. Mi reconocimiento también se extiende a la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, así como a todos los profesores y compañeros que formaron parte de este trayecto académico. Desde el principio, su conocimiento y respaldo contribuyeron significativamente a mi crecimiento personal e intelectual. Finalmente, quiero expresar mi sincero agradecimiento a todos mis amigos que me han acompañado y brindado su apoyo incondicional. A pesar de las dificultades, juntos hemos encontrado la fuerza para seguir adelante.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres, Washington Estupiñán Bamba y Delfina Ortiz Camacho, cuyo amor y sacrificio han sido pilares fundamentales que han hecho posible mi llegada hasta este punto. Su ejemplo de esfuerzo y dedicación han sido una fuente constante de inspiración para mí durante mi tiempo en la universidad. Asimismo, quiero dedicar este trabajo a mis hermanas Nickole y Denisse, quienes han sido un constante apoyo y respaldo en diversos momentos de mi vida. También, dedico este trabajo a mis amigos, con quienes he compartido innumerables momentos significativos y de quienes he recibido valiosas lecciones para la vida. Agradezco a mis profesores por su orientación y contribución a mi crecimiento intelectual, siendo guías clave en mi desarrollo como estudiante y futuro profesional. Finalmente, me dedico a mí mismo como un testimonio de perseverancia y esfuerzo continuo a lo largo de mi carrera universitaria, esperando que este trabajo sea solo el comienzo de muchos logros más por venir.

**ESTUPIÑAN ORTIZ LENIN ERNESTO**

## RESUMEN

El proyecto se centra en la propuesta de diseño de un sistema de alcantarillado sanitario en la ciudadela Santa Elena de Bucay. En el primer capítulo se presenta el problema, que incluye la falta de acceso a servicios de saneamiento a nivel global y en Ecuador, junto con la carencia de regulaciones y la descarga de residuos sin tratar en ríos. Se formulan objetivos para evaluar el estado actual del sistema de alcantarillado y proponer mejoras. En el capítulo 2 se aborda el marco teórico y legal, que proporciona el contexto conceptual y analiza las leyes y regulaciones pertinentes para el diseño y operación de sistemas de alcantarillado en Ecuador y específicamente en Bucay y la ciudadela Santa Elena. El capítulo 3 define el enfoque de la investigación, que combina técnicas cualitativas y cuantitativas. Se utiliza un enfoque mixto para recopilar información y establecer criterios de diseño. La investigación cualitativa se enfoca en comprender la realidad subjetiva y la cuantitativa en la recopilación y análisis de datos numéricos. Los resultados revelan que el alcantarillado sanitario actual no está óptimamente diseñado, con problemas como el exceso de diámetro de las tuberías. Se emplean criterios como la población, el área y las pendientes del terreno en el diseño de la red sanitaria utilizando herramientas digitales. La inspección visual y las encuestas complementan la información recopilada. Se concluye que los problemas del alcantarillado podrían resolverse sin necesidad de una renovación total.

**(Palabras Claves – Alcantarillado, saneamiento, aguas residuales)**

## **ABSTRACT**

The project focuses on the design proposal for a sanitary sewerage system in the Santa Elena citadel of Bucay. The first chapter presents the problem, which includes the lack of access to sanitation services globally and in Ecuador, along with the lack of regulations and the discharge of untreated waste into rivers. Objectives are formulated to assess the current state of the sewerage system and propose improvements. Chapter 2 addresses the theoretical and legal framework, which provides the conceptual context and analyzes the laws and regulations pertinent to the design and operation of sewerage systems in Ecuador and specifically in Bucay and the Santa Elena citadel. Chapter 3 defines the approach to the research, which combines qualitative and quantitative techniques. A mixed approach is used to gather information and establish design criteria. Qualitative research focuses on understanding subjective and quantitative reality in the collection and analysis of numerical data. The results reveal that the current sanitary sewer system is not optimally designed, with problems such as excessive pipe diameters. Criteria such as population, area and slopes of the land are used in the design of the health network using digital tools. Visual inspection and surveys complement the information collected. It is concluded that the sewer problems could be solved without the need for a total renovation.

**(Keywords – Sewerage, sanitation, wastewater)**

## ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE SIMILITUD.....	V
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR .....	X
CERTIFICO:.....	X
AGRADECIMIENTO.....	XI
DEDICATORIA.....	XI
AGRADECIMIENTO.....	XII
DEDICATORIA.....	XII
ÍNDICE GENERAL .....	XV
ÍNDICE DE TABLAS .....	XVII
INDICE DE ILUSTRACIONES .....	XVIII
INDICE DE ECUACIONES .....	XIX
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	4
1.1 Tema .....	4
1.2 Planteamiento del Problema .....	4
1.3 Formulación del Problema .....	5
1.4 Objetivo General .....	5
1.5 Objetivos Específicos .....	6
1.6 Idea a Defender.....	6
1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad .....	6
CAPÍTULO II .....	7
2.1 Marco Teórico .....	7
2.1.1 Antecedentes .....	7
2.1.2 Alcantarillado sanitario .....	14
2.1.3 Sistema de alcantarillado sanitario.....	15
2.1.4 Importancia de los Sistemas de Alcantarillado Sanitario para la Salud Pública y el Medio Ambiente.....	16
2.1.5 Tipos de Sistemas de Alcantarillados.....	17
2.2 Marco Legal .....	27
2.2.1 Constitución de la República del Ecuador.....	27
2.2.2 Ley Orgánica del Régimen Municipal.....	28
2.2.4 Normas Técnicas Ecuatorianas (NTE) para Ingeniería Civil .....	29
CAPÍTULO III .....	30

3.1 Enfoque de la Investigación. ....	30
3.2 Alcance de la investigación. ....	31
3.3 Técnica e Instrumentos para Obtener los Datos. ....	31
3.4 Población y Muestra. ....	31
3.4.1 Descripción del Objeto de Estudio ....	31
3.5 Tipo de Muestreo ....	33
3.6 Operacionalización de las Variables ....	34
3.7 Elaboración de la Guía de Observación ....	34
3.8 Elaboración de la Encuesta. ....	37
3.9 Desarrollo del Diseño Planteado ....	39
3.9.1 Levantamiento Topográfico de la Ciudadela Santa Elena de Bucay ....	39
3.9.2 Elaboración de Planilla de Cálculo ....	44
3.10 Elaboración del Presupuesto Referencial ....	49
3.10.1 Obra Civil Zanjas ....	50
3.10.2 Construcción de Pozos de Inspección ....	50
3.10.3 Construcción de cámaras de caída ....	50
3.10.4 Instalación Tuberías de PVC. ....	51
3.10.5 Tapas de pozos y cámaras ....	51
CAPÍTULO IV ....	52
4.1 Presentación de Resultados ....	52
4.1.2 Resultado de la Inspección Visual. ....	52
4.1.3 Resultados de la Encuesta. ....	53
4.1.5 Costos ....	62
4.2 Propuesta. ....	63
4.2.2 Guía de Implementación de Mejoras. ....	63
CONCLUSIONES. ....	65
RECOMENDACIONES ....	66
BIBLIOGRAFIA ....	67
ANEXOS ....	71

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Línea de investigación.....	6
Tabla 2: Distintos valores de coeficiente de retorno según el uso para aguas residuales.....	20
Tabla 3:Instrumentación de las técnicas de investigación.....	31
Tabla 4: Esquematización del conjunto poblacional y subconjunto de muestra. ....	33
Tabla 5:Operacionalización de las variables. ....	34
Tabla 6: Guía de observación. ....	36
Tabla 7: Encuesta dirigida a los habitantes de la ciudadela Santa Elena de Bucay. 38	
Tabla 8: Coordenadas UTM de delimitación de las áreas drenadas de la zona de estudio (PARTE I). ....	40
Tabla 9: Coordenadas UTM de delimitación de las áreas drenadas de la zona de estudio (PARTE II). ....	41
Tabla 10: Coordenadas UTM de localización de pozos de inspección. ....	42
Tabla 11: Coordenadas UTM de localización de cámaras de caída. ....	43
Tabla 12: Resultados de la guía de observación. ....	52
Tabla 13: Resultados Pregunta 2.....	53
Tabla 14: Resultados Pregunta 4.....	54
Tabla 15: Resultados Pregunta 6.....	55
Tabla 16: Resultados Pregunta 8.....	56
Tabla 17: Resultados Pregunta 10.....	56
Tabla 18: Diseño hidráulico de la red sanitaria (Parte I).....	57
Tabla 19: Diseño hidráulico de la red sanitaria (Parte II).....	58
Tabla 20: Diseño hidráulico de la red sanitaria (Parte III).....	59
Tabla 21: Diseño hidráulico de la red sanitaria (Parte IV). ....	60
Tabla 22: Tabla de rubros y cantidades. ....	62

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Aguas residuales. ....	7
Ilustración 2: Red de alcantarillado sanitario. ....	9
Ilustración 3: Simplificación de un diseño básico de alcantarillado sanitario. ....	12
Ilustración 4: Esquema de distribución de ramales. ....	15
Ilustración 5: Transporte de aguas residuales desde todas las áreas urbanas. ....	16
Ilustración 6: Esquema de alcantarillado combinado. ....	18
Ilustración 7: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. ....	19
Ilustración 8: Medición de caudal de aguas residuales. ....	22
Ilustración 9: Software SewerCAD para diseño y/o análisis de sistemas de alcantarillado. ....	24
Ilustración 10: Programa SewerCAD. ....	25
Ilustración 11: Cdma. Santa Elena de Bucay - Vista Satelital. ....	32
Ilustración 12: Marcas de posición en Google Earth. ....	39
Ilustración 13: Fórmula de concatenación en el Excel. ....	43
Ilustración 14: Caudal máximo horario de aguas residuales. ....	47
Ilustración 15: Infiltración por unidad de longitud de tubería. ....	47
Ilustración 16: Cotas de rasante e invert. ....	49
Ilustración 17: Resultados Pregunta 1. ....	53
Ilustración 18: Resultados Pregunta 3. ....	54
Ilustración 19: Resultados Pregunta 5. ....	55
Ilustración 20: Resultados Pregunta 7. ....	55
Ilustración 21: Resultados Pregunta 9. ....	56
Ilustración 22: Plano topográfico Cdma. Santa Elena de Bucay. ....	61
Ilustración 23: Código ANX001. ....	71
Ilustración 24: Código ANX002. ....	72
Ilustración 25: Código ANX003. ....	73
Ilustración 26: Código ANX004. ....	74
Ilustración 27: Código ANX005. ....	75
Ilustración 28: Código ANX006. ....	76
Ilustración 29: Código ANX007. ....	77
Ilustración 30: Código ANX008. ....	78
Ilustración 31: Código ANX009. ....	79
Ilustración 32: Código ANX010. ....	80

Ilustración 33: Código ANX011. ....	81
-------------------------------------	----

### **INDICE DE ECUACIONES**

Ecuación 1: Ecuación de Babbitt para poblaciones por debajo de 1000 hab.....	46
Ecuación 2: Demostración de las unidades de caudal medio de aguas residuales. 46	
Ecuación 3: Relaciones de Manning. ....	48
Ecuación 4: Fuerza tractiva. ....	49

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto aborda la propuesta de diseño de un sistema de alcantarillado sanitario en la ciudadela Santa Elena de Bucay. En el primer capítulo se tanto las primeras características de la investigación como el problema. Se contextualiza el problema global del acceso limitado a servicios de saneamiento, especialmente en Ecuador, destacando la falta de coordinación en la red de alcantarillado y la carencia de regulaciones para la facturación de servicios. Se señala la existencia de problemas como la descarga de residuos sin tratar en ríos, la falta de cobertura del alcantarillado sanitario y la necesidad de mejorar el tratamiento de aguas residuales. A partir de esto, se formula el problema de investigación y se establecen objetivos generales y específicos para evaluar el estado actual del sistema de alcantarillado en la ciudadela Santa Elena y proponer mejoras. La idea a defender es que la evaluación del sistema permitirá identificar falencias y proponer mejoras en la recolección de aguas servidas.

El capítulo 2 está conformado por el marco teórico que proporciona el contexto conceptual y las bases teóricas sobre las cuales se fundamenta el estudio. En el caso de la propuesta de diseño del sistema de alcantarillado sanitario en la ciudadela Santa Elena de Bucay. Otro elemento del capítulo 2 es el marco legal que proporciona un análisis de las leyes, regulaciones y políticas relevantes que rigen el diseño, construcción y operación de sistemas de alcantarillado sanitario en Ecuador, específicamente en el cantón Bucay y la ciudadela Santa Elena.

En el capítulo 3 se definen aspectos como el enfoque de la investigación el cual se determinó según los objetivos específicos planteados, los cuales abordaron tanto técnicas cualitativas como cuantitativas. Se empleó un enfoque mixto, combinando la observación y la encuesta para recopilar información cualitativa y cuantitativa, respectivamente, con el fin de establecer criterios de diseño para el sistema de alcantarillado sanitario.

La investigación cualitativa se centró en comprender la realidad subjetiva y dinámica influida por diversos contextos, mediante una reflexión profunda sobre el tema y los métodos dentro de la realidad estudiada. Se priorizó la cantidad y profundidad de la información recopilada sobre datos numéricos, con el objetivo de comprender las experiencias y opiniones de los participantes.

Por otro lado, la parte cuantitativa de la investigación se basó en la recopilación y análisis de datos numéricos para responder preguntas de investigación y probar hipótesis preestablecidas. Se utilizaron medidas numéricas, recuentos y estadísticas para descubrir patrones de comportamiento en la población, mediante el uso de herramientas como Google Earth y Microsoft Excel.

El alcance del proyecto se definió considerando la capacidad operativa de los investigadores y se centró en realizar una descripción detallada del tema estudiado. Se identificaron las características de la ciudadela Santa Elena de Bucay, incluyendo su población, ubicación geográfica y servicios básicos disponibles. Se seleccionó un conjunto poblacional representativo para aplicar las técnicas de investigación, utilizando un muestreo aleatorio simple para garantizar la representatividad de la muestra. La socialización de una encuesta en línea se utilizó como método para obtener una muestra significativa de la población, dada la no extensión considerable de la población.

Los resultados expuestos en el capítulo 3 como la inspección visual de la Ciudadela Santa Elena revelaron que las condiciones actuales del alcantarillado sanitario no están óptimamente diseñadas. Se identificaron varios factores que respaldaron esta conclusión, como el exceso de diámetro de las tuberías, que no correspondía al tipo de servicio prestado. Aunque el alcantarillado no es combinado, lo que justificaría el mayor diámetro, no se encontraron estructuras de alcantarillado pluvial durante la inspección. Por su parte las encuestas mostraron la percepción de los moradores y complementaron algunos aspectos que no se evidenciaron en la observación realizada.

Los criterios utilizados en el diseño de la red sanitaria fueron la población, el área y las pendientes del terreno. Estos parámetros se determinaron inicialmente utilizando herramientas como Google Earth. La pendiente, un valor de cálculo indirecto, se estableció utilizando las elevaciones del terreno y las distancias planimétricas proporcionadas por Google Earth para cada tramo de tubería. El diseño requería el uso de tres herramientas digitales y aproximadamente una semana de tiempo, lo que sugiere una eficiencia relativamente media.

Tanto la técnica de observación como la encuesta proporcionaron datos importantes, y se demostró que ninguna era completamente efectiva de forma independiente. Se complementaron entre sí al recopilar información que no se encontraba fácilmente mediante cada método por separado.

A menudo, frente a anomalías en un sistema antiguo, se recomienda su renovación completa. Sin embargo, los recursos técnicos y un diagnóstico detallado indicaron que los problemas actuales del alcantarillado sanitario podrían resolverse o mitigarse en favor de mejorar la calidad de los servicios básicos, sin necesidad de una renovación total.

# CAPÍTULO I

## ENFOQUE DE LA PROPUESTA

### 1.1 Tema

Propuesta de diseño del sistema de alcantarillado sanitario mediante software en la ciudadela Santa Elena de la ciudad de Bucay.

### 1.2 Planteamiento del Problema

A nivel global el acceso limitado a servicios de saneamiento es una realidad puesto que cerca de 2,400 millones de personas no tienen acceso a servicios sanitarios y alrededor de 1,000 millones practican la defecación al aire libre. A pesar de los avances logrados desde 1990, la meta de saneamiento dentro de los ya conocidos Objetivos de Desarrollo del Milenio no ha sido lograda, dejando de esta forma a aproximadamente 700 millones de personas afectadas. A nivel global, solamente el 68% de la población cuenta con acceso a sistemas de saneamiento. (Palma, M. et al., 2021)

En Ecuador, destaca el hecho de que en ciudades como Quito, Guayaquil y Cuenca se produce una gran cantidad de residuos contaminantes que se descargan sin tratar en ríos y esteros. La falta de sistemas separados de alcantarillado pluvial y sanitario dificulta la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales. El alcantarillado sanitario tiene una gran importancia histórica al garantizar la higiene y prevenir inundaciones. Sin embargo, su naturaleza subterránea y su funcionamiento esporádico lo han convertido en una infraestructura política olvidada. (Palma, M. et al., 2021)

En el contexto ecuatoriano la ausencia de coordinación y planificación en la red de alcantarillado ha causado problemas como inundaciones en algunas ciudades durante periodos de lluvias fuertes, con impactos en la sociedad. Se ha argumentado que el acceso a servicios básicos, como un sistema de alcantarillado sanitario eficiente, es fundamental para la salud tanto a nivel individual como colectivo. (Palma, M. et al., 2021)

La municipalidad de Bucay, a través de su unidad descentralizada de Agua Potable y Alcantarillado (UDAPA), tiene la responsabilidad de manejar y operar la planta de tratamiento de agua potable, y también de planificar futuros proyectos relacionados. No obstante, en la actualidad no hay regulaciones para la facturación

de los servicios y tampoco se cuenta con información sobre el uso de agua por parte de los usuarios. Como consecuencia, todos los usuarios deben abonar una tarifa fija de 1.20 dólares, sin importar cuánto consuman.

Se ha detectado la carencia de una ordenanza que regule los cobros de los servicios de agua potable y alcantarillado. La gestión municipal está elaborando una propuesta de ordenanza que establezca tarifas adaptadas a los distintos usuarios, pero esta propuesta está a la espera de ser revisada por el ayuntamiento y aún no ha obtenido una respuesta.

Por otro lado, en el cantón se están realizando esfuerzos para tratar adecuadamente las aguas residuales, ya que cuentan con dos plantas de tratamiento en funcionamiento. La planta de tratamiento de aguas residuales está ubicada en el sector de la ciudadela Santa Elena, con el fin de mantener la limpieza del río Chimbo y evitar la contaminación. No obstante, en algunos lugares como La Puntilla, hay viviendas que vierten sus aguas residuales directamente al río Chimbo. Esto resulta ser evidencia de la falta de cobertura del alcantarillado sanitario y de regulación y control de las actividades humanas.

La planta de tratamiento número dos está situada en el sector de Matilde Esther y brinda servicios especializados para esta zona en particular. Las plantas de tratamiento fueron diseñadas para realizar la debida conducción de los desechos sólidos a través de lagunas de oxidación con filtración, con el fin de purificar las aguas residuales. Adicionalmente, se ha señalado que el equipo técnico está llevando a cabo investigaciones para evaluar la viabilidad de construir una nueva planta de tratamiento en la zona rural. Esto se debe a que la ausencia de tratamiento de aguas residuales en esta área conlleva un riesgo significativo de propagación de infecciones. (Municipalidad de Bucay)

### **1.3 Formulación del Problema**

¿Cuáles son las falencias que presenta el sistema de alcantarillado sanitario de la ciudadela Santa Elena en Bucay?

### **1.4 Objetivo General**

Evaluar el estado actual del sistema de alcantarillado sanitario de la ciudadela Santa Elena en Bucay mediante el levantamiento de información para el planteamiento de mejoras.

## 1.5 Objetivos Específicos

- Establecer los criterios que se utilizarán en el diseño del sistema de alcantarillado sanitario.
- Desarrollar el levantamiento topográfico mediante Google Earth e información disponible de la ciudadela Santa Elena de la ciudad de Bucay.
- Realizar el diseño del sistema de alcantarillado sanitario en simultáneo con el presupuesto referencial delimitando los rubros y cantidades de acuerdo con los elementos diseñados.

## 1.6 Idea a Defender

La evaluación del sistema de alcantarillado de la ciudadela Santa Elena permitirá detectar falencias para proponer mejoras al sistema de recolección de las aguas servidas.

## 1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad

Tabla 1: Línea de investigación.

Dominios ULVR	Línea de investigación institucional	Líneas de investigación Facultad	Sub-líneas de investigación Facultad
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables	Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción	Territorio	Hábitat, diseño y construcción sustentable

Fuente: Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil (2024).

## CAPÍTULO II

### MARCO REFERENCIAL

#### 2.1 Marco Teórico

##### 2.1.1 Antecedentes

Como primera investigación que servirá como antecedente está el trabajo de Malavé, A. (2015), denominado "Diseño del sistema de Alcantarillado Sanitario para una Lotización de ciento cincuenta viviendas, en la Comuna El Tambo - Santa Elena, Provincia de Santa Elena", cuya problemática principal está que los análisis efectuados en un contexto amplio demuestran que las aguas residuales presentan principalmente una proporción elevada de sustancias en estado líquido, junto con una proporción reducida de componentes de materia orgánica, sólidos, nutrientes, microorganismos patógenos y, estos últimos siendo elementos de naturaleza tóxica.

Ilustración 1: Aguas residuales.



Fuente: CLORID (2024).

A raíz de esta situación, surge una imperante necesidad de dar salida a estas aguas, ya que su acumulación podría generar emanaciones de gases desagradables o servir como transporte a la propagación de enfermedades de tipo infeccioso tales como el cólera y la tifoidea, entre otras. A partir de estas premisas, se estableció como objetivo general "realizar el cálculo y diseño del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial, así como el sistema de red domiciliar de agua potable para el proyecto de lotización ciudadela El Tambo, en la comuna El Tambo" (Malavé, 2015).

En el marco de este proyecto de titulación, se llevó a cabo la concepción y desarrollo de un sistema de saneamiento para las aguas residuales, que establecerá una conexión con una de las infraestructuras de alcantarillado preexistentes en la localidad de El Tambo. Dicha infraestructura se compone de 4 colectores principales, acompañados por 18 cámaras de inspección, además de 136 puntos de conexión domiciliaria.

Por otro lado, el diseño contempló la implementación de un sistema de red de drenaje pluvial que se integrará con el cauce inactivo del río Tortuga. Este sistema comprende la instalación de 41 sumideros distribuidos estratégicamente, respaldados por 4 colectores adicionales y 17 cámaras de inspección para facilitar su operación y mantenimiento.

Ambos sistemas han sido concebidos para operar de manera pasiva, aprovechando el efecto gravitacional en su funcionamiento. En términos económicos, se ha destinado un presupuesto global de \$1,059,731.49 para la realización exitosa de este proyecto. Este monto asignado permite llevar a cabo el cálculo meticuloso del costo por unidad de área de los terrenos comprendidos en el proyecto piloto, resultando en un valor específico de \$15.77 por metro cuadrado.

Como segundo antecedente relevante, se presenta el estudio realizado por Montenegro, H. (2018) titulado "Diseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario y Propuesta de Tratamiento para la Comuna Puerto La Boca, Cantón Jipijapa". En el contexto de este trabajo, se analiza la situación problemática relacionada con este puerto. Dicho puerto, que representa un punto de significativo interés tanto para el turismo como para la actividad pesquera, está en una fase de desarrollo continuo. Se resalta la ausencia de infraestructuras fundamentales, con especial énfasis en la inexistencia de un sistema de alcantarillado adecuado. Además, se señalan las carencias en las rutas de acceso y las vías internas, que se caracterizan por su deteriorado estado, acumulación de partículas en suspensión y falta de atención en términos de mantenimiento.

En dicha tesis el sistema de drenaje sanitario se presentaba como el factor potenciador, guiado por dos imperativos fundamentales: mejorar la calidad de vida de los habitantes y salvaguardar el entorno ambiental. Este enfoque se traducía en una óptima descarga de aguas tratadas hacia el medio receptor (el mar), conforme a las regulaciones nacionales vigentes. A lo largo de la investigación de esta iniciativa, se ejecutaron encuestas y un detallado proceso de levantamiento topográfico en la zona,

además de realizar cálculos hidráulicos que se adecuaron a los parámetros, fundamentos, regulaciones y pautas de diseño pertinentes para sistemas de gestión de aguas residuales.

Ilustración 2: Red de alcantarillado sanitario.



Fuente: MITECO (2024).

Basurto, A. (2019) destacó la importancia de realizar estudios exhaustivos antes de iniciar un proyecto de alcantarillado sanitario, especialmente en lo que respecta al área donde se implementará el diseño. Estos estudios deben abordar diversos aspectos, como la topografía, el tipo de suelo, el drenaje, así como aspectos socioeconómicos, culturales, consumo de agua, demanda de servicios y hábitos de higiene. Se menciona que el periodo de diseño, es decir, el número de años de proyección es crucial para determinar el tamaño del proyecto en función de la población existente.

En el caso de proyectos de alcantarillado sanitario en zonas rurales, se sugiere asumir periodos relativamente cortos para permitir ajustes en las estimaciones de crecimiento poblacional y consumo de agua. Se enfatiza que uno de los parámetros esenciales para calcular la red de alcantarillado es la población futura, la cual puede estimarse utilizando diferentes métodos de proyección, como el método exponencial, aritmético y geométrico, según las características de la población y el tipo de proyecto.

El texto de Pérez, D. (2021) resaltó la importancia del sistema de alcantarillado sanitario como una red de tuberías esencial para evacuar de manera rápida y segura

las aguas residuales municipales hacia plantas de tratamiento y vertederos adecuados. Se destaca que, una vez satisfecha la necesidad de abastecimiento de agua potable en cualquier desarrollo urbano, surge la necesidad prioritaria de gestionar las aguas residuales de manera efectiva.

Se menciona específicamente el caso de la ciudadela Los Vergeles, ubicada en el cantón Huaquillas, provincia de El Oro, donde se evidencia la falta de un sistema de alcantarillado sanitario. A través de encuestas y estudios de campo, se identifica la urgente necesidad de implementar este sistema para mejorar las condiciones de vida de los habitantes, garantizando una correcta evacuación de los desechos generados por la actividad diaria.

El proyecto presentado tiene como objetivo proporcionar una solución técnica que cumpla con las normas y especificaciones técnicas, contribuyendo así a mejorar las condiciones higiénicas, de salud y la preservación de los recursos naturales en la ciudadela Los Vergeles.

El siguiente estudio es de Macías, J. (2022), denominado “Diseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario para el Sector 4 del Barrio Miraflores en la Parroquia Calceta del Cantón Bolívar, Provincia de Manabí”. El enfoque de este estudio radicó principalmente en desarrollar la concepción del diseño inherente a la red de drenaje higiénico dirigida a los moradores del Área 4, situado en el distrito denominado "Miraflores", emplazado en la parroquia de Calceta, localizada en la provincia de Manabí. En este proceso, se otorgó especial énfasis a la incorporación de factores territoriales que incidan en la planificación y extensión del sistema, respondiendo de manera adecuada a las necesidades identificadas en el ámbito de estudio.

La propuesta contempló la implementación de una red de tuberías y elementos de drenaje de saneamiento de aguas residuales conformado por cinco trayectorias de transporte que convergen en un pozo ya existente en la región. Esta disposición logró satisfacer íntegramente la necesidad de servicios de alcantarillado en el área, con una erogación global de \$191,763.43 dólares estadounidenses, considerando el impuesto al valor agregado (IVA). La materialización de esta iniciativa se concretó dentro de un plazo máximo estimado de 60 días.

Puchaicela, A. & Rivadeneira, F. (2022) resaltaron la importancia del desarrollo de infraestructura de servicios básicos, como el alcantarillado sanitario, según el plan de desarrollo y planificación de los gobiernos autónomos descentralizados (GADS) en Ecuador. Se destaca que la satisfacción de esta necesidad es una prioridad en

todo el territorio ecuatoriano, ya que aún existe un alto porcentaje de población sin acceso a este servicio básico.

Se menciona que cumplir con estos objetivos de desarrollo es fundamental tanto para el bienestar de los individuos como para la economía del sector, ya que la implementación de proyectos de infraestructura básica, como el alcantarillado sanitario, contribuye a mejorar las condiciones de vida de la población y aumenta la empleabilidad de los habitantes de los barrios Rogelio Sánchez y Jimmy Anchico.

El estudio propuesto tiene como objetivo el diseño de la red de alcantarillado para estos barrios, considerando una población estimada de 1380 habitantes, con el fin de garantizar el buen vivir de la comunidad y proporcionar un servicio básico esencial para su desarrollo y bienestar.

Los autores recalcaron los beneficios que trae consigo la disponibilidad de alcantarillado sanitario para la población. Entre estos beneficios se encuentra la prevención de problemas de insalubridad que afectan el bienestar de los residentes del sector. Además, tener acceso a servicios básicos como el alcantarillado facilita la obtención de créditos comerciales y aumenta el valor de los terrenos, lo que contribuye a la economía de los barrios "Rogelio Sánchez y Jimmy Anchico". Asimismo, la presencia de alcantarillado ayuda a prevenir la contaminación del suelo y de las aguas subterráneas, así como a mantener una buena calidad del aire, lo que influye positivamente en la calidad de vida de los habitantes.

Además, presentaron los resultados del diseño del sistema de alcantarillado sanitario para los barrios Rogelio Sánchez y Jimmy Anchico. Se estableció una longitud de 1142 metros para los colectores primarios y 3196 metros para los secundarios, conectados a 56 pozos de revisión, cumpliendo con las normativas de diseño. Se realizó una topografía del terreno, identificando pendientes favorables y desfavorables para el diseño. Dada la extensión del sistema de alcantarillado, que abarca 3,08 kilómetros, se requieren pendientes mayores y excavaciones profundas, así como la instalación de dos estaciones de bombeo en puntos críticos para permitir el funcionamiento del sistema por gravedad.

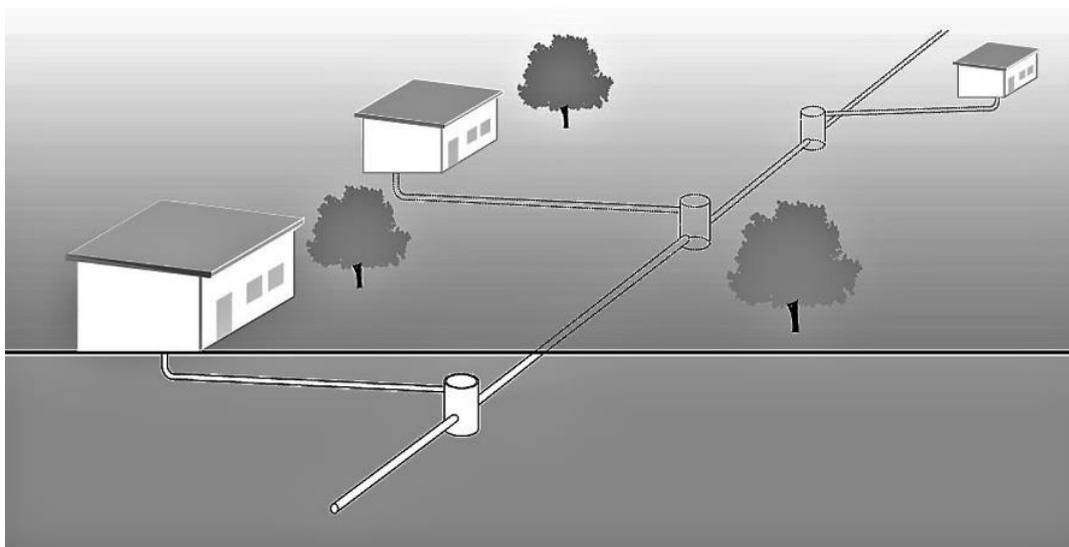
Se empleó el software Excel para el análisis hidráulico, garantizando caudales de diseño adecuados, velocidades aceptables, tracción y capacidad de los colectores dentro de los límites establecidos por las normas. Se elaboró un informe técnico detallado que especifica la cantidad, longitud, diámetro, pendiente y profundidad de los colectores para su posible implementación en el área designada.

Adicionalmente, los autores sugirieron la implementación del diseño propuesto para el sistema de alcantarillado como beneficio para la comunidad. Además, recomienda la realización de estudios posteriores para diseñar dos estaciones de bombeo en los puntos críticos, evitando excavaciones profundas que no cumplan con las normativas. Para los barrios cercanos que no disponen de alcantarillado y desean conectarse a la red diseñada, se insta a considerar la densidad poblacional y las áreas de contribución para determinar el diámetro adecuado de los colectores del sistema.

Se continuó con el trabajo de Alfaro, J. & Rodríguez, O. (2021), llamado “Propuesta de diseño de un sistema de agua potable y alcantarillado sanitario para el caserío El Progreso, aplicando fórmulas matemáticas y el uso del software WaterGEMS y SewerGEMS”. Como problema principal se encontró que el caserío experimentó dificultades significativas en la infraestructura destinada a la distribución de agua potable, lo que resultó en la insuficiencia de este recurso en la mayoría de las viviendas. Adicionalmente, un segmento de la población se vio afectado por el deterioro de algunas letrinas, lo que contribuyó a problemas de salud pública.

Las líneas de conducción, aducción y red de distribución fueron diseñadas utilizando el software WaterGEMS, el cual demostró ser eficaz en la obtención de resultados realmente satisfactorios para el diseño. Con relación al sistema de red de drenaje sanitario, se empleó el software SewerGEMS para modelar hidráulicamente tanto las principales redes como aquellas secundarias del drenaje sanitario, logrando resultados igualmente satisfactorios para su diseño.

Ilustración 3: Simplificación de un diseño básico de alcantarillado sanitario.



Fuente: SSWM (2024).

Como último antecedente está el trabajo de Pico, D. (2021), denominado “Propuesta de diseño de sistema de alcantarillado sanitario, alcantarillado pluvial y repotenciación de la estación de bombeo existente en las Cooperativas Andrés Quiñónez y Vencer o Morir de la Isla Trinitaria en la ciudad de Guayaquil”. Este trabajo documenta el proceso de elaboración de un diseño integral que abarca una red de drenaje sanitario, una red de drenaje pluvial y el análisis de una estación para bombeo preexistente.

El proceso de indagación inicia mediante la recolección primordial de información destinada a la fase de planificación, sustentada por análisis geotécnicos y topográficos. Además, se amplía con la incorporación de sondeos y visitas técnicas llevadas a cabo en el área en cuestión. Basándose en estos datos, se procede a la concepción del trazado de una infraestructura de alcantarillado sanitario que abarca una superficie de alrededor de 13 hectáreas, culminando en su desembocadura en una estación de bombeo en las proximidades.

Palma, M. et al. (2021) dijeron que la situación global del acceso al saneamiento, señalando que a nivel mundial, aproximadamente 2400 millones de personas carecen de acceso a servicios de saneamiento mejorados, y cerca de 1000 millones practican la defecación al aire libre. A pesar de algunos avances desde 1990, unos 2100 millones de personas han logrado tener acceso a retretes o letrinas, lo que aún deja una gran brecha por cerrar. Se menciona que el mundo no cumplió con la meta de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) en materia de saneamiento, afectando a unos 700 millones de personas.

El texto de los autores también aborda la situación específica en Ecuador, mencionando que en ciudades como Quito, Guayaquil y Cuenca se producen grandes cantidades de residuos contaminantes que son vertidos en ríos y esteros sin tratamiento. Se destaca la falta de sistemas separados de alcantarillado pluvial y sanitario, lo que dificulta y encarece la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales. Aunque el alcantarillado sanitario ha cumplido históricamente con la función de evacuar agua de las ciudades, su infraestructura subterránea y su funcionamiento intermitente hacen que sea una de las infraestructuras más olvidadas a nivel político.

El texto propone realizar una investigación para identificar los problemas percibidos por la ciudadanía de Jipijapa debido al estado actual del alcantarillado sanitario. Se menciona que se utilizarán diversas fuentes de información, como

internet, libros, revistas y periódicos, así como encuestas a la sociedad, para recopilar información necesaria para el desarrollo del trabajo. El objetivo es identificar los problemas y proponer posibles soluciones para mejorar el sistema de alcantarillado sanitario en la ciudad.

Además, se menciona que la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Jipijapa está en proceso de contratación de estudios para un nuevo sistema de alcantarillado, dado que el sistema actual está desbordado y presenta graves problemas de taponamiento en muchos sectores del área urbana. El texto también resalta la migración interna de la zona rural a la urbana, lo que refleja un cambio en el estilo de vida y el crecimiento de la ciudad.

### **2.1.2 Alcantarillado sanitario**

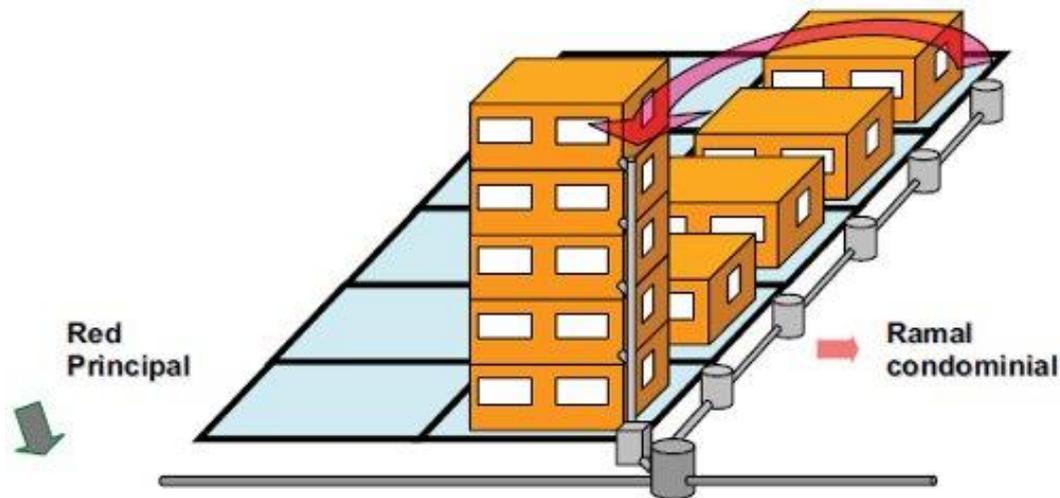
Según Moayad, D. et al. (2021) El alcantarillado sanitario se refiere al sistema de tuberías e infraestructura diseñado para la recolección, el transporte y el tratamiento que se da a las aguas residuales de los hogares y las comunidades. Implica el uso de varios componentes, como tuberías de drenaje, pantallas filtrantes, piscinas de reciclaje y tuberías de conducción de aguas residuales, para gestionar y tratar las aguas residuales de manera eficaz.

El propósito del alcantarillado sanitario es garantizar la eliminación y el tratamiento adecuados para las aguas residuales, prevenir la contaminación de las fuentes de agua y promover la salud pública. El desarrollo de los sistemas de alcantarillado sanitario tiene una larga historia, y los primeros sistemas se remontan al siglo XIX en Europa. Estos sistemas han evolucionado con el tiempo para incorporar métodos de tratamiento avanzados y enfoques descentralizados para los hogares rurales. El alcantarillado sanitario desempeña un papel crucial en el mantenimiento de los estándares de saneamiento e higiene tanto en sectores urbanos como rurales.

El alcantarillado sanitario se refiere al sistema que realiza recolección y transporte de las aguas residuales desde hogares, negocios y sitios industriales hasta las instalaciones de tratamiento. Está diseñado para evitar que las aguas residuales no tratadas se liberen al medio ambiente, lo que puede contaminar las fuentes de agua potabilizada y causar enfermedades gastrointestinales. Y el alcantarillado es crucial para la protección del ambiente y la salud pública, y su diseño debe tener en cuenta los parámetros de flujo y las tasas de infiltración permitidas. La consideración

inadecuada de estos factores puede provocar efectos realmente negativos, como el aumento de los costos de construcción y problemas de salud y ambientales.

Ilustración 4: Esquema de distribución de ramales.



Fuente: CIVILGEEKS (2024).

Uno de los aspectos que se deben tener en cuenta cuando se diseña el alcantarillado sanitario son los desbordamientos de alcantarillado sanitario se producen cuando el sistema de alcantarillado se ve abrumado por una afluencia de agua, lo que provoca la liberación de aguas residuales sin tratar al medio ambiente, todo esto según Atienza, J. & Hernández, V. (2020). Sin embargo, estos pueden tener graves implicaciones en la salud, especialmente en la salud gastrointestinal, y se han asociado a un aumento de las visitas a las salas de urgencias por enfermedades gastrointestinales según Lara, H. & García, E. (2019). Se están realizando esfuerzos para desarrollar dispositivos de medición de flujo y mejorar los sistemas de tratamiento de alcantarillado a fin de abordar estos desafíos.

### **2.1.3 Sistema de alcantarillado sanitario**

Un sistema de drenaje sanitario, según Gómez, R. et al. (2009), es una red de tuberías, pozos y plantas de tratamiento que se encarga de recolectar y tratar las aguas residuales generadas por los hogares, comercios e industrias de una zona urbana. El principal objetivo de este sistema siempre ha sido evitar la contaminación del ambiente y proteger la salud pública.

Hernández, M. (2017) estableció que el sistema de saneamiento higiénico, también llamado sistema de alcantarillado sanitario distingue entre las aguas que son residuales y las aguas que provienen de la lluvia, direccionándolas hacia una instalación de procesamiento especializada. En este lugar, se procede a la

eliminación de sustancias contaminantes y a la purificación del agua previo a su reintegración al entorno natural. Por otro lado, Márquez, M. (2020) dijo que en el diseño de este tipo de sistemas se incluye la definición de la red de tuberías, la ubicación de los pozos de inspección, la selección de la planta de tratamiento y la determinación del presupuesto necesario para su construcción y mantenimiento.

Ilustración 5: Transporte de aguas residuales desde todas las áreas urbanas.



Fuente: VIAVAC (2024).

#### **2.1.4 Importancia de los Sistemas de Alcantarillado Sanitario para la Salud Pública y el Medio Ambiente**

Los sistemas de alcantarillado sanitario son cruciales para la salud pública y el ambiente. Protegen la salud pública al minimizar la transmisión de patógenos a través del agua potable contaminada, la aerosolización de los patógenos y el contacto directo con los sedimentos de ríos y playas contaminados por las heces según los autores Sojobi, A. & Zayed, T. (2021). Los sistemas de alcantarillado también desempeñan un papel sumamente vital en la protección del ambiente al recolectar y transportar la escorrentía pluvial y las aguas residuales a las PTAR (plantas de tratamiento de aguas residuales), lo que evita las inundaciones y la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas por lo que dijo Ohlin, A. (2021).

Además, estos sistemas ayudan a gestionar la infiltración y la entrada de agua, lo que reduce el riesgo de inundaciones en los sótanos, desbordamientos combinados de las alcantarillas y costes excesivos de bombeo y tratamiento según lo estudiado por Ganesan, B. et al. (2019). Por otra parte, Van Bijnen, J. (2018) dijo que la

supervisión y mantenimiento estrictos de los sistemas de drenaje son esenciales para evitar fugas y garantizar su funcionamiento eficiente. En general, los sistemas de alcantarillado sanitario son una infraestructura esencial que protege el ambiente mediante y la salud pública a través de la gestión eficaz de las aguas residuales y pluviales.

### **2.1.5 Tipos de Sistemas de Alcantarillados**

Existen diferentes tipos de sistemas de alcantarillado, entre los cuales se pueden mencionar los sistemas convencionales y los sistemas no convencionales. A continuación, se procede a detallar cuales son las características de cada uno:

**2.1.5.1 Sistemas Convencionales.** Son más utilizados en poblaciones medianas y ciudades. Estos sistemas consisten en una red de tuberías de grandes diámetros que permiten la recolección y conducción de aguas residuales.

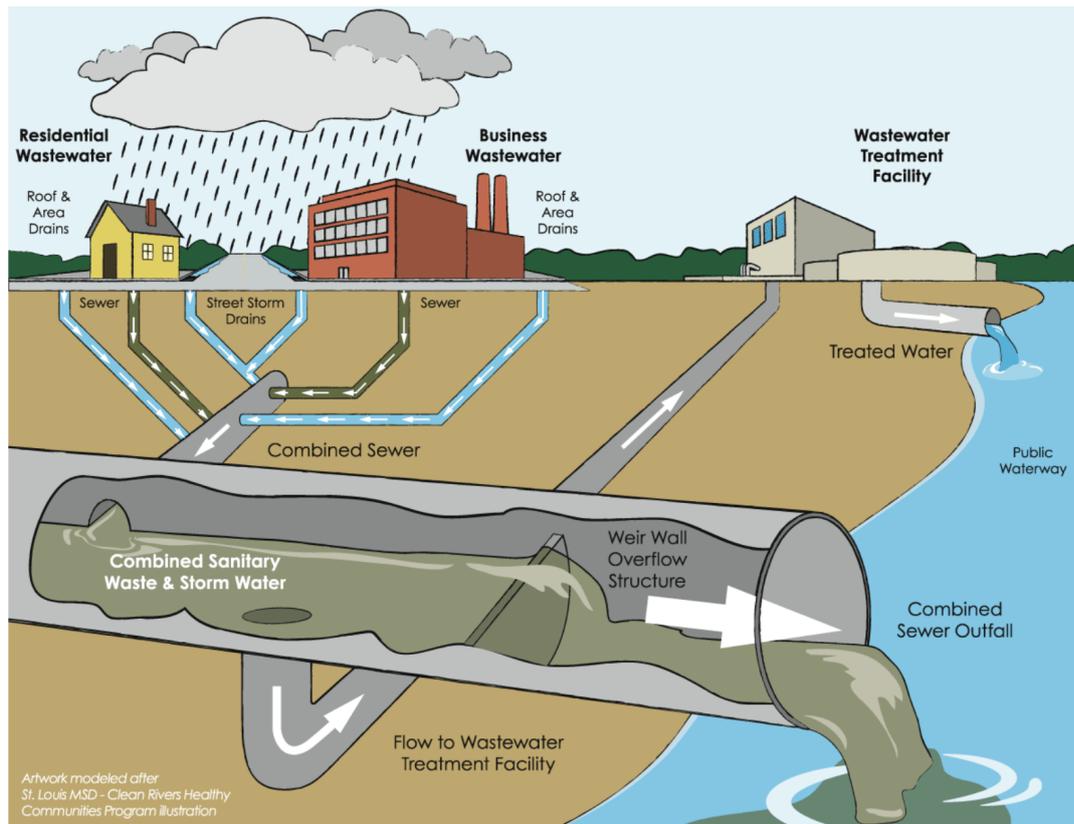
El propósito fundamental de estos sistemas radica en prevenir la degradación ambiental y salvaguardar la salud colectiva según López, D. et al. (2020). El diseño de estos sistemas incluye la definición de las tuberías distribuidas en red, la ubicación de los pozos de inspección, la selección de la planta de tratamiento y la determinación del presupuesto necesario para su construcción y mantenimiento.

**2.1.5.2 Sistemas No Convencionales.** Estos sistemas representan una solución ante la carencia de infraestructuras sanitarias en áreas rurales y marginadas.

Existen diversas variantes de estos sistemas como, por ejemplo, los Canales Autoconstruibles de Saneamiento (CAS), los cuales son canales excavados en la roca y los mismos beneficiarios construyeron utilizando los recursos locales por lo estudiado por Moreno, J. (2020). Los CAS permiten sanear, pero no depurar, las aguas residuales procedentes de la actividad humana. Su objetivo es proteger la salud de las personas evitando el contacto directo con las aguas negras.

En síntesis, los sistemas de drenaje sanitario son una red de tuberías, pozos y plantas de tratamiento cuyo rol es el de recolectar y tratar las aguas residuales que han sido generadas por los hogares, comercios e industrias de una zona urbana. Estos sistemas pueden ser convencionales o no convencionales, dependiendo de las características y necesidades de la zona en la que se implementen.

Ilustración 6: Esquema de alcantarillado combinado.



Fuente: CITYOFLANCASTERPA (2024).

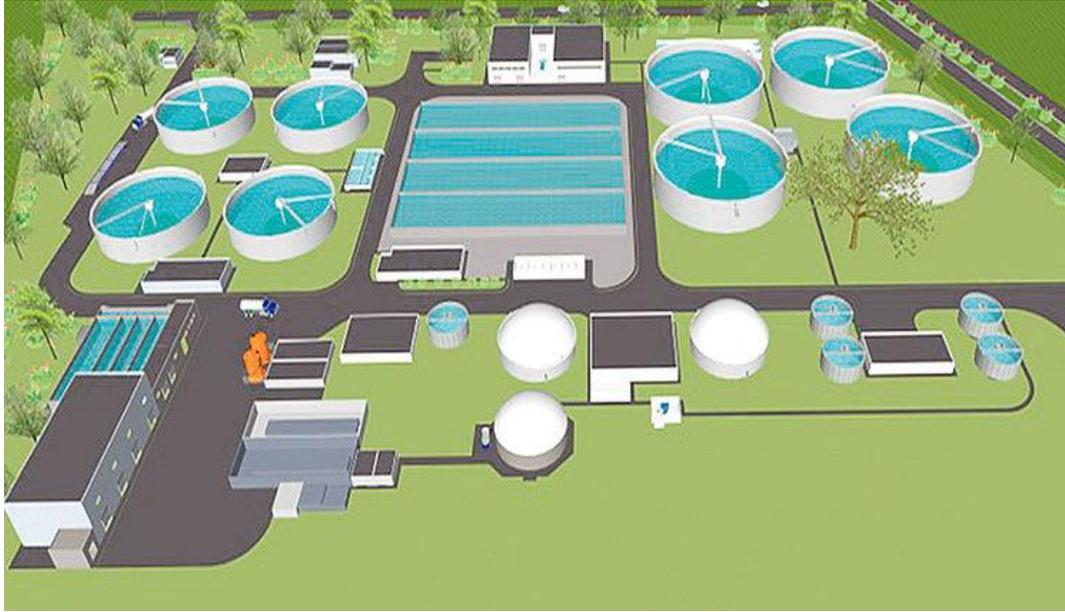
**2.1.5.3 Componentes del Sistema de Alcantarillado.** Un sistema de drenaje sanitario normalmente está compuesto por varios componentes que trabajan juntos con el objetivo de recolectar y tratar las aguas residuales generadas por los hogares, comercios e industrias de una zona urbana. A continuación, se detallan los componentes principales:

**2.1.5.3.1 Red de Tuberías.** Constituye el elemento central del sistema de saneamiento higiénico y se compone de tuberías de variados calibres que posibilitan la captación y transporte de las aguas residuales. Por lo que estudió Pozo, L. (2023), estas tuberías se conectan a pozos de inspección y finalmente a la planta de tratamiento. El diseño que tenga la red de tuberías incluye la definición de la longitud, diámetro y material del que estén hechas las tuberías, así como la localización de los pozos de inspección.

**2.1.5.3.2 Pozos de Inspección.** Estructuras verticales que se encuentran a lo largo de la red de tuberías, y permiten el acceso a la misma para su mantenimiento y limpieza. Los pozos de inspección también sirven para controlar el flujo de las aguas servidas. En este sentido, el propio diseño de los pozos de inspección incluye la definición de su ubicación, profundidad y diámetro.

**2.1.5.3.3 Planta de Tratamiento.** Es el lugar donde se lleva a cabo el proceso que brinda el tratamiento a las aguas servidas. En la planta de tratamiento, según Valdivia, R. et al. (2019), se eliminan los contaminantes y se purifica el agua antes de ser devuelta al medio ambiente. El diseño de este tipo de plantas incluye la definición de su capacidad, tecnología utilizada y ubicación.

Ilustración 7: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.



Fuente: CIDHMA (2024).

**2.1.5.3.4 Presupuesto.** Juega un papel de relevancia en la configuración de un sistema de saneamiento higiénico, dado que su construcción y mantenimiento demandan una inversión sustancial. El presupuesto incluye los costos de los materiales, la mano de obra, la maquinaria y, por supuesto, equipos necesarios para realizar la edificación y mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario.

Es importante destacar que el diseño de una estructura de alcantarillado debe ser realizado por profesionales capacitados y considerando las normativas y regulaciones locales. Además, es necesario realizar un mantenimiento periódico del sistema para garantizar su correcto funcionamiento y prolongar su vida útil.

**2.1.5.4 Sitio de Vertido de Aguas Residuales.** Es relevante considerar que al verter las aguas servidas debe ser realizado en sitios adecuados y autorizados para evitar que el ambiente se contamine y proteger la salud pública según Cuello, G. et al. (2019).

Pero para Fernández, C. et al. (2016) en algunos casos, se envían emisarios submarinos para verter las aguas residuales en el mar, pero es necesario realizar estudios previos para evaluar su impacto en la comunidad bentónica intermareal y

sobre la calidad del agua. Para ciertos proyectos se construyen PTAR para erradicar los contaminantes y purificar el agua antes de su vertido al medio ambiente.

Además, según Ministerio del Ambiente (MAE, 2014), se encuentran disposiciones normativas y directrices que supervisan la descarga de aguas servidas en la infraestructura del alcantarillado público, con la finalidad de salvaguardar tanto la integridad de la red como sus complementos, garantizar la seguridad de los individuos involucrados en las labores de cuidado y operación, preservar las etapas de tratamiento de las aguas servidas y así cumplir con los estándares de calidad establecidos para el efluente y el cuerpo receptor del agua. A partir de lo expuesto, el vertido de aguas servidas debe ser realizado en sitios adecuados y autorizados, y debe cumplir con las regulaciones y normativas locales para evitar la contaminación del ambiente y proteger de esa forma la salud pública.

**2.1.5.5 Coeficiente de Retorno.** El coeficiente de retorno en un sistema de drenaje sanitario se refiere a la relación existente entre el caudal de entrada al sistema y el caudal de retorno. Para Lemus, I. (2016) este coeficiente se utiliza para evaluar la eficiencia del sistema de alcantarillado sanitario y determinar si se están presentando problemas de sobrecarga o mal funcionamiento. se puede inferir que un coeficiente de retorno alto indica que el sistema está presentando problemas de sobrecarga o mal funcionamiento, lo que puede causar problemas en la operación y mantenimiento del sistema, así como en la calidad del agua y la salud pública.

Tabla 2: Distintos valores de coeficiente de retorno según el uso para aguas residuales.

<i>Uso del agua</i>	<i>Coeficiente de retorno (<math>C_R</math>)</i>
Regadío por gravedad	0,20
Regadío por aspersión	0,5 a 0,8
Doméstico	0,80
Industrial	0,70-0,95
Refrigeración en circuito abierto	0,95
Refrigeración en circuito cerrado	0,30
Hidroeléctrico	1,00
Acuicultura	0,8-1,0
Navegación, usosa recreativos	1,00

Fuente: CIDTA (2024).

**2.1.5.6 Red de Alcantarillado: Colectores, Interceptores y Emisarios.** Una red de alcantarillado se basa en varios factores, como la topografía del terreno, la topología de la red de calles, el flujo de entrada a cada alcantarilla y la estructura de la propia red según Saldarriaga, J. et al. (2021).

La selección del diseño de una red de alcantarillado tiene en cuenta estos factores para determinar el diseño óptimo según las observaciones de Guzmán, J. et al. (2020). La estructura de la red ya sea reticular o ramificada, puede afectar a los volúmenes de inundación y a los daños. Además, el estado estructural de los activos de alcantarillado se puede predecir en función de variables como la edad y el diámetro.

Por otra parte, la confiabilidad de una red de alcantarillado se puede evaluar utilizando medidas como el riesgo operativo, que considera el volumen relativo de aguas residuales que no se entregan a las instalaciones de tratamiento debido a fallas Alexeev, M. et al. (2020). Las estrategias de control ya sean locales o centrales, también pueden afectar al rendimiento de una red de alcantarillado.

**2.1.5.7 Parámetros de Diseño del Sistema de Alcantarillado.** Los factores de configuración del sistema de alcantarillado comprenden aspectos tales como el flujo y la ruta de conducción a través de las tuberías, el tamaño y las alturas invertidas de dichas tuberías, así como las dimensiones generales del sistema. El proceso de diseño también considera los calibres de las conducciones, las inclinaciones y la disposición de las estaciones de bombeo. La meta consiste en establecer un sistema completo que englobe la captación, el tratamiento y la disposición de las aguas residuales Shiyekar, S. (2017).

El diseño tiene en cuenta el análisis de varios parámetros, como el valor del pH, los sólidos totales, los sólidos suspendidos totales, la dureza, la acidez, la alcalinidad, el cloruro, el cloro, la DBO, el OD y los metales pesados. En cambio, el objetivo del diseño es producir un flujo de residuos fluidos inocuos para el medio ambiente y residuos sólidos adecuados para su eliminación o reutilización. El diseño del sistema de alcantarillado también considera las descargas mínimas y máximas, que influyen en la pendiente del canal, el comportamiento deposicional y las dimensiones del alcantarillado.

Para ampliar este tema, se ha estructurado una serie de parámetros:

**2.1.5.7.1 Características de la Zona.** Resulta crucial comprender las particularidades del entorno donde se pretende instaurar el sistema de saneamiento, tales como la configuración del terreno, las condiciones climáticas, las características geológicas y los patrones hidrológicos.

Esto permitirá establecer con precisión la disposición y estructura de la red de tuberías junto con la ubicación idónea para la planta de tratamiento.

**2.1.5.7.2 Caudal de Diseño.** Es necesario determinar el caudal de diseño del sistema de alcantarillado, que se refiere al caudal máximo que se espera que el sistema tenga que manejar. Este caudal se utiliza para determinar el diámetro de las tuberías y la capacidad presente en la planta de tratamiento.

Ilustración 8: Medición de caudal de aguas residuales.



Fuente: KROHNE (2024).

**2.1.5.7.3 Tipo de Sistema.** Se deben considerar los diferentes tipos de sistemas de alcantarillado, como los convencionales y los no convencionales, y seleccionar el más adecuado para la zona en la que se va a implementar el sistema.

**2.1.5.7.4 Diseño de la Red de Tuberías.** Se debe realizar un diseño adecuado de la red de tuberías, considerando la longitud, diámetro y material de las tuberías, así como la ubicación de los pozos de inspección y la capacidad de manejo del caudal.

**2.1.5.7.5 Diseño de la Planta de Tratamiento.** Se debe realizar un diseño adecuado de la planta de tratamiento, considerando la capacidad de tratamiento, la tecnología utilizada y la ubicación según el estudio de Alban, J. & Espinoza, D. (2016).

**2.1.5.8 Herramientas de Diseño y Software: Herramientas de Diseño Asistido por Computadora (CAD) y Modelado Hidráulico.** El software CAD es una herramienta útil en el diseño de redes de drenaje, porque permite crear modelos digitales en 2D o 3D de la red de tuberías y otros componentes del sistema.

Dentro de las posibilidades que ofrecen estas plataformas de software se encuentran:

**2.1.5.8.1 Creación de Modelos Digitales.** El CAD permite crear modelos digitales de la red de tuberías, pozos de inspección y otros componentes del sistema

de alcantarillado. Estos modelos pueden ser visualizados en 2D o 3D, lo que facilita la identificación de problemas de diseño y la optimización del sistema.

**2.1.5.8.2 Cálculo de Dimensionamiento.** El CAD permite realizar cálculos de dimensionamiento no solo de las tuberías y sino también de otros componentes del sistema de alcantarillado, teniendo en cuenta factores como el caudal, la presión y la velocidad del flujo. Según Zuñiga, C. & Burgos, R. (2020) estos cálculos son importantes para garantizar que el sistema tenga la capacidad adecuada para manejar el caudal de agua y evitar problemas de sobrecarga o insuficiencia.

**2.1.5.8.3 Generación de Planos y Documentación Técnica.** El CAD permite generar planos y documentación técnica detallada del sistema de alcantarillado, lo que facilita la comunicación de los resultados a los diferentes actores involucrados en el proyecto y la implementación del propio sistema.

Para diseñar sistemas de alcantarillado existen también herramientas de diseño asistido por computadora (CAD) y modelado hidráulico para facilitar y optimizar el proceso. Algunas de estas herramientas son:

**2.1.5.9 Software CAD.** Estos programas permiten crear modelos digitales en 2D o 3D de la red y otros componentes del sistema de alcantarillado. Algunos ejemplos de software CAD utilizados en el diseño de alcantarillado son AutoCAD, Civil 3D y MicroStation. Estas herramientas permiten diseñar y visualizar la red de tuberías, realizar cálculos de dimensionamiento y generar planos y documentación técnica.

**2.1.5.10 Software de modelado hidráulico.** Estos programas permiten simular el comportamiento hidráulico de la red, teniendo en cuenta factores como el caudal, la presión y la velocidad del flujo. Estas herramientas ayudan a evaluar el rendimiento del sistema, identificar posibles problemas de sobrecarga o insuficiencia, y optimizar el diseño. Algunos ejemplos de software de modelado hidráulico son EPANET, SWMM (Storm Water Management Model) y InfoWorks.

**2.1.5.11 Sistemas de Información Geográfica (SIG).** Estas herramientas integran datos geospaciales con información sobre el sistema de alcantarillado, permitiendo visualizar y analizar la red de tuberías en un entorno geográfico. Los SIG facilitan la gestión de datos, la identificación de problemas que puedan surgir en el transcurso del desarrollo de la fase y la toma de decisiones en el diseño y mantenimiento del sistema. Algunos ejemplos de software SIG utilizados en el diseño de alcantarillado son ArcGIS, QGIS y MapInfo, todo esto según Alonso, F. (2018).

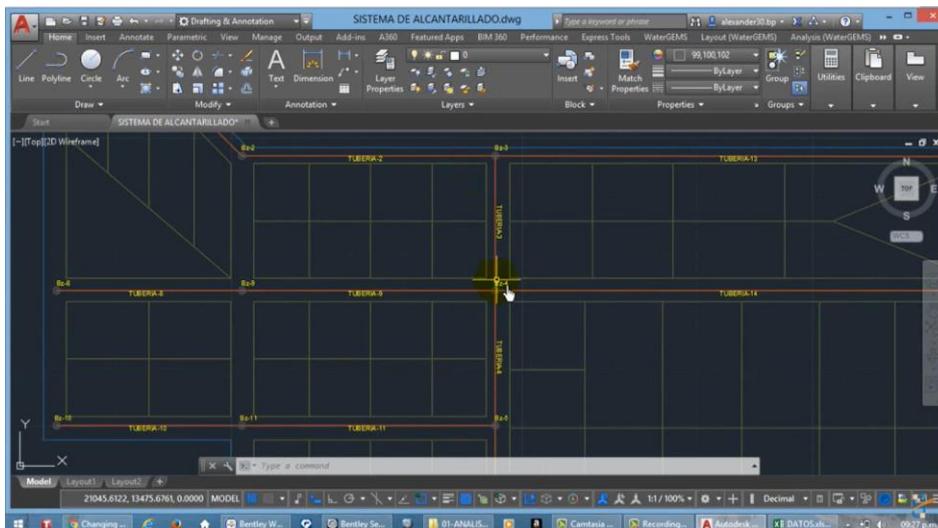
Estas herramientas de CAD y modelado hidráulico permiten realizar análisis más precisos, optimizar el diseño de los sistemas mencionados, simular diferentes escenarios e incluso evaluar el rendimiento hidráulico. Además, facilitan la generación de documentación técnica y la comunicación de los resultados a los diferentes actores involucrados en el proyecto.

**2.1.5.12 SewerCAD.** El objetivo de este trabajo de programa es modelar, analizar y determinar la capacidad hidráulica de la red principal de redes de alcantarillado de un estado. El software SewerCAD se utiliza para realizar este análisis. Determinar la capacidad hidráulica actual le permite compararla con la demanda futura y determinar la vida útil de los componentes del sistema. El objetivo es identificar problemas y proponer estrategias para evitar daños a la salud de los residentes.

Se pudo evidenciar a importancia de los programas de software, en este caso el software de Bentley Systems Incorporated para realizar análisis de redes de alcantarillado. El programa se basa en un algoritmo de flujo avanzado que puede realizar análisis de líneas eléctricas considerando las condiciones de flujo. Además, es compatible con AutoCAD y facilita la creación de diseños de redes de tuberías, estaciones de bombeo y representaciones de paisajes.

Cabe destacar que una mala gestión y mantenimiento de estos sistemas puede provocar problemas ambientales y de salud con consecuencias económicas y humanas. Por ello la necesidad de apoyarse en la modelación, análisis y diseño de redes de alcantarillado aprovechando la tecnología disponible.

Ilustración 9: Software SewerCAD para diseño y/o análisis de sistemas de alcantarillado.



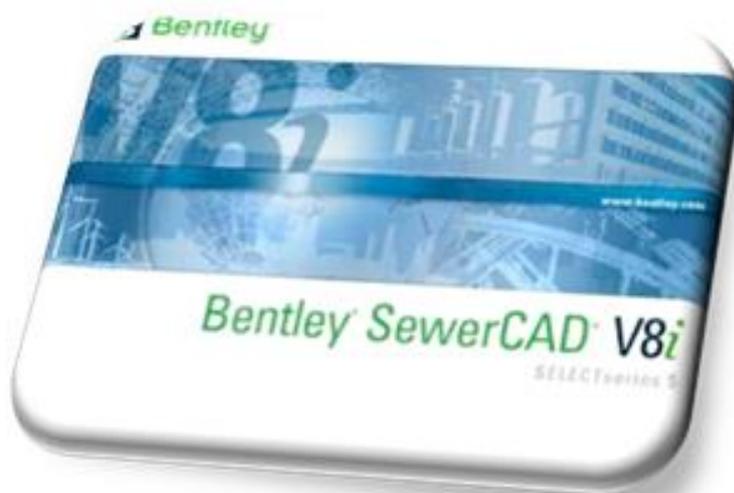
Fuente: INGSOFT Tutoriales (2024).

El programa SewerCAD utiliza dos opciones de cálculo: el principio de flujo progresivo y el algoritmo de ruido del filtro. Realizar cálculos basados en modelos hidráulicos básicos, incluyendo pequeñas velocidades en tuberías. Para garantizar el correcto funcionamiento del sistema de alcantarillado, se indican los valores recomendados de las distintas impresoras.

Para la velocidad mínima de la tubería, se ha determinado que fuera mayor a 0,45 m/s para controlar la sedimentación de los sólidos transportados y asegurar propiedades de autolimpieza. Varias fuentes han reportado valores más bajos y se ha mencionado la importancia de verificar estas tasas en el análisis del sistema actual. El documento también incluye las velocidades máximas permitidas por la Agencia Nacional de Recursos Hídricos (SENAGUA) según el tipo de material utilizado para producir las tuberías. Materiales como el fibrocemento y el plástico PVC son capaces de soportar las velocidades mencionadas.

En resumen, este programa se centra en el análisis y optimización de sistemas de alcantarillado mediante el software SewerCAD y resalta la importancia de la prevención y el mantenimiento adecuado para evitar problemas ambientales y de salud. Además, se proporciona información sobre los criterios de velocidad mínima y máxima de las tuberías para garantizar la operación eficiente del sistema.

Ilustración 10: Programa SewerCAD.



Fuente: REVISTASUTB (2024).

**2.1.5.13 Razones para Diseñar un Sistema de Alcantarillado Sanitario Usando Plataformas de Software.** En este punto se argumentan las razones por las cuales es apropiado desarrollar proyectos de diseño usando software:

**2.1.5.13.1 Precisión en el Diseño.** La utilización de herramientas de tipo informáticas y especializadas en el diseño de sistemas de alcantarillado sanitario conlleva la capacidad de concebir modelos altamente precisos y exhaustivos. Esta facultad mitigará la probabilidad de errores y optimizará la disposición geométrica de los componentes, propiciando así una estructuración funcional y eficiente.

**2.1.5.13.2 Simulación y Análisis.** Los programas de diseño de alcantarillado facultan la simulación y el análisis hidráulico de diversos contextos. La posibilidad de simular flujos, niveles acuosos y condiciones climáticas dispares posibilita una apreciación integral del comportamiento del sistema en diferentes situaciones, contribuyendo a la adopción de decisiones informadas.

**2.1.5.13.3 Optimización del Uso de Recursos.** La consecución de un diseño óptimo tiene el potencial de minimizar los desembolsos de construcción y mantenimiento en el largo plazo. La identificación temprana y resolución de problemáticas latentes en la etapa de diseño puede suprimir erogaciones innecesarias y subsanaciones futuras.

**2.1.5.13.4 Conformidad Normativa.** Muchos programas de diseño incorporan cánones y regulaciones locales e internacionales. Esto garantiza la adecuación del diseño a imperativos legales y de seguridad, mitigando riesgos y contingencias.

**2.1.5.13.5 Maximización del Rendimiento.** A través de herramientas de diseño, es posible explorar diversas configuraciones y variables para optimizar el desempeño del sistema.

Ajustes precisos de parámetros pueden conducir a un flujo eficiente, una minimización del riesgo de inundaciones y un funcionamiento optimizado.

**2.1.5.13.6 Generación de Documentación Completa.** Los programas de diseño confeccionan documentación minuciosa que abarca planos, esquemas y listas de insumos. Este aspecto simplifica la comunicación con contratistas, entes reguladores y otros actores involucrados en el proyecto.

**2.1.5.13.7 Planificación y Gestión Efectiva.** La adopción de herramientas de diseño propicia una planificación y gestión más efectiva del proyecto, facilitando una asignación precisa de recursos y tiempos, lo que puede redundar en la culminación satisfactoria y puntual del emprendimiento.

**2.1.5.13.8 Sostenibilidad Integrada.** La planificación detenida posibilita la incorporación de prácticas sustentables, incluyendo una gestión eficiente del recurso hídrico y la minimización de impactos ambientales.

**2.1.5.13.9 Iteración y Perfeccionamiento.** Los distintos softwares de diseño permiten ajustes y modificaciones con relativa facilidad, brindando la capacidad de refinar y perfeccionar el diseño conforme el proyecto progresa.

**2.1.5.13.10 Fomento de Competencias Profesionales.** La utilización de herramientas avanzadas de diseño presenta una oportunidad de aprendizaje.

Esto se logra al permitir familiarizarse con tecnologías contemporáneas y adquirir competencias altamente valoradas en el campo de la ingeniería.

## **2.2 Marco Legal**

### **2.2.1 Constitución de la República del Ecuador**

Establece los principios fundamentales y derechos que deben ser considerados en el diseño de infraestructura, incluyendo la protección del medio ambiente y la salud pública. A continuación, se mencionan algunos artículos relevantes de la Constitución de la República del Ecuador

Artículo 14 - Derecho al agua. “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado” (Asamblea Constituyente, 2008).

Este artículo reconoce el derecho de las personas al acceso al agua potable y saneamiento. Es relevante para tu propuesta, ya que establece la importancia de garantizar un suministro de agua seguro y adecuado, lo cual está estrechamente relacionado con el diseño del sistema de alcantarillado.

Artículo 264 – Servicios públicos. Se establece que los gobiernos municipales deben prestar servicios de agua potable y alcantarillado.

Artículo 314 - El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable. “El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias, y los demás que determine la ley” (Asamblea Constituyente, 2008).

Artículo 395 - Gestión ambiental y planificación territorial. Este artículo establece la necesidad de una gestión ambiental adecuada y la planificación territorial para el desarrollo sostenible. Es relevante para asegurar que el diseño del sistema de alcantarillado cumpla con los principios de sostenibilidad y protección ambiental.

Artículo 398 - Desarrollo Sostenible. Este artículo enfatiza la importancia del desarrollo sostenible en todas las actividades humanas, y que se debe someter a consulta toda medida que pueda afectar el medio ambiente, incluyendo la planificación y diseño de infraestructuras como el alcantarillado.

Artículo 401 - Agua y Saneamiento. Este artículo establece que el agua y el saneamiento son derechos fundamentales, y el Estado tiene la responsabilidad de garantizar su acceso universal y equitativo.

Proporciona un fundamento legal sólido para tu propuesta de diseño de alcantarillado.

### **2.2.2 Ley Orgánica del Régimen Municipal**

Define las competencias y responsabilidades de los gobiernos municipales en la planificación, construcción y mantenimiento de infraestructuras locales.

Competencias Municipales (Artículo 8). En este artículo establece las competencias y atribuciones de los gobiernos municipales en áreas como el desarrollo urbano, la planificación territorial y el saneamiento básico, usando un enfoque ecosistémico e integral.

Principios básicos de la gestión de recursos hídricos (Art. 35). En el apartado D se especifica que la provisión de los servicios relacionados con el suministro de agua potable, el riego y el drenaje debe adherirse a una serie de principios, incluyendo el principio d) de que estos servicios deben ajustarse a los valores de obligatoriedad, extensión, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad.

Competencias Municipales (Artículo 36). El artículo establece que las inhabilidades e incompatibilidades mencionadas se aplican a los concejales principales durante el momento de la elección y a los suplentes cuando sean convocados para ejercer esa función. Además, estas restricciones abarcan las inhabilidades o incompatibilidades que surjan mientras el concejal esté en ejercicio de su función.

Servicios Públicos Municipales (Artículo 141). Señala que los gobiernos municipales son responsables de prestar y regular servicios públicos locales, incluyendo el alcantarillado sanitario.

Y que esta también puede ser ofrecida por institutos autónomos municipales, empresas, fundaciones, asociaciones civiles y otros tipos de organismos regulados.

#### **2.2.4 Normas Técnicas Ecuatorianas (NTE) para Ingeniería Civil**

Estas normativas abarcan directrices técnicas y patrones de diseño dirigidos a las infraestructuras civiles, incluyendo aquellas relacionadas con el sistema de alcantarillado. Entre estas regulaciones, se encuentra la CPE INEN 5, que se enfoca en las pautas para el análisis y concepción de sistemas de suministro de agua potable y eliminación de aguas residuales para comunidades superiores a 1000 residentes. El propósito principal de esta normativa es brindar al profesional en Ingeniería Civil involucrado en la Ingeniería Sanitaria un conjunto de criterios esenciales para el planteamiento de proyectos concernientes al abastecimiento de agua potable y la infraestructura de alcantarillado, además del tratamiento de aguas residuales en el contexto ecuatoriano.

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Enfoque de la Investigación.

El enfoque fue determinado de acuerdo con las bases del planteamiento de los objetivos específicos, las cuales obedecieron a las técnicas que se utilizarían para investigación. En este sentido, el primer objetivo específico planteó utilizar la técnica de la observación la cual es propia de los enfoques cualitativos y cuya intención en conjunto con la técnica encuesta, propia de enfoques cuantitativos, fue la de levantar información previa al establecimiento de criterios de diseño. Por lo tanto, el enfoque de la investigación fue de tipo **mixto**.

Profundizando en la investigación cualitativa, se puede decir que esta se basa en el supuesto de una realidad subjetiva y dinámica que está influenciada por diversos contextos. Este enfoque se centra en el pensamiento profundo y reflexivo sobre el tema y los métodos dentro de la realidad estudiada. En lugar de basarnos en datos numéricos, nos centraremos en la cantidad y profundidad de la información recopilada, buscando comprender la complejidad de las experiencias y opiniones de los participantes.

Por otro lado, el segundo objetivo tuvo una planificación de enfoque cuantitativo puesto que, se realizó una modelación con ayuda del software Google Earth cuyas bases operacionales pretendían la obtención de valores numéricos. Estos valores fueron inherentes a las características técnicas como, por ejemplo, parámetros hidráulicos y valores de pendientes.

Por su parte, los enfoques cuantitativos se basan en la recopilación y análisis de datos para responder preguntas de investigación y probar hipótesis preestablecidas. Se utilizan medidas numéricas, recuentos y estadísticas para descubrir patrones de comportamiento en las poblaciones. Este método se centra en la medición y cuantificación para que los resultados de la investigación sean válidos.

En este punto se puede incluir al tercer objetivo dada su naturaleza cuantitativa, misma que fue apoyada por el software Microsoft Excel. Este aplicativo permitió plantear los distintos escenarios en los que el diseño de la red actual podía mejorar u ofrecer un mayor beneficio.

La elección de estos dos tipos de enfoques (enfoque mixto), dando como resultado el enfoque mixto de toda la investigación, obtiene su sustento en la intención

intrínseca de cada enfoque, es decir, las investigaciones de tipo cualitativo son, por lo general, utilizadas para explorar o ampliar el conocimiento sobre un fenómeno en particular. Mientras, las investigaciones cuantitativas se generan cuando ya se conoce dicho fenómeno y se presente recolectar información específica sobre el mismo.

### 3.2 Alcance de la investigación.

El alcance de este proyecto fue determinado con base en la capacidad operativa de los investigadores. Por esa razón el límite propuesto fue el de realizar una descripción de un tema ya conocido y estudiado. Por lo que el alcance fue de tipo **descriptivo**. En este contexto se puede decir que el objetivo principal del alcance descriptivo es describir los rasgos y características de una situación o grupo de personas. Se centra en profundizar, explicar y medir conceptos o fenómenos.

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

Tabla 3: Instrumentación de las técnicas de investigación.

Técnica	Descripción	Instrumento
Observación	Es una técnica de investigación que permite recopilación de datos en un entorno de investigación que implica observar directamente una situación, situación o comportamiento sin intervención activa.	Guía de observación
Encuesta	Es una técnica de investigación científica que permite recoger datos estadísticos en un conjunto muestral mediante la interacción directa con el grupo de individuos al receptor las respuestas de estos a cuestionamientos que les hayan sido planteados.	Cuestionario
Modelación	Es un método en el conocimiento científico definido como una práctica cognitiva que implica la construcción de una representación del objeto que está siendo modelado.	Google Earth
Diseño	Es un proceso sistemático, creativo y flexible respaldado por las matemáticas, las ciencias naturales y la ingeniería. Este proceso incluye la creación, revisión sistemática y prueba de requisitos para crear artefactos, sistemas, procesos y estructuras.	Microsoft Excel
Herramienta complementaria	Artifugio que brinda respuesta a una necesidad concreta y contribuye a dinamizar el desarrollo de una actividad	AutoCAD

Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

### 3.4 Población y Muestra.

#### 3.4.1 Descripción del Objeto de Estudio

Para poder establecer los con conjuntos poblacionales y muestrales, primero se realizó un reconocimiento de las características del objeto de estudio el cual era la

Cdla. Santa Elena de Bucay. En este aspecto, se pudieron identificar las siguientes características:

- Tiene una población aproximada de 350 habitantes.
- Geográficamente se encuentra ubicada en la vía Bucay-Naranjito, a 8 minutos del centro de Bucay.
- Es una ciudadela que está en crecimiento, la cual carece de sistema de recolección de aguas lluvias, aunque cuenta con servicios básicos como agua potable. Sin embargo, el agua que llega a los hogares, según sus moradores, tiene ciertos inconvenientes en el sistema de distribución puesto que cuando se presentan lluvias, el agua llega con una coloración café. El agua llega desde la represa “La Lolita”.
- Otro servicio básico es la electricidad, ya que el 100% de los hogares cuenta con este servicio, es decir, la cobertura es total.
- El servicio de recolección de basura funciona 4 días a la semana, durante los cuales se clasifican los desechos en orgánicos e inorgánicos.
- Las calles de sus 3 entradas principales se encuentran asfaltadas, pero las calles que las interceptan son calles lastradas.

Ilustración 11: Cdla. Santa Elena de Bucay - Vista Satelital.



Fuente: Google Earth (2024).

Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

Con base en estas características, el conjunto poblacional fue escogido como el conjunto de personas directamente vinculadas al área de influencia por lo que fue natural que se trate de los moradores de la ciudadela Santa Elena del cantón Bucay.

Por su parte, la muestra estuvo constituida por el grupo de individuos que comprenden un subconjunto lo mayormente representativo de la población posible. En este sentido, mientras el conjunto muestral se acerque más al tamaño del conjunto poblacional, más precisa se vuelve la medición. Por lo que, para alcanzar la mayor precisión, se solicitó al mayor número de moradores su participación en la aplicación de los instrumentos de investigación.

Considerando que la propuesta incluyó una serie de instrumentos a aplicar, se determinó otro conjunto poblacional sobre el cual se aplicarían las técnicas cuantitativas estipuladas en la sección *Enfoque de la Investigación* que estaba conformado por la superficie de terreno total de la ciudadela, mientras que por otra parte, la muestra estaría compuesta por las áreas tributarias que aportarían caudal a la red sanitaria.

Tabla 4: Esquematización del conjunto poblacional y subconjunto de muestra.

	Tipo	Parámetro	Estadística
<b>Población</b>	Conjunto de individuos	Saneamiento básico	---
<b>Muestra</b>		---	Cantidad de personas con acceso a saneamiento básico
<b>Población</b>	Conjunto de predios de la ciudadela Santa Elena	Superficie	---
<b>Muestra</b>		---	Area

Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

### 3.5 Tipo de Muestreo

El muestreo que se utilizó fue el de muestreo aleatorio simple, que es uno de los tipos de muestreo probabilístico que busca obtener un subconjunto de la población que tenga suficiente representatividad eligiendo de forma aleatoria a los individuos. Tal como lo explicó Muguira, A. (s.f.) el muestreo aleatorio simple otorga a cada elemento de una población y a cada posible muestra de un tamaño específico la misma probabilidad de ser seleccionado. Se utiliza comúnmente en estudios de mercado para recopilar datos de una muestra de una población más extensa.

Según el autor, aunque este tipo de muestreo no garantiza una representación perfecta de la población, aumenta la probabilidad de obtener una muestra representativa. Sin embargo, su aplicación puede ser complicada debido a la dificultad para obtener un marco de muestreo adecuado. Es esencial asegurarse de que el tamaño de la muestra sea lo suficientemente grande para obtener resultados estadísticamente significativos. En investigaciones de consumidores, se suelen

seleccionar usuarios de tiendas o consumidores de áreas específicas como unidades de muestreo.

La precisión de los resultados en este tipo de muestreo depende de tener el tamaño de muestra correcto para minimizar el error de muestreo. Por tal razón, se decidió socializar una encuesta online con el mayor número de personas participantes de la población. El tamaño de la muestra no requirió un cálculo matemático puesto que la población (casi 350 habitantes) no es tan extensa como mencionan ciertos autores en este aspecto.

### 3.6 Operacionalización de las Variables

Tabla 5:Operacionalización de las variables.

Variable	Definición	Dimensión	Indicador	Instrumento
Alcantarillado sanitario	Es un sistema interconectado de tuberías soterradas destinado a la recolección de las aguas servidas domésticas cuyo flujo funciona a gravedad salvo en grandes extensiones de terreno plano donde es necesario el flujo por bombeo	Diseño de redes de alcantarillado	Dimensiones físicas de la red	Guía de observación
Emplazamiento urbanizado	Entiéndase por aquel conjunto de predios, sean estos urbanos o rurales, que dentro de una circunscripción territorial específica cuentan con servicios básicos como agua potable, alcantarillado y electricidad	Calidad de vida	Satisfacción de los habitantes con respecto al sistema de alcantarillado	Cuestionario

Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

### 3.7 Elaboración de la Guía de Observación

La observación como instrumento de evaluación plantea el desafío y la complejidad de que la naturaleza de lo observado sea multidimensional. Por ello la importancia de contar con una guía para el observador lo cual constituye una pauta operacionalizada y específicamente definida para garantizar la confiabilidad y validez de la medición.

La observación es un procedimiento que es muy habitual en la vida diaria, pero pocas veces se utiliza de manera metódica. Sin embargo, cabe recalcar que la observación es la forma natural de adquirir conocimiento al punto de que la observación metódica se emplea, por ejemplo, en las ciencias sociales, siendo fundamental para el conocimiento científico en estas áreas.

Para la presente investigación se escogió de entre la amplia gama metodológica de realizar observaciones a la observación de tipo estructurada. Este tipo de observación, según Cortez, M. & Maira, M. (s.f.), es aquella en la que

previamente se hayan definido los criterios específicos que se vayan de observar y para ese propósito se realiza un desagregación de las dimensiones del fenómeno o conocimiento.

Aplicando esta técnica en dirección a las variables de investigación, se apuntó a conocer el estado actual de la red de alcantarillado como parte del proceso de levantamiento de información en sitio para la variable de alcantarillado sanitario a través de la inducción de los criterios de diseño por inspección visual. Mientras tanto, para la variable de emplazamiento urbanizado se planteó la identificación visual del impacto sobre el entorno que tuviere el estado de la red, es decir, cómo afecta tanto positiva como negativamente las condiciones en las que se encontraba la red.

Tabla 6: Guía de observación.

Dimensión del conocimiento	Criterio	Sí	No	N/A	Observaciones	Registro fotográfico (código de anexo)
Criterios de diseño	Disposición de ramales domiciliarios					
	Existen cajas de registro por cada ramal					
	Existencia de pozos de inspección					
	Existencia de cámaras de caída					
	Diámetro adecuado de las tuberías					
	Sistema de recolección exclusivo de A.A.S.S.					
Falencias o problemas	Correcta separación y diferenciación entre sistemas A.A.S.S. y A.A.L.L.					
	Desbordamiento por obstrucción					
	Colapso por sobrecarga					
	Empozamientos					
	Infiltraciones externas					
Contaminación	Existencia de cuerpos de agua relativamente cercanos y proplices a receptor aguas contaminadas					
	Dirección del flujo de desbordamiento de aguas contaminadas (De ser el caso)					

Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

### **3.8 Elaboración de la Encuesta**

La importancia y aplicación de la técnica de encuesta en investigaciones, especialmente en el ámbito sanitario, radica básicamente en que esta técnica permite obtener y elaborar datos de manera rápida y eficaz. En el contexto de la salud pública, el estado del arte ha indicado que se mencionan diversas áreas de investigación, entre ellas, la satisfacción de los habitantes con servicios sanitarios.

La técnica de encuesta se centra en la aplicación de su instrumento, el cuestionario. La encuesta como una técnica de investigación utiliza procedimientos estandarizados para recoger y analizar datos de una muestra representativa de una población. En dicho aspecto investigativo la encuesta constituye una etapa dentro de la planificación de la investigación, como la identificación del problema, determinación del diseño de investigación, especificación de hipótesis, definición de variables, selección de muestra, diseño del cuestionario, organización del trabajo de campo, obtención y tratamiento de datos, y análisis e interpretación de resultados.

En este sentido se ha planteado un modelo de cuestionario para la presente investigación que fue dirigido a medir, de forma estadística, el indicador de satisfacción de los habitantes con respecto al servicio de alcantarillado sanitario. Por lo tanto, la encuesta ha de proponer cuestionamientos direccionados a los habitantes de la ciudadela Santa Elena quienes conocen a mayor profundidad detalles inherentes a la red de alcantarillado.

Tabla 7: Encuesta dirigida a los habitantes de la ciudadela Santa Elena de Bucay.

Preguntas	Respuestas	
	Sí	No
¿Ha experimentado obstrucciones en las cañerías de alcantarillado sanitario, mejor conocidas como alcantarillas de desagüe, en su domicilio?		
Si su respuesta anterior fue afirmativa, ¿cada cuánto tiempo se han presentado estas obstrucciones en las cañerías?		
Es común que cada cierto periodo de tiempo las cañerías reciban un mantenimiento (se destapen) ¿Usted realiza mantenimiento periódico de las cañerías de alcantarillado sanitario de su domicilio?		
Si su respuesta anterior fue afirmativa, ¿cada cuánto tiempo se realiza mantenimiento de las cañerías de su domicilio?		
¿Ha experimentado malos olores provenientes de las alcantarillas que se encuentran en las calles de la ciudadela?		
Si su respuesta anterior fue afirmativa, ¿cada cuánto tiempo se presentan estos malos olores?		
¿Ha observado que las alcantarillas sanitarias hayan desbordado su contenido alguna vez?		
Si su respuesta anterior fue afirmativa, ¿cada cuánto tiempo se ha presentado este desbordamiento?		
¿Ha observado algún tipo de contaminación cerca o dentro de la ciudadela por desbordamiento de las alcantarillas sanitarias?		
Si su respuesta anterior fue afirmativa, ¿qué fue lo que se contaminó?		

Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

### 3.9 Desarrollo del Diseño Planteado

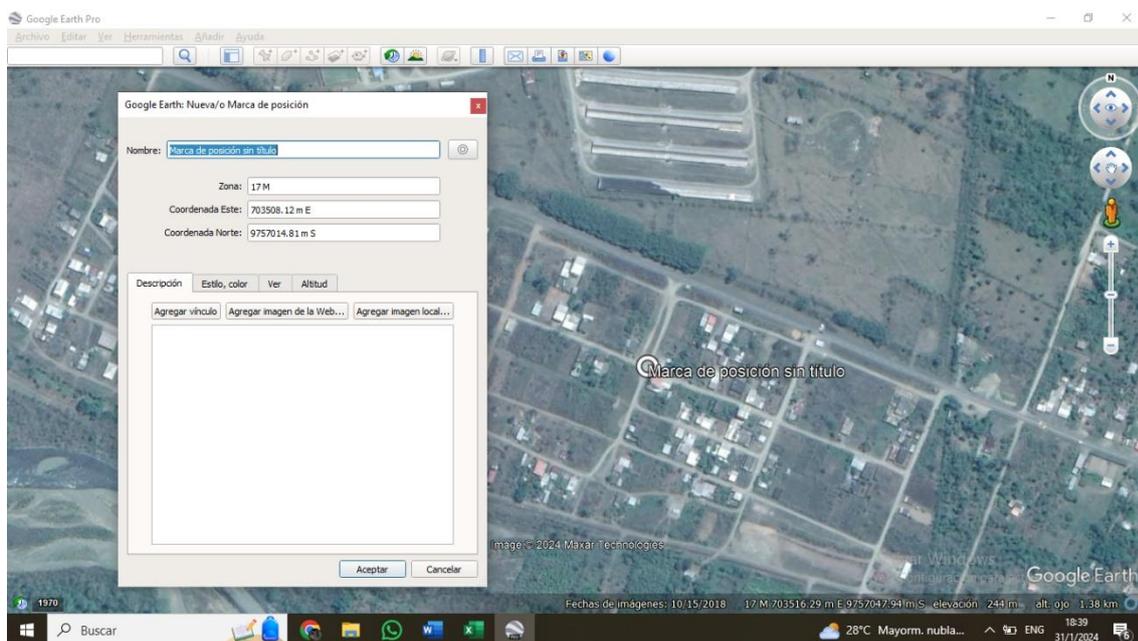
El orden de desarrollo del diseño fue:

1. Google Earth se usó para realizar el levantamiento topográfico, modelar las líneas de flujo de la red sanitaria de alcantarillado.
2. Microsoft Excel se utilizó para dimensionar/diseñar la red sanitaria de alcantarillado mediante una planilla de cálculo para la determinar los parámetros hidráulicos de las tuberías.
3. AutoCAD fue usado para gestionar la información extraída desde Google Earth mediante la elaboración de un plano que identifique las líneas de flujo y el trazado de la red.

#### 3.9.1 Levantamiento Topográfico de la Ciudadela Santa Elena de Bucay

Para realizar tanto la planimetría como la altimetría de la Cdla. Santa Elena utilizando Google Earth se establecieron primero marcas de posición que delimitaron la superficie de la zona de estudio.

Ilustración 12: Marcas de posición en Google Earth.



Fuente: Google Earth (2024).

Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

Bajo esta modalidad se establecieron sobre el terreno pozos de inspección en intersecciones y cámaras de caída en trazados rectos. Las cámaras de caída fueron necesarias para no someter las tuberías a las fuertes pendientes que contenía el terreno y que generaban, en algunos casos, desniveles de aproximadamente 5 m entre los tramos de la red.

Posteriormente, los datos de georreferenciación de Google Earth fueron transportados a Microsoft Excel en donde se organizó la información de tal forma que esta pueda ser exportable a AutoCAD. Para ello fue necesario el uso de fórmulas de concatenación tales como se muestra en la siguiente ilustración:

Tabla 8: Coordenadas UTM de delimitación de las áreas drenadas de la zona de estudio (PARTE I).

Perímetro				
Punto	Coordenadas			Coordenadas concatenadas
	X	Y	Z	
	Este	Norte	Elevación	
SEB 1	703929.84	9756953.99	254.00	703929.84,9756953.99,254
SEB 2	703850.73	9756734.89	249.00	703850.73,9756734.89,249
SEB 3	703422.58	9756843.43	242.00	703422.58,9756843.43,242
SEB 4	703441.33	9756884.26	243.00	703441.33,9756884.26,243
SEB 5	703445.28	9756889.69	243.00	703445.28,9756889.69,243
SEB 6	703472.74	9756926.02	243.00	703472.74,9756926.02,243
SEB 7	703477.12	9756932.47	243.00	703477.12,9756932.47,243
SEB 8	703491.02	9756966.74	243.00	703491.02,9756966.74,243
SEB 9	703494.13	9756973.07	243.00	703494.13,9756973.07,243
SEB 10	703507.68	9757009.63	244.00	703507.68,9757009.63,244
SEB 11	703512.13	9757014.46	244.00	703512.13,9757014.46,244
SEB 12	703543.26	9757090.78	244.00	703543.26,9757090.78,244
SEB 13	703538.49	9757096.98	244.00	703538.49,9757096.98,244
SEB 14	703547.61	9757111.60	244.00	703547.61,9757111.6,244
SEB 15	703694.14	9757052.47	247.00	703694.14,9757052.47,247
SEB 16	703842.32	9756989.28	252.00	703842.32,9756989.28,252
SEB 17	703756.49	9756760.34	248.00	703756.49,9756760.34,248
SEB 18	703848.77	9756987.05	252.00	703848.77,9756987.05,252
SEB 19	703749.50	9756760.92	248.00	703749.5,9756760.92,248
SEB 20	703767.21	9756804.68	249.00	703767.21,9756804.68,249
SEB 21	703769.56	9756809.38	249.00	703769.56,9756809.38,249
SEB 22	703800.21	9756889.57	251.00	703800.21,9756889.57,251
SEB 23	703802.86	9756895.69	251.00	703802.86,9756895.69,251
SEB 24	703834.58	9756973.40	252.00	703834.58,9756973.4,252
SEB 25	703837.68	9756980.42	252.00	703837.68,9756980.42,252
SEB 26	703593.96	9756802.01	244.00	703593.96,9756802.01,244
SEB 27	703598.11	9756806.40	244.00	703598.11,9756806.4,244
SEB 28	703602.28	9756811.81	244.00	703602.28,9756811.81,244
SEB 29	703605.15	9756817.06	244.00	703605.15,9756817.06,244
SEB 30	703607.24	9756823.15	245.00	703607.24,9756823.15,245
SEB 31	703624.83	9756866.45	245.00	703624.83,9756866.45,245
SEB 32	703625.88	9756870.86	245.00	703625.88,9756870.86,245
SEB 33	703658.72	9756949.34	246.00	703658.72,9756949.34,246
SEB 34	703661.30	9756953.72	246.00	703661.3,9756953.72,246
SEB 35	703692.78	9757033.61	247.00	703692.78,9757033.61,247
SEB 36	703695.40	9757039.68	247.00	703695.4,9757039.68,247
SEB 37	703699.87	9757049.85	247.00	703699.87,9757049.85,247
SEB 38	703589.77	9756804.88	244.00	703589.77,9756804.88,244
SEB 39	703613.14	9756848.35	245.00	703613.14,9756848.35,245
SEB 40	703608.22	9756847.08	245.00	703608.22,9756847.08,245
SEB 41	703604.48	9756847.44	245.00	703604.48,9756847.44,245
SEB 42	703604.81	9756850.34	245.00	703604.81,9756850.34,245
SEB 43	703608.58	9756850.22	245.00	703608.58,9756850.22,245
SEB 44	703611.97	9756850.82	245.00	703611.97,9756850.82,245
SEB 45	703614.36	9756852.11	245.00	703614.36,9756852.11,245
SEB 46	703620.11	9756867.42	245.00	703620.11,9756867.42,245
SEB 47	703620.81	9756873.34	245.00	703620.81,9756873.34,245
SEB 48	703635.51	9756908.95	245.00	703635.51,9756908.95,245
SEB 49	703637.51	9756913.12	246.00	703637.51,9756913.12,246
SEB 50	703653.17	9756951.83	246.00	703653.17,9756951.83,246

Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

Tabla 9: Coordenadas UTM de delimitación de las áreas drenadas de la zona de estudio (PARTE II).

SEB 51	703655.56	9756956.58	246.00	703655.56,9756956.58,246
SEB 52	703686.88	9757036.12	247.00	703686.88,9757036.12,247
SEB 53	703585.73	9756853.67	244.00	703585.73,9756853.67,244
SEB 54	703576.04	9756856.43	244.00	703576.04,9756856.43,244
SEB 55	703564.02	9756858.51	244.00	703564.02,9756858.51,244
SEB 56	703548.71	9756860.68	244.00	703548.71,9756860.68,244
SEB 57	703532.52	9756865.04	244.00	703532.52,9756865.04,244
SEB 58	703525.35	9756866.62	244.00	703525.35,9756866.62,244
SEB 59	703517.78	9756867.41	244.00	703517.78,9756867.41,244
SEB 60	703508.89	9756867.44	244.00	703508.89,9756867.44,244
SEB 61	703499.87	9756865.20	243.00	703499.87,9756865.2,243
SEB 62	703488.34	9756865.60	243.00	703488.34,9756865.6,243
SEB 63	703486.21	9756869.27	243.00	703486.21,9756869.27,243
SEB 64	703496.01	9756870.44	243.00	703496.01,9756870.44,243
SEB 65	703504.39	9756871.10	243.00	703504.39,9756871.1,243
SEB 66	703512.90	9756871.85	243.00	703512.9,9756871.85,243
SEB 67	703517.70	9756871.50	244.00	703517.7,9756871.5,244
SEB 68	703525.41	9756870.80	244.00	703525.41,9756870.8,244
SEB 69	703533.95	9756869.08	244.00	703533.95,9756869.08,244
SEB 70	703547.12	9756865.84	244.00	703547.12,9756865.84,244
SEB 71	703561.21	9756863.86	244.00	703561.21,9756863.86,244
SEB 72	703574.84	9756861.15	244.00	703574.84,9756861.15,244
SEB 73	703581.91	9756860.01	244.00	703581.91,9756860.01,244
SEB 74	703587.02	9756857.43	244.00	703587.02,9756857.43,244
SEB 75	703595.44	9756853.96	245.00	703595.44,9756853.96,245
SEB 76	703604.06	9756875.96	245.00	703604.06,9756875.96,245
SEB 77	703418.92	9756845.00	242.00	703418.92,9756845,242
SEB 78	703436.42	9756885.55	243.00	703436.42,9756885.55,243
SEB 79	703437.57	9756890.48	243.00	703437.57,9756890.48,243
SEB 80	703442.25	9756892.75	243.00	703442.25,9756892.75,243
SEB 81	703445.32	9756895.46	243.00	703445.32,9756895.46,243
SEB 82	703447.60	9756898.05	243.00	703447.6,9756898.05,243
SEB 83	703449.25	9756900.96	243.00	703449.25,9756900.96,243
SEB 84	703450.97	9756902.93	243.00	703450.97,9756902.93,243
SEB 85	703451.92	9756904.82	243.00	703451.92,9756904.82,243
SEB 86	703452.96	9756906.78	243.00	703452.96,9756906.78,243
SEB 87	703454.17	9756909.01	243.00	703454.17,9756909.01,243
SEB 88	703456.16	9756912.43	243.00	703456.16,9756912.43,243
SEB 89	703458.56	9756916.25	243.00	703458.56,9756916.25,243
SEB 90	703460.98	9756919.75	243.00	703460.98,9756919.75,243
SEB 91	703462.79	9756922.06	243.00	703462.79,9756922.06,243
SEB 92	703465.39	9756924.27	243.00	703465.39,9756924.27,243
SEB 93	703467.38	9756925.93	243.00	703467.38,9756925.93,243
SEB 94	703469.58	9756928.29	243.00	703469.58,9756928.29,243
SEB 95	703470.93	9756930.74	243.00	703470.93,9756930.74,243
SEB 96	703473.03	9756933.40	243.00	703473.03,9756933.4,243
SEB 97	703504.69	9757011.88	244.00	703504.69,9757011.88,244
SEB 98	703506.65	9757015.73	244.00	703506.65,9757015.73,244
SEB 99	703496.15	9757020.76	243.00	703496.15,9757020.76,243
SEB 100	703527.58	9757097.28	244.00	703527.58,9757097.28,244
SEB 101	703535.72	9757115.61	244.00	703535.72,9757115.61,244
SEB 102	703688.68	9757040.91	247.00	703688.68,9757040.91,247
SEB 103	703499.36	9757018.56	243.00	703499.36,9757018.56,243
SEB 104	703530.36	9757095.12	244.00	703530.36,9757095.12,244
SEB 105	703534.43	9757093.23	244.00	703534.43,9757093.23,244

Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

Tabla 10: Coordenadas UTM de localización de pozos de inspección.

<b>Pozos de inspección</b>				
<b>Cámara</b>	<b>Coordenadas</b>		<b>Elevaciones</b>	<b>Concatenadas</b>
	<b>Este</b>	<b>Norte</b>		
C1	703752.41	9756758.44	248	703752.41,9756758.44,248
C2	703770.90	9756806.86	249	703770.9,9756806.86,249
C3	703803.91	9756892.07	251	703803.91,9756892.07,251
C4	703838.46	9756976.50	252	703838.46,9756976.5,252
C5	703690.46	9757037.83	247	703690.46,9757037.83,247
C6	703656.74	9756952.55	246	703656.74,9756952.55,246
C7	703639.41	9756910.23	246	703639.41,9756910.23,246
C8	703622.72	9756870.00	245	703622.72,9756870,245
C9	703591.89	9756803.24	244	703591.89,9756803.24,244
C10	703420.66	9756843.59	242	703420.66,9756843.59,242
C11	703439.49	9756887.28	243	703439.49,9756887.28,243
C12	703473.39	9756929.33	243	703473.39,9756929.33,243
C13	703491.28	9756971.00	243	703491.28,9756971,243
C14	703507.48	9757013.42	244	703507.48,9757013.42,244
C15	703534.52	9757098.74	244	703534.52,9757098.74,244
C16	703577.39	9756858.36	244	703577.39,9756858.36,244
C17	703550.29	9756862.86	244	703550.29,9756862.86,244
C18	703527.94	9756868.08	244	703527.94,9756868.08,244
C19	703515.66	9756869.13	244	703515.66,9756869.13,244
C20	703504.64	9756868.54	243	703504.64,9756868.54,243
C21	703487.88	9756867.35	243	703487.88,9756867.35,243
C22	703480.90	9756870.19	243	703480.9,9756870.19,243
C23	703474.48	9756872.47	243	703474.48,9756872.47,243
C24	703463.97	9756875.54	243	703463.97,9756875.54,243
C25	703452.49	9756882.22	243	703452.49,9756882.22,243
C26	703852.71	9756733.83	249	703852.71,9756733.83,249
C27	703892.19	9756840.48	254	703892.19,9756840.48,254
C28	703930.03	9756946.13	255	703930.03,9756946.13,255
C29	703667.78	9756777.01	246	703667.78,9756777.01,246
C30	703692.56	9756838.93	247	703692.56,9756838.93,247
C31	703726.77	9756924.47	248	703726.77,9756924.47,248
C32	703766.75	9757006.56	249	703766.75,9757006.56,249
C33	703504.05	9756820.60	243	703504.05,9756820.6,243
C34	703545.08	9756901.20	244	703545.08,9756901.2,244
C35	703579.92	9756984.10	245	703579.92,9756984.1,245
C36	703612.67	9757067.69	245	703612.67,9757067.69,245
C37	703615.25	9756850.13	245	703615.25,9756850.13,245
C38	703605.66	9756848.76	245	703605.66,9756848.76,245
C39	703559.86	9756942.47	245	703559.86,9756942.47,245

Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

Tabla 11: Coordenadas UTM de localización de cámaras de caída.

Cámaras de caída				
Punto	Este	Norte	Elevación	Concatenado
C.Caída 1	703879.62	9756805.58	253.00	703879.62,9756805.58,253
C.Caída 2	703869.92	9756779.90	252.00	703869.92,9756779.9,252
C.Caída 3	703863.29	9756761.10	251.00	703863.29,9756761.1,251
C.Caída 4	703856.50	9756743.74	250.00	703856.5,9756743.74,250
C.Caída 5	703797.68	9756745.04	248.00	703797.68,9756745.04,248
C.Caída 6	703716.61	9756764.77	247.00	703716.61,9756764.77,247
C.Caída 7	703635.74	9756783.85	245.00	703635.74,9756783.85,245
C.Caída 8	703555.53	9756808.45	243.00	703555.53,9756808.45,243
C.Caída 9	703461.32	9756831.44	242.00	703461.32,9756831.44,242
C.Caída 10	703797.83	9756876.10	250.00	703797.83,9756876.1,250
C.Caída 11	703783.49	9756837.97	249.00	703783.49,9756837.97,249
C.Caída 12	703729.95	9756822.40	248.00	703729.95,9756822.4,248
C.Caída 13	703655.72	9756855.94	246.00	703655.72,9756855.94,246
C.Caída 14	703570.99	9756890.84	244.00	703570.99,9756890.84,244
C.Caída 15	703502.38	9756917.48	243.00	703502.38,9756917.48,243
C.Caída 16	703433.91	9756874.89	242.00	703433.91,9756874.89,242
C.Caída 17	703505.83	9756868.78	243.00	703505.83,9756868.78,243
C.Caída 18	703714.56	9756928.72	247.00	703714.56,9756928.72,247
C.Caída 19	703690.73	9756936.84	246.00	703690.73,9756936.84,246
C.Caída 20	703603.92	9756975.29	245.00	703603.92,9756975.29,245
C.Caída 21	703540.32	9756998.44	244.00	703540.32,9756998.44,244
C.Caída 22	703502.38	9757001.53	243.00	703502.38,9757001.53,243
C.Caída 23	703540.74	9756951.13	244.00	703540.74,9756951.13,244
C.Caída 24	703502.37	9756965.28	243.00	703502.37,9756965.28,243
C.Caída 25	703672.60	9757044.11	246.00	703672.6,9757044.11,246
C.Caída 26	703614.91	9757066.61	245.00	703614.91,9757066.61,245

Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

Ilustración 13: Fórmula de concatenación en el Excel.



Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

La fórmula para concatenar celdas es utilizada habitualmente para exportar información de coordenadas UTM desde Excel hacia AutoCAD. La forma en que se realizó este proceso fue copiando primero las celdas concatenadas, luego usando la secuencia en AutoCAD “Dibujo-Puntos-Varios puntos”. Posteriormente, en la barra de comandos del mismo programa se hace click derecho y escogió la opción “pegar”.

En este punto los puntos ya estaban dibujados, pero no aparecían en pantalla dado que no se encontraban dentro del espacio de trabajo del AutoCAD. Para resolver este inconveniente se volvieron a copiar las coordenadas concatenadas y en AutoCAD se usó la secuencia “Dibujo-Polilínea” para finalmente pegar las

coordenadas previamente copiadas en la barra de comandos. Se pudo observar cómo se trazó automáticamente una polilínea que contenía los puntos coordinados y se procedió a seguir el rastro de la misma para encontrar dichos puntos.

### **3.9.2 Elaboración de Planilla de Cálculo**

La planilla de cálculo se compuso de una tabla que contenía las variables de cálculo hidráulico en el contexto de diseño de alcantarillado. Esto implica la incorporación en los cálculos de variables tales como longitud del tramo, área drenada, población dentro del área drenada, etc. Estos valores fueron obtenidos por medición directa, es decir, sirvieron de base para realizar cálculos posteriores.

Los parámetros para el dimensionamiento de la red sanitaria fueron los siguientes:

**3.9.2.1 Descarga.** En esta columna se especificó el principio y fin de la tubería los cuales son pozos de inspección, es decir, empieza en el pozo C1 y termina en el pozo C2.

**3.9.2.2 Longitud.** Se refiere a la longitud del tramo de tubería la cual idealmente debería ser de material PVC para alcantarillado de 160 mm de diámetro. Es un parámetro de medición directa.

La recomendación técnica de este apartado es que el tramo no supere los 120 m. De ser el caso, por encima de los 120 m de longitud debe colocarse otro pozo de inspección. Esto último debido a que la evidencia empírica del trabajo de campo ha demostrado que por encima de esta longitud las tareas tanto de limpieza como de ventilación de la red se dificultan sustancialmente.

**3.9.2.3 Área.** Se refiere al área o áreas drenadas que por lo general son cuadradas o manzanas unidas por sus ramales domiciliarios. Es un parámetro de medición directa que va incluido en la ecuación del caudal medio de aguas residuales domésticas.

**3.9.2.4 Coeficiente de Retorno.** Este coeficiente es un valor numérico que se incorpora en la fórmula del caudal medio de aguas residuales domésticas.

Matemáticamente, representa un factor de reducción. Es un valor multiplicativo basado en el supuesto de que no toda el agua potable consumida en los hogares retorna al sistema de alcantarillado puesto que se pierde una porción en las actividades humanas como, por ejemplo, el agua que se consume para riego de jardines. La normativa ecuatoriana indica que este valor puede oscilar entre 0.8 o 0.9, por lo que la presente investigación el CR fue de 0.8.

**3.9.2.5 Población.** Es otro parámetro de medición directa que puede ser calculado bajo un sondeo sencillo del área de influencia del proyecto. En contraste, en el caso de áreas residenciales, puede ser calculado bajo una estimación basándose en el supuesto de que cada casa alberga al menos una familia de 5 personas. Entonces, se multiplican el número de casas por el factor 5 y se obtiene un valor de población de áreas residenciales.

Para cada colector (tubería que drena una cuadra o manzana) se tuvo un valor de población parcial y otro de población acumulada. Esto se hizo dado que algunos colectores no drenaban propiamente un área con una población específica, sino más bien eran colectores ubicados en la transición del agua drenada hacia la red sanitaria. Por ello, estos colectores recibían el agua acumulada en otros colectores que sí drenaban un área con una población o tan solo un área (lotes vacíos). Para la presente investigación la población estimada fue de 340 habitantes.

**3.9.2.6 Dotación.** También llamado “consumo”, es una tasa que cuantifica el consumo de agua potable por habitante en un periodo específico de tiempo por lo que sus unidades son  $L / (\text{hab} \cdot \text{día})$ . Este valor puede ser obtenido de los datos que maneja la empresa local proveedora del agua potable ya que esta maneja las estadísticas de consumo. Sin embargo, también puede calcularse por sondeo directo al área de influencia.

En el caso de áreas residenciales el proceso podría ser realizar la mayor cantidad de consultas posibles a la población casa por casa acerca de su consumo. Este consumo se refleja en la planilla de pago por el servicio de agua potable. Si la población es muy grande, puede calcularse un conjunto muestral estadístico y realizar un promedio a estos valores encontrados. Además, este valor también es un factor dentro de la fórmula para caudal medio de aguas residuales.

Para el presente trabajo fue fijado en  $120 L/(\text{hab} \cdot \text{día})$  según el pequeño sondeo de consumo realizado a los moradores de la ciudadela.

**3.9.2.7 Factor de Fugas.** Este valor está basado en el supuesto de que se generan fugas en las conducciones de agua potable que pueden terminar derivándose hacia la red sanitaria. Por lo tanto, aumenta el caudal de aguas residuales y se convierte en un factor de mayoraje. Para el presente trabajo se fijó en un valor de **1.2** adimensional.

**3.9.2.8 Coeficiente de Harmon.** Dado que el diseño comienza por el cálculo del caudal medio de aguas residuales, el mismo que se entiende como el aporte de

caudal medio diario evacuado durante un año, el diseño ha de realizarse para el caudal máximo horario.

Por lo tanto, el coeficiente de Harmon es también otro factor de mayorero que a su vez es el resultado de una función que varía en forma inversa a la cantidad de la población. Sin embargo, dado que este parámetro está dirigido a poblaciones mayores a 1000 hab, se utilizó la fórmula de Babbitt para poblaciones por debajo de esa cifra cuya fórmula es la siguiente:

Ecuación 1: Ecuación de Babbitt para poblaciones por debajo de 1000 hab.

**Babbitt: Para poblaciones menores de 1000 habitantes.**

$$Q_{\text{máx horario}} = \bar{Q} \times \frac{5}{P^{0.2}}$$

Fuente: Luviano, I. (2015).

De esta forma el coeficiente a utilizar fue **1.56** adimensional.

**3.9.2.9 Caudal Medio de Aguas Residuales.** Es un caudal parcial que se va acumulando según el trayecto del caudal a través de la red sanitaria. Su cálculo se realiza multiplicando el coeficiente de retorno por la población parcial, por la dotación de agua potable y todo ese resultado dividido para 86400.

Ecuación 2: Demostración de las unidades de caudal medio de aguas residuales.

$Q_{\text{med}} = CR \times \text{Dot} \times D \times A$

CR: Coeficiente de retorno (adimensional)  
 Dot: Dotación o consumo de agua potable [L/(hab\*día)]  
 D: Densidad poblacional (hab/ha)  
 A: Area drenada (ha)

Cálculo simple por unidades:

$$Q_{\text{med}} = CR \left( \frac{\text{L}}{\text{hab} \cdot \text{día}} \right) \left( \frac{\text{hab}}{\text{ha}} \right) (\text{ha}) \left( \frac{1 \text{ día}}{86400 \text{ s}} \right) = \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

**3.9.2.10 Caudal Máximo Horario.** Es el caudal precursor del caudal de diseño de la red sanitaria. Para la presente investigación fue calculado considerando aportes parciales y acumulados; y multiplicando los valores acumulados por el coeficiente de Babbitt.

Ilustración 14: Caudal máximo horario de aguas residuales.

<b>AGUAS SERVIDAS</b>		
<b>Parcial</b>	<b>Acumul.</b>	<b>K x q</b>
l/s	l/s	l/s

Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

**3.9.2.11 Caudal de Infiltración.** Es un aporte adicional de caudal estimado. Este parámetro se calcula por las características de permeabilidad que presenta el suelo de la zona de estudio. Se obtiene multiplicando el coeficiente de infiltración por el área tributaria. Aunque, otro criterio equivalente es el de considerarlo como un aporte de caudal por unidad de longitud de tubería, por lo que sus unidades serían L/(s\*km). En este sentido, se consideró en base a una referencia bibliográfica de la empresa Interagua que, dado que los suelos ubicados en las cercanías de la sierra ecuatoriana son menos permeables por su composición rocosa, se fijó un valor de **0.1** L/(ha\*s) del área drenada.

Ilustración 15: Infiltración por unidad de longitud de tubería.

Zona de infiltración alta	=	0.4 l / ha / s
Zona de infiltración media	=	0.3 l / ha / s
Zona de infiltración baja	=	0.2 l / ha / s

Fuente: Interagua (s.f.)

**3.9.2.12 Caudal de Aguas Ilícitas.** También conocido como “caudal de conexiones erradas”. Representa el aporte de caudal proporcionado por conexiones clandestinas a la red sanitaria. Además, por la costumbre de los hogares de conectar bajantes de aguas lluvia a la red sanitaria domiciliaria. Se considera como un 20% del caudal máximo de aguas negras. Sin embargo, al igual que el caudal de infiltración, para este parámetro se utilizó un criterio basado en el área drenada. Por lo que para la presente investigación se fijó en un valor de 0.05 L/(ha\*s) considerando la baja densidad poblacional y la climatología del cantón.

**3.9.2.13 Caudal de Diseño.** Es el resultado de la sumatoria entre el caudal máximo horario, el caudal de infiltración y el caudal de aguas ilícitas. Este caudal calculado es el que se predispone a circular por la red sanitaria. Sobre el valor que tenga este caudal este se realizan estimaciones sobre regulaciones normativas como,

por ejemplo, la relación entre el caudal de diseño y el caudal a tubo lleno cuyo valor de relación no debería exceder el valor 0.9 adimensional.

**3.9.2.14 Diámetro Interno.** Es el diámetro de la tubería que transporta las aguas residuales soterradamente en la vía pública. Habitualmente, este valor de diámetro se conserva igual para toda la red.

**3.9.2.15 Pendiente.** Es la relación entre el desnivel del tramo de tubería y la longitud de este. Variando este valor se pueden realizar dimensionamientos para la obra civil de la red sanitaria, es decir, este valor influye mucho sobre los cortes o relleno de terreno que se deba aplicar según el caso para los movimientos de tierra del proyecto constructivo. Su valor numérico normalmente se refleja en porcentaje por lo que para los fines de cálculos posteriores se necesitará dividir su valor para 100.

**3.9.2.16 Relaciones de Manning.** Son la velocidad y caudal calculados bajo la fórmula experimental de Manning. El caudal se puede obtener multiplicando la velocidad por el área transversal del tubo. La velocidad por su parte tiene una fórmula basada en el radio hidráulico y la pendiente.

Ecuación 3: Relaciones de Manning.

$$V = \frac{1}{n} \left( \frac{A_m}{P_m} \right)^{2/3} (S)^{1/2}$$

n: Coeficiente de rugosidad de Manning  
 Am: Área mojada  
 Pm: Perímetro mojado  
 R: Radio hidráulico (R = Am/Pm)  
 S: Pendiente

$$Q = \frac{1}{n} \left( \frac{A_m}{P_m} \right)^{2/3} (S)^{1/2} (A)$$

n: Coeficiente de rugosidad de Manning  
 Am: Área mojada  
 Pm: Perímetro mojado  
 R: Radio hidráulico (R = Am/Pm)  
 S: Pendiente  
 A: Área de la sección transversal del tubo

Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

**3.9.2.17 Fuerza Tractiva.** En algunos países es el principal criterio de diseño de infraestructura sanitaria. También llamada “fuerza de arrastre”, es un parámetro que permite controlar tanto la erosión, según sea el material del colector, como la sedimentación. Matemáticamente, es la fuerza por unidad de área mojada y técnicamente su valor mínimo para una red sanitaria debe ser de 1 Pa.

Ecuación 4: Fuerza tractiva.

$$T = \frac{S}{100} (R) (\rho) (g)$$

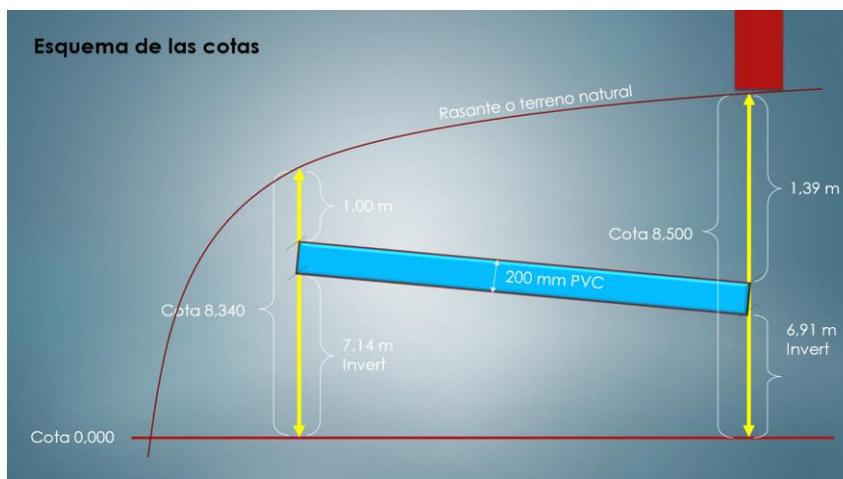
s:	Pendiente
R:	Radio hidráulico
$\rho$ :	Densidad de las aguas residuales
g:	Aceleración de la gravedad

Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

**3.9.2.18 Cotas.** Son los niveles altimétricos del terreno. Pueden partir bien sea del nivel medio del mar (elevaciones) o de un plano de referencia arbitrario (cota de proyecto).

Básicamente, están la rasante que es el nivel de terreno que se pisa, y el invert que es la parte de debajo de la tubería. En este sentido se considera que la altura mínima que debe existir por encima del lomo del tubo es de 0.80 m para un tráfico liviano, mientras que lo ideal es 1.0 m.

Ilustración 16: Cotas de rasante e invert.



Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

### 3.10 Elaboración del Presupuesto Referencial

Para la elaboración del presupuesto se tomaron en cuenta primero las dimensiones y áreas de construcción. Motivo por el cual se justificó la elaboración complementaria del plano de la ciudadela. Considerando un área total drenada de 10.06 ha y una longitud de acometida de 1907.68 m de tubería se procedió a realizar el cálculo de cantidades de obra. Posteriormente se sondearon los precios unitarios

de los procedimientos constructivos por lo que los cálculos fueron organizados por bloques obra de la siguiente forma:

### **3.10.1 Obra Civil Zanjas**

1. Limpieza y desbroce manual: 1.20 m ancho de zanja x 1907.68 m de trayecto de tubería = 2289.22 m<sup>2</sup>.
2. Excavación de zanjas a máquina: 1907.68 m de trayecto de tubería x 1.2 m de ancho de zanja x 2.40 m de profundidad promedio de cotas = 5494.12 m<sup>3</sup>.
3. Relleno y compactación de zanjas máquina: Considerando el relleno con material importando dado que la propia tubería descansaría sobre cama de arena, se calculó el valor del rubro “Excavación de zanjas a máquina” mayorado por el factor 1.5 asumiendo un esponjamiento de material en estado suelto y la necesidad de una máquina compactadora con su respectivo operador, obteniendo un valor de 8241.18 m<sup>3</sup>.

### **3.10.2 Construcción de Pozos de Inspección**

4. Excavación a máquina H = 2.60 m: La profundidad consideró un relleno compactado de 20 cm, es decir, una compactación de 1 capa de 20 cm para cada pozo de inspección. Luego, se tomó en cuenta un diámetro de 1.20 m para cada pozo y multiplicando el área por la profundidad,  $[\text{Pi}(1.20 \text{ m})^2] \times 2.60 \text{ m} = 11.76 \text{ m}^3$  que luego fueron multiplicados por el número de pozos 39 obteniendo 458.64 m<sup>3</sup>.
5. Relleno y compactación material de sitio: Se contempló una compactación del material por debajo de cada pozo. El pozo implica un espacio de vacío que contiene la cámara, de manera que se utilizó un factor de reducción de 0.15 para el valor del rubro de “Excavación a máquina H = 2.60 m” quedando en 68.80 m<sup>3</sup>.
6. Hormigón  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ : Se contempló que cada pozo tendría un volumen de hormigón por el grosor de su pared. Para ello se utilizó el factor de 0.3 sobre el volumen de espacio que genera el pozo en el rubro de “Excavación a máquina H = 2.60 m” obteniendo 137.59 m<sup>3</sup>.

### **3.10.3 Construcción de cámaras de caída**

7. Excavación a máquina H = 3.40 m: La profundidad fue considerada en función al hecho de que las cámaras de caída necesitan de una mayor profundidad dado que generan un desnivel entre tuberías para mantener los valores de pendiente y, además, se consideraron 2 capas de 20 cm de compactación

dado que las cámaras de caída contienen mayor volumen de hormigón por su diseño. Se contempló el mismo volumen de un pozo de inspección por cada cámara, salvo con la diferencia que el número de excavaciones sería 26, obteniendo así un valor de 305.76 m<sup>3</sup>.

8. Relleno y compactación material de sitio: Partiendo de la misma consideración de un pozo de inspección, la cámara de caída genera un volumen vacío en el espacio excavado tan solo recubierto por el grosor de sus paredes y el volumen compactado de debajo de la estructura de hormigón. Por ello, se consideró un factor de 0.15 del rubro "Excavación a máquina H = 3.40 m", obteniendo 45.86 m<sup>3</sup>.
9. Hormigón f'c = 280 kg/cm<sup>2</sup>: El volumen dejado por la excavación tan solo sería ocupado por el recubrimiento que genera la pared de la cámara. Por ello, el factor que se utilizó fue 0.3 del rubro "Excavación a máquina H = 3.40 m", obteniendo 91.73 m<sup>3</sup>.

#### **3.10.4 Instalación Tuberías de PVC**

10. Suministro tubería PVC DN= 160 mm: Considerando la acometida de la red sanitaria, se necesitarían de 1907.68 m de tubería.

#### **3.10.5 Tapas de pozos y cámaras**

11. Suministro tapa de pozo DN = 1.20 m: La cantidad es igual a la calculada en el diseño, 39 pozos.
12. Suministro tapa de cámara DN = 1.20 m: La cantidad es igual a la calculada en el diseño, 26 cámaras.

## CAPÍTULO IV

### PROPUESTA O INFORME

#### 4.1 Presentación de Resultados

##### 4.1.2 Resultado de la Inspección Visual

Tabla 12: Resultados de la guía de observación.

Dimensión del conocimiento	Criterio	Sí	No	N/A	Observaciones	Registro fotográfico (código de anexo)
Criterios de diseño	Disposición de ramales domiciliarios			✓	Trabajos concluidos, ramales solo visibles en zanjas abiertas	---
	Existen cajas de registro por cada ramal	✓			---	ANX001, ANX002, ANX003
	Existencia de pozos de inspección	✓			---	ANX004, ANX005
	Existencia de cámaras de caída			✓	---	
Falencias o problemas	Diámetro adecuado de las tuberías			✓	El plano del diseño actual contempla Ø 250 mm	ANX006
	Sistema de recolección exclusivo de A.A.S.S.	✓			No se observan estructuras de alcantarillado pluvial	---
	Correcta separación y diferenciación entre sistemas A.A.S.S. y A.A.L.L.			✓	No se observan estructuras de alcantarillado pluvial	---
	Desbordamiento por obstrucción		✓		---	---
Contaminación	Colapso por sobrecarga		✓		---	---
	Empozamientos	✓			Mancha oscura de sobre la tierra alrededor de pequeños empozamientos son evidencias de empozamientos más grandes	ANX007
	Infiltraciones externas	✓			Pozos de inspección en mal estado	ANX008, ANX009
	Existencia de cuerpos de agua relativamente cercanos y proclives a receptor aguas contaminadas		✓		---	---
	Dirección del flujo de desbordamiento de aguas contaminadas (De ser el caso)			✓	---	---

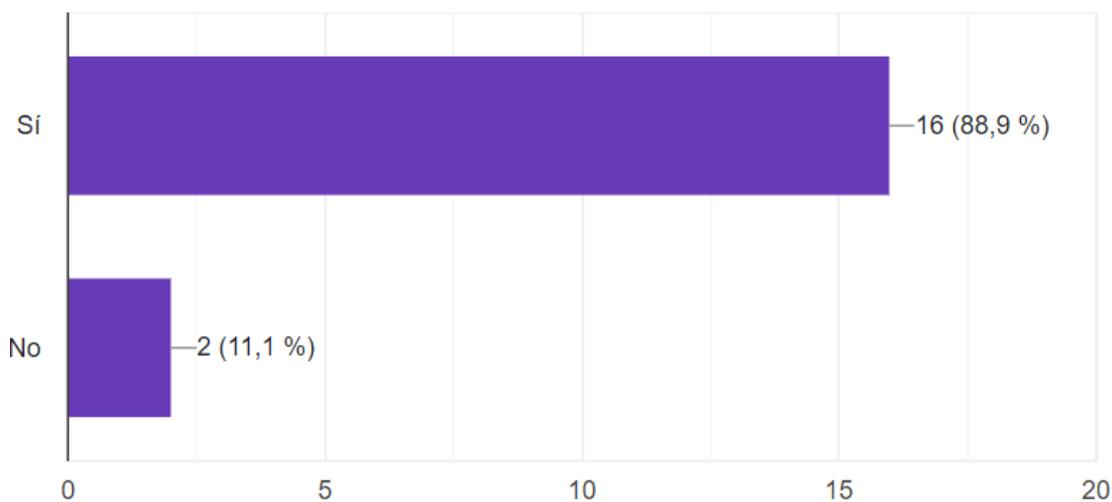
Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

De acuerdo con la información recolectada mediante la inspección visual de la Cda. Santa Elena, se logró determinar que las condiciones actuales del alcantarillado sanitario no corresponden a un diseño óptimo de la red. Algunos de los factores más importantes que justificaron esta determinación fueron el diámetro de tuberías el cual se presenta con sobredimensión para el tipo de servicio que prestan. En este sentido, si el alcantarillado fuese combinado habría un justificante para el exceso de diámetro, pero según la inspección visual no se detectaron estructuras de alcantarillado pluvial.

#### 4.1.3 Resultados de la Encuesta

##### 4.1.3.1 Resultados Pregunta 1: ¿Ha experimentado obstrucciones en las cañerías de alcantarillado sanitario, mejor conocidas como alcantarillas de desagüe, en su domicilio?

Ilustración 17: Resultados Pregunta 1.



Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

##### 4.1.3.2 Resultados Pregunta 2: Si su respuesta anterior fue afirmativa, ¿cada cuánto tiempo se han presentado estas obstrucciones en las cañerías?

La pregunta se dejó a libre respuesta para entender cada caso con su periodo de ocurrencia. Se encontraron algunas respuestas que fueron coincidentes. Por lo que se hizo una suma de las mismas y en otras hubo equivalencia en los términos, por lo que también se sumaron.

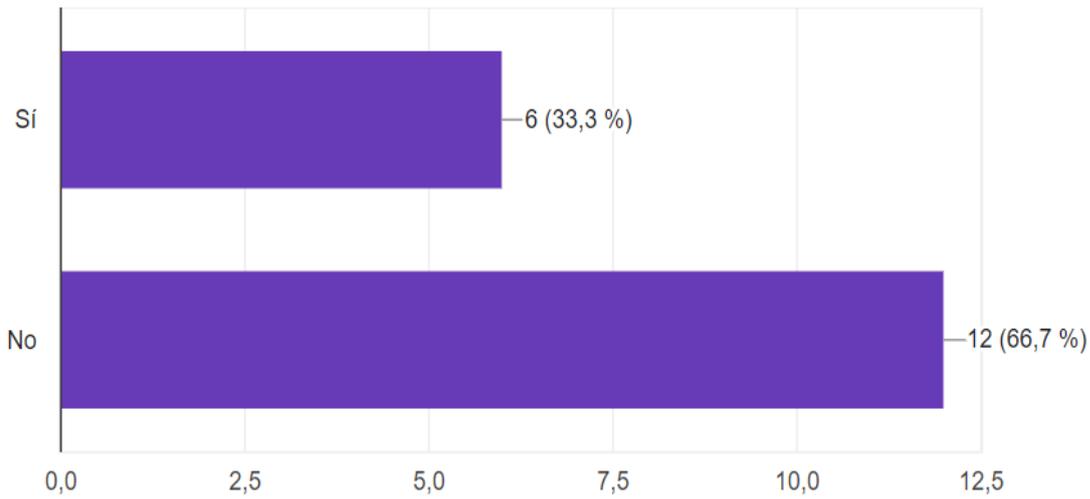
Tabla 13: Resultados Pregunta 2.

Período de tiempo / Cada...	6 meses	Semana	Lluvia	Año	2 días	3 días	5 meses	Muy seguido	Día	Mes
Número de veces	2	1	4	1	1	2	1	2	1	1

Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

**4.1.3.3 Resultados Pregunta 3: Es común que cada cierto periodo de tiempo las cañerías reciban un mantenimiento (se destapen) ¿Usted realiza mantenimiento periódico de las cañerías de alcantarillado sanitario de su domicilio?**

Ilustración 18: Resultados Pregunta 3.



Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

**4.1.3.4 Resultados Pregunta 4: Si su respuesta anterior fue afirmativa, ¿cada cuánto tiempo se realiza mantenimiento de las cañerías de su domicilio?**  
En las respuestas de esta pregunta también se encontraron equivalencias puesto que fue una pregunta de libre respuesta.

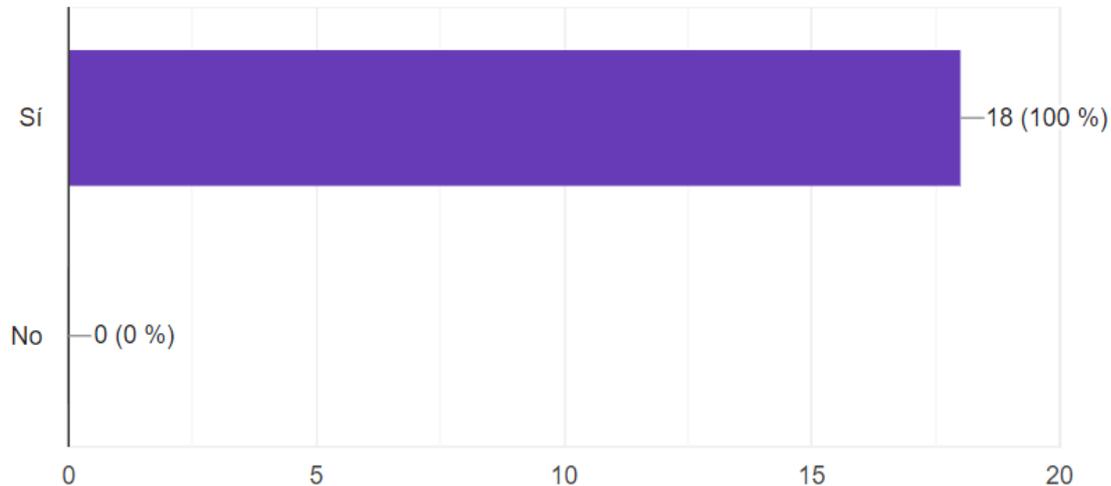
Tabla 14: Resultados Pregunta 4.

Periodo de tiempo / Cada...	15 días	Nunca	3 meses	2 meses	6 meses
Número de veces	1	2	1	2	1

Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

#### 4.1.3.5 Resultados Pregunta 5: ¿Ha experimentado malos olores provenientes de las alcantarillas que se encuentran en las calles de la ciudadela?

Ilustración 19: Resultados Pregunta 5.



Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

#### 4.1.3.6 Resultados Pregunta 6: Si su respuesta anterior fue afirmativa, ¿cada cuánto tiempo se presentan estos malos olores?

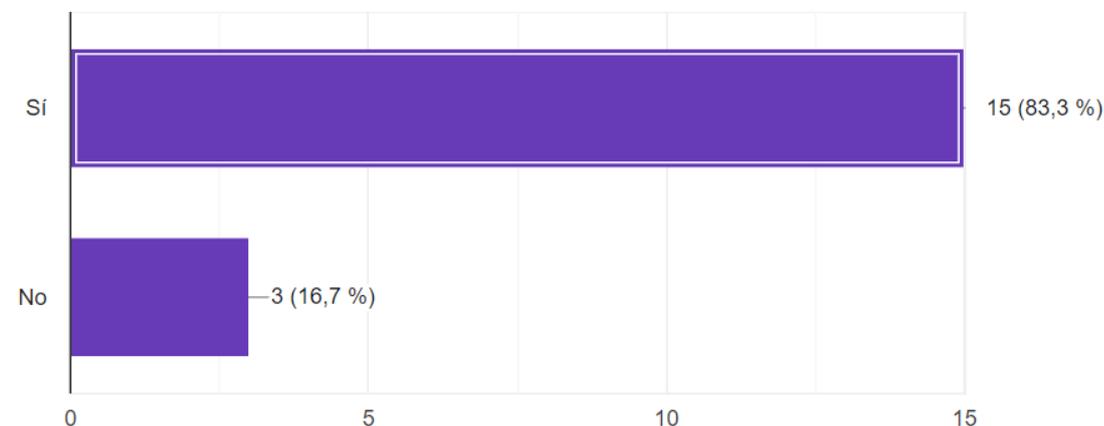
Tabla 15: Resultados Pregunta 6.

Periodo de tiempo / Cada...	6 meses	Día	Ocasional	Habitual	2 semanas	8 meses	Lluvia	2-3 meses	Semana
Número de veces	3	3	2	4	1	1	2	1	1

Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

#### 4.1.3.7 Resultados Pregunta 7: ¿Ha observado que las alcantarillas sanitarias hayan desbordado su contenido alguna vez?

Ilustración 20: Resultados Pregunta 7.



Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

#### 4.1.3.8 Resultados Pregunta 8: Si su respuesta anterior fue afirmativa, ¿cada cuánto tiempo se ha presentado este desbordamiento?

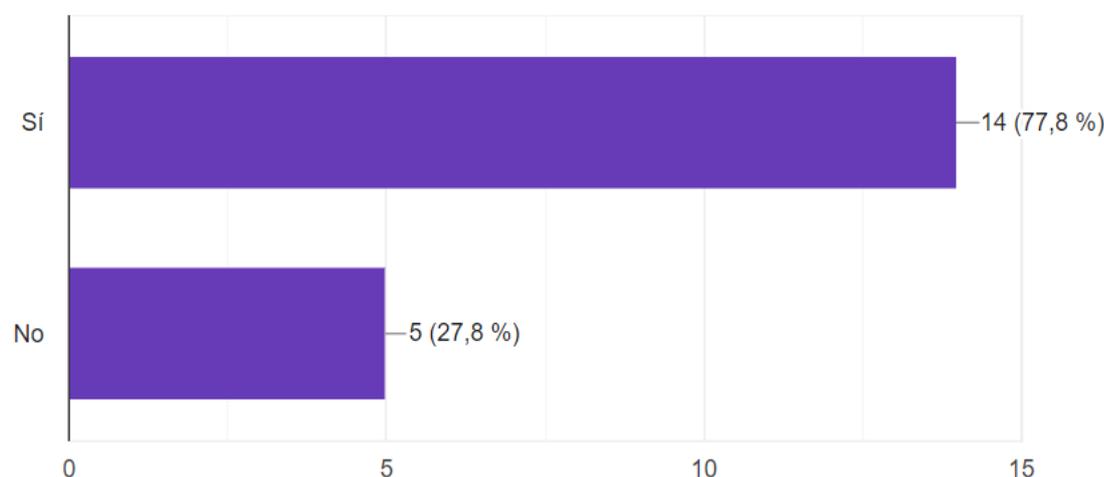
Tabla 16: Resultados Pregunta 8.

Periodo de tiempo / Cada...	Lluvia	3 meses	8 meses	5 meses	Día	Semana	Habitual
Número de veces	9	1	1	1	1	1	1

Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

#### 4.1.3.9 Resultados Pregunta 9: ¿Ha observado algún tipo de contaminación cerca o dentro de la ciudadela por desbordamiento de las alcantarillas sanitarias?

Ilustración 21: Resultados Pregunta 9.



Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

#### 4.1.3.10 Resultados Pregunta 10: Si su respuesta anterior fue afirmativa, ¿qué fue lo que se contaminó?

Tabla 17: Resultados Pregunta 10.

Periodo de tiempo / Cada...	Calles	Río	Basura	Animales en descomposición	Agua	Cultivos	Desechos biológicos
Número de veces	3	2	3	1	1	1	1

Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

### 4.1.4.1 Cálculo Hidráulico de la Red Sanitaria.

Tabla 18: Diseño hidráulico de la red sanitaria (Parte I).

Descarga N°	Long. m	Area ha	AS -- AP	POBLACION		Dot. l/hab/día l/ha/día	Factor Fugas	Coefic. K	AGUAS SERVIDAS			Caudal Infiltración l/s	Caudal Aguas ilicitas l/s	Caudal Diseño l/s	φ interno mm	I %	TUBO LLENO		q - Q	H m	R	τ <sub>max</sub> Fuera tractiva Pa	COTAS		CORTE m	
				Parcial Habitantes	Acumul. Habitantes				Parcial l/s	Acumul. l/s	K x q l/s						V m/s	Q l/s					RASANTE msm	INVERT msm		
C27	37.11	0.71	0.80	10	10	120	1.2	1.56	0.01	0.01	0.02	0.07	0.04	0.13	160	0.40	0.82	16.53	0.008	0.15	0.04	2.51	254.00	251.84	2.16	
C.Caida 1																								253.00	251.69	1.31
C.Caida 1	27.47	0.00	0.80	0	10	120	1.2	1.56	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	160	0.55	0.96	19.38	0.001	0.15	0.04	3.45	253.00	250.84	2.16	
C.Caida 2																								252.00	250.69	1.31
C.Caida 2	19.96	0.00	0.80	0	10	120	1.2	1.56	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	160	0.75	1.13	22.63	0.001	0.15	0.04	4.71	252.00	249.84	2.16	
C.Caida 3																								251.00	249.69	1.31
C.Caida 3	18.67	0.00	0.80	0	10	120	1.2	1.56	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	160	0.78	1.15	23.08	0.001	0.15	0.04	4.90	251.00	248.84	2.16	
C.Caida 4																								250.00	248.69	1.31
C.Caida 4	10.66	0.00	0.80	0	10	120	1.2	1.56	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	160	0.90	1.23	24.79	0.001	0.10	0.04	5.65	250.00	247.84	2.16	
C26																								249.00	247.74	1.26
C26	56.17	0.56	0.80	0	10	120	1.2	1.56	0.00	0.01	0.02	0.06	0.03	0.10	160	0.30	0.71	14.31	0.007	0.17	0.04	1.88	249.00	247.70	1.30	
C.Caida 5																								248.00	247.54	0.46
C.Caida 5	47.21	0.00	0.80	10	20	120	1.2	1.56	0.01	0.02	0.04	0.00	0.00	0.04	160	0.30	0.71	14.31	0.003	0.14	0.04	1.88	248.00	245.84	2.16	
C1																								248.00	245.70	2.30
C1	36.37	0.71	0.80	20	40	120	1.2	1.56	0.02	0.04	0.08	0.07	0.04	0.19	160	0.30	0.71	14.31	0.013	0.11	0.04	1.88	248.00	245.66	2.34	
C.Caida 6																								247.00	245.55	1.45
C.Caida 6	50.35	0.00	0.80	0	40	120	1.2	1.56	0.00	0.04	0.08	0.00	0.00	0.08	160	0.30	0.71	14.31	0.006	0.15	0.04	1.88	247.00	244.34	2.66	
C29																								246.00	244.19	1.81
C29	32.78	0.21	0.80	0	40	120	1.2	1.56	0.00	0.04	0.08	0.02	0.01	0.11	160	0.30	0.71	14.31	0.008	0.10	0.04	1.88	246.00	244.15	1.85	
C.Caida 7																								245.00	244.05	0.95
C.Caida 7	47.95	0.00	0.80	0	40	120	1.2	1.56	0.00	0.04	0.08	0.00	0.00	0.08	160	0.30	0.71	14.31	0.006	0.14	0.04	1.88	245.00	242.84	2.16	
C9																								244.00	242.70	1.30
C9	36.74	0.25	0.80	0	40	120	1.2	1.56	0.00	0.04	0.08	0.02	0.01	0.12	160	0.30	0.71	14.31	0.008	0.11	0.04	1.88	244.00	242.66	1.34	
C.Caida 8																								243.00	242.55	0.45
C.Caida 8	52.89	0.00	0.80	0	40	120	1.2	1.56	0.00	0.04	0.08	0.00	0.00	0.08	160	0.30	0.71	14.31	0.006	0.16	0.04	1.88	243.00	240.84	2.16	
C33																								243.00	240.68	2.32
C33	44.09	0.20	0.80	0	40	120	1.2	1.56	0.00	0.04	0.08	0.02	0.01	0.11	160	0.30	0.71	14.31	0.008	0.13	0.04	1.88	243.00	240.64	2.36	
C.Caida 9																								242.00	240.51	1.49
C.Caida 9	42.43	0.00	0.80	0	40	120	1.2	1.56	0.00	0.04	0.08	0.00	0.00	0.08	160	0.30	0.71	14.31	0.006	0.13	0.04	1.88	242.00	239.34	2.66	
C10																								242.00	239.21	2.79

Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

Tabla 19: Diseño hidráulico de la red sanitaria (Parte II).

C3	17.12	0.41	0.80	0	40	120	1.2	1.56	0.00	0.04	0.08	0.04	0.02	0.14	160	0.58	0.99	19.90	0.007	0.10	0.04	3.64	251.00	248.84	2.16
C.Caída 10																							250.00	248.74	1.26
C.Caída 10	40.75	0.00	0.80	0	40	120	1.2	1.56	0.00	0.04	0.08	0.00	0.00	0.08	160	0.30	0.71	14.31	0.006	0.12	0.04	1.88	249.00	247.22	1.78
C.Caída 11																							249.00	246.84	2.16
C.Caída 11	33.56	0.00	0.80	0	40	120	1.2	1.56	0.00	0.04	0.08	0.00	0.00	0.08	160	0.35	0.77	15.46	0.005	0.12	0.04	2.20	249.00	240.64	8.36
C2																							249.00	240.64	8.36
C2	43.81	0.00	0.80	0	40	120	1.2	1.56	0.00	0.04	0.08	0.00	0.00	0.08	160	0.30	0.71	14.31	0.006	0.13	0.04	1.88	249.00	240.64	8.36
C.Caída 12																							248.00	240.51	7.49
C.Caída 12	40.89	0.00	0.80	0	40	120	1.2	1.56	0.00	0.04	0.08	0.00	0.00	0.08	160	0.40	0.82	16.53	0.005	0.16	0.04	2.51	248.00	245.34	2.66
C30																							247.00	245.18	1.82
C30	40.62	0.58	0.80	0	40	120	1.2	1.56	0.00	0.04	0.08	0.06	0.03	0.17	160	0.30	0.71	14.31	0.012	0.12	0.04	1.88	247.00	245.14	1.86
C.Caída 13																							246.00	245.01	0.99
C.Caída 13	35.87	0.00	0.80	0	40	120	1.2	1.56	0.00	0.04	0.08	0.00	0.00	0.08	160	0.40	0.82	16.53	0.005	0.14	0.04	2.51	246.00	243.34	2.66
C8																							245.00	243.20	1.80
C8	55.78	0.62	0.80	25	65	120	1.2	1.56	0.03	0.07	0.14	0.06	0.03	0.23	160	0.30	0.71	14.31	0.016	0.17	0.04	1.88	245.00	243.16	1.84
C.Caída 14																							244.00	242.99	1.01
C.Caída 14	27.90	0.00	0.80	0	65	120	1.2	1.56	0.00	0.07	0.14	0.00	0.00	0.14	160	0.45	0.87	17.53	0.008	0.13	0.04	2.83	244.00	241.34	2.66
C34																							244.00	241.21	2.79
C34	45.71	0.30	0.80	35	100	120	1.2	1.56	0.04	0.11	0.21	0.03	0.01	0.25	160	0.30	0.71	14.31	0.018	0.14	0.04	1.88	244.00	241.17	2.83
C.Caída 15																							243.00	241.04	1.96
C.Caída 15	31.32	0.00	0.80	0	100	120	1.2	1.56	0.00	0.11	0.21	0.00	0.00	0.21	160	0.40	0.82	16.53	0.013	0.13	0.04	2.51	243.00	240.34	2.66
C12																							243.00	240.21	2.79
C12	54.01	0.35	0.80	25	125	120	1.2	1.56	0.03	0.14	0.26	0.04	0.02	0.31	160	0.20	0.58	11.69	0.027	0.11	0.04	1.26	243.00	240.17	2.83
C11																							243.00	240.07	2.93
C11	13.62	0.39	0.80	20	145	120	1.2	1.56	0.02	0.16	0.30	0.04	0.02	0.36	160	0.30	0.71	14.31	0.025	0.04	0.04	1.88	243.00	240.07	2.93
C.Caída 16																							242.00	240.03	1.97
C.Caída 16	33.99	0.00	0.80	0	145	120	1.2	1.56	0.00	0.16	0.30	0.00	0.00	0.30	160	0.30	0.71	14.31	0.021	0.10	0.04	1.88	242.00	239.34	2.66
C10																							242.00	239.24	2.76
C19																							244.00	241.34	2.66
C19	9.88	0.34	0.80	20	165	120	1.2	1.56	0.02	0.18	0.34	0.03	0.02	0.39	160	0.30	0.71	14.31	0.027	0.03	0.04	1.88	243.00	241.31	1.69
C.Caída 17																							243.00	240.34	2.66
C.Caída 17	18.00	0.00	0.80	0	165	120	1.2	1.56	0.00	0.18	0.34	0.00	0.00	0.34	160	0.55	0.96	19.38	0.018	0.10	0.04	3.45	243.00	240.20	2.80
C21																							243.00	240.20	2.80
C21	25.27	0.00	0.80	0	165	120	1.2	1.56	0.00	0.18	0.34	0.00	0.00	0.34	160	0.40	0.82	16.53	0.021	0.10	0.04	2.51	243.00	240.10	2.90
C24																							243.00	240.10	2.90

Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

Tabla 20: Diseño hidráulico de la red sanitaria (Parte III).

C24	27.18	0.00	0.80	0	165	120	1.2	1.56	0.00	0.18	0.34	0.00	0.00	0.34	160	0.40	0.82	16.53	0.021	0.11	0.04	2.51	243.00	240.10	2.90
C11																							243.00	239.99	3.01
C31	12.96	0.70	0.80	30	195	120	1.2	1.56	0.03	0.22	0.41	0.07	0.04	0.51	160	0.80	1.16	23.37	0.022	0.10	0.04	5.02	248.00	245.84	2.16
C.Caída 18																							247.00	245.74	1.26
C.Caída 18																							247.00	244.34	2.66
C.Caída 19	25.19	0.00	0.80	0	195	120	1.2	1.56	0.00	0.22	0.41	0.00	0.00	0.41	160	0.30	0.71	14.31	0.028	0.08	0.04	1.88	246.00	244.26	1.74
C.Caída 19																							246.00	243.34	2.66
C6	37.44	0.00	0.80	0	195	120	1.2	1.56	0.00	0.22	0.41	0.00	0.00	0.41	160	0.30	0.71	14.31	0.028	0.11	0.04	1.88	246.00	243.23	2.77
C6																							246.00	243.19	2.81
C.Caída 20	57.52	0.70	0.80	15	210	120	1.2	1.56	0.02	0.23	0.44	0.07	0.03	0.54	160	0.30	0.71	14.31	0.038	0.17	0.04	1.88	245.00	243.02	1.98
C.Caída 20																							245.00	242.34	2.66
C35	25.56	0.00	0.80	0	210	120	1.2	1.56	0.00	0.23	0.44	0.00	0.00	0.44	160	0.40	0.82	16.53	0.026	0.10	0.04	2.51	245.00	242.24	2.76
C35																							245.00	242.20	2.80
C.Caída 21	36.09	0.53	0.80	25	235	120	1.2	1.56	0.03	0.26	0.49	0.05	0.03	0.57	160	0.30	0.71	14.31	0.040	0.11	0.04	1.88	244.00	242.09	1.91
C.Caída 21																							244.00	241.34	2.66
C14	36.09	0.00	0.80	0	235	120	1.2	1.56	0.00	0.26	0.49	0.00	0.00	0.49	160	0.30	0.71	14.31	0.034	0.11	0.04	1.88	244.00	241.23	2.77
C14																							244.00	241.19	2.81
C.Caída 22	12.97	0.52	0.80	15	250	120	1.2	1.56	0.02	0.28	0.52	0.05	0.03	0.60	160	0.40	0.82	16.53	0.036	0.05	0.04	2.51	243.00	241.14	1.86
C.Caída 22																							243.00	240.34	2.66
C13	32.48	0.00	0.80	0	250	120	1.2	1.56	0.00	0.28	0.52	0.00	0.00	0.52	160	0.30	0.71	14.31	0.036	0.10	0.04	1.88	243.00	240.24	2.76
C13																							243.00	240.20	2.80
C12	45.35	0.35	0.80	20	270	120	1.2	1.56	0.02	0.30	0.56	0.03	0.02	0.61	160	0.30	0.71	14.31	0.043	0.14	0.04	1.88	243.00	240.07	2.93
C12																							243.00	240.07	2.93
C39	21.02	0.35	0.80	30	300	120	1.2	1.56	0.03	0.33	0.62	0.03	0.02	0.68	160	0.50	0.92	18.48	0.037	0.11	0.04	3.14	245.00	242.34	2.66
C.Caída 23																							244.00	242.23	1.77
C.Caída 23	40.91	0.00	0.80	0	300	120	1.2	1.56	0.00	0.33	0.62	0.00	0.00	0.62	160	0.30	0.71	14.31	0.044	0.12	0.04	1.88	244.00	241.34	2.66
C.Caída 24																							243.00	241.22	1.78
C.Caída 24	12.48	0.00	0.80	0	300	120	1.2	1.56	0.00	0.33	0.62	0.00	0.00	0.62	160	0.80	1.16	23.37	0.027	0.10	0.04	5.02	243.00	240.34	2.66
C13																							243.00	240.24	2.76

Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

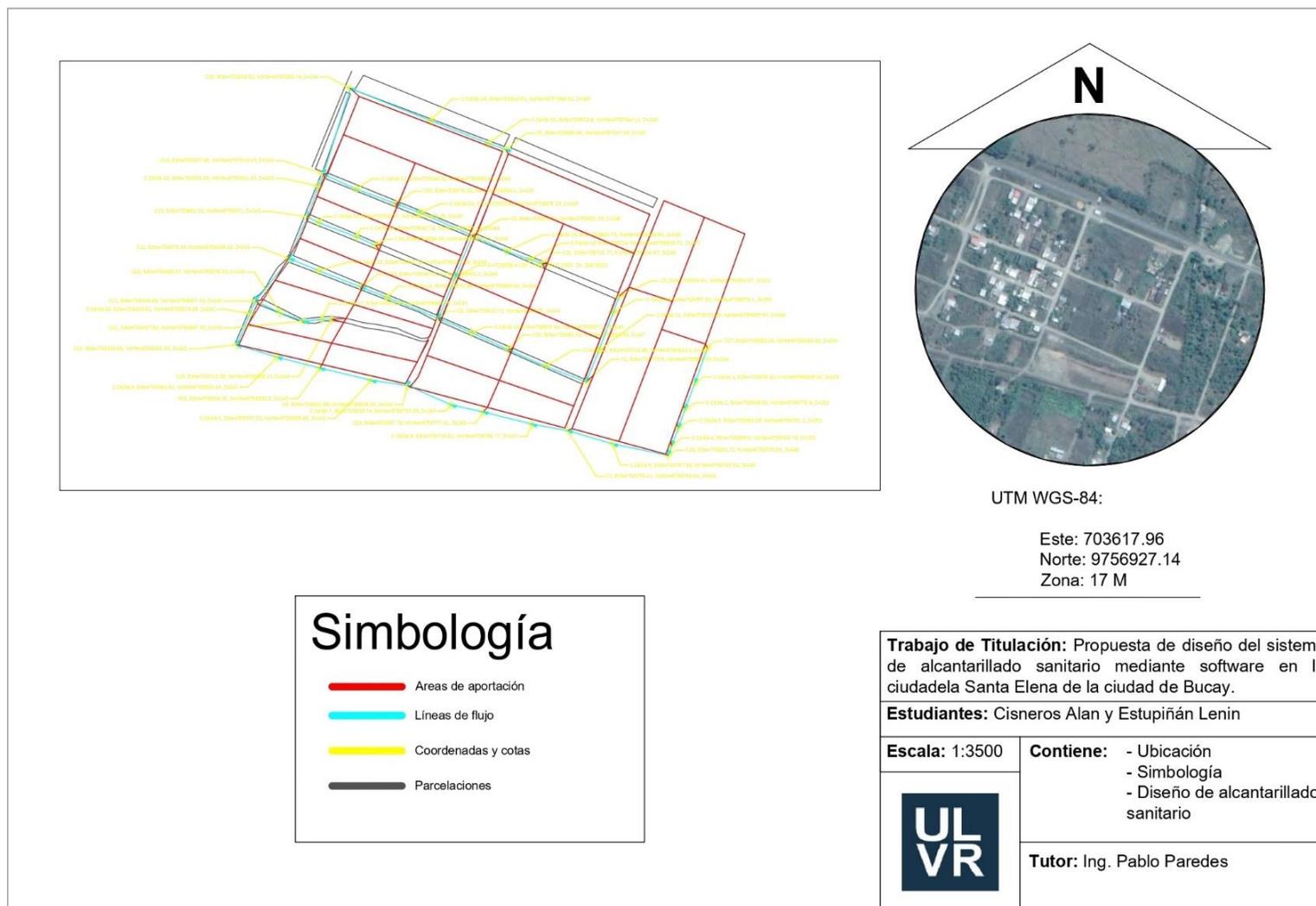
Tabla 21: Diseño hidráulico de la red sanitaria (Parte IV).

C5	18.96	0.65	0.80	5	305	120	1.2	1.56	0.01	0.34	0.63	0.07	0.03	0.73	160	0.55	0.96	19.38	0.038	0.10	0.04	3.45	247.00	244.34	2.66
C.Caida 25																							246.00	244.24	1.76
C.Caida 25	61.93	0.00	0.80	0	305	120	1.2	1.56	0.00	0.34	0.63	0.00	0.00	0.63	160	0.30	0.71	14.31	0.044	0.19	0.04	1.88	246.00	243.34	2.66
C.Caida 26																							245.00	243.15	1.85
C.Caida 26	86.58	0.00	0.80	0	305	120	1.2	1.56	0.00	0.34	0.63	0.00	0.00	0.63	160	0.30	0.71	14.31	0.044	0.26	0.04	1.88	245.00	242.34	2.66
C15																							244.00	242.08	1.92
C15																							244.00	242.04	1.96
C14	89.50	0.65	0.80	35	340	120	1.2	1.56	0.04	0.38	0.71	0.06	0.03	0.80	160	0.30	0.71	14.31	0.056	0.27	0.04	1.88	244.00	241.77	2.23

Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

### 4.1.4.2 Plano Cdma. Santa Elena de Bucay.

Ilustración 22: Plano topográfico Cdma. Santa Elena de Bucay.



Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

## 4.1.5 Costos

### 4.1.5.1 Presupuesto Referencial.

Tabla 22: Tabla de rubros y cantidades.

Presupuesto Referencial					
Codigo	Rubro	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
<b>Obra civil zanjas</b>					
001	Limpieza y desbroce manual	m2	2289.22	0.79	1810.17
002	Excavacion de zanjas a máquina	m3	5494.12	1.07	5881.66
003	Relleno y compactación de zanjas máquina	m3	8241.18	1.61	13233.74
<b>Construcción de pozos de inspección</b>					
004	Excavación a máquina H = 2.60 m	m3	458.64	1.14	523.07
005	Relleno y compactación material de sitio	m3	68.80	0.23	15.69
006	Hormigón f'c = 280 kg/cm2	m3	137.59	27.45	3776.59
<b>Construcción de cámaras de caída</b>					
008	Excavación a máquina H = 3.40 m	m3	305.76	1.14	348.72
009	Relleno y compactación material de sitio	m3	45.86	0.23	10.46
0010	Hormigón f'c = 280 kg/cm2	m3	91.73	33.45	3068.70
<b>Instalación tuberías de PVC</b>					
0011	Suministro tubería PVC DN = 200 mm	m	1907.68	1.66	3162.00
<b>Tapas de pozos y cámaras</b>					
0012	Suministro tapa de pozos DN = 1.20 m	g/b	39.00	28.89	1126.80
0013	Suministro tapa de cámaras DN = 1.20 m	g/b	26.00	28.89	751.20
				Subtotal	33708.81
				Costo indirecto (22%)	41124.74
				Total	74833.55
<b>Nota:</b>					
Son SETENTA Y CUATRO MIL OCHOCIENTOS TREINTA Y TRES CON CINCUENTA Y CINCO dólares de los Estados Unidos de América. Valores referenciales a fecha 06/febrero/2024. Precio no incluye I.V.A.					

Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

Los costos en la construcción son una parte fundamental del proceso de planificación y ejecución de cualquier proyecto de construcción, especialmente en proyectos de alto interés social como los de alcantarillado sanitario. Estos costos pueden variar significativamente según diversos factores, como el tamaño y la complejidad del proyecto, tamaño de la población, la ubicación geográfica en el sentido de su topografía, los materiales utilizados, la mano de obra requerida y los plazos de tiempo estipulados por contrato o muchas veces, por necesidades urgentes de la población afectada.

Algunos de los principales componentes del costo de implementación del diseño planteado incluyeron los siguientes criterios:

**4.1.5.1.1 Costos de Materiales.** Incluyen el costo de los materiales de construcción necesarios para llevar a cabo el proyecto, como cemento, acero, madera, vidrio, etc. Estos costos pueden variar según la disponibilidad y la demanda de los materiales en la región.

**4.1.5.1.2 Costos de Mano de Obra.** Representan el costo de contratar y pagar a los trabajadores que realizan la construcción, incluidos los salarios, los beneficios y otros gastos relacionados con el personal. Los costos de mano de obra pueden variar según la experiencia y la especialización de los trabajadores, así como las condiciones laborales locales.

**4.1.5.1.3 Costos de Equipos y Maquinaria.** Incluyen el costo de alquilar o comprar equipos y maquinaria necesarios para llevar a cabo el proyecto, como excavadoras, grúas, camiones, etc. Estos costos pueden variar según el tipo y la cantidad de equipo requerido, así como la duración del alquiler o la depreciación del equipo.

**4.1.5.1.4 Costos de permisos y licencias.** Incluyen los costos asociados con la obtención de permisos de construcción, licencias y otras aprobaciones regulatorias necesarias para llevar a cabo el proyecto de manera legal y segura.

**4.1.5.1.5 Costos de diseño y planificación.** Incluyen los honorarios pagados a arquitectos, ingenieros, diseñadores y otros profesionales involucrados en la planificación y el diseño del proyecto.

**4.1.5.1.6 Costos de gestión y supervisión.** Incluyen los costos asociados con la gestión y supervisión del proyecto, como honorarios de gerentes de proyecto, supervisores de obra, administradores y otros profesionales involucrados en la coordinación y ejecución del proyecto.

**4.1.5.1.7 Costos de Transporte y Logística.** Incluyen los costos asociados con el transporte de materiales, equipos y personal hacia y desde el sitio de construcción, así como otros costos logísticos relacionados con la gestión de la cadena de suministro del proyecto.

**4.1.5.1.8 Costos de contingencia.** Incluyen una reserva de fondos destinada a cubrir costos imprevistos o emergencias durante la construcción del proyecto, como cambios en el diseño, condiciones climáticas adversas o problemas de calidad.

## **4.2 Propuesta.**

### **4.2.2 Guía de Implementación de Mejoras**

Con el propósito de realizar una propuesta de mitigación de los problemas actuales de la Cdma. Santa Elena de Bucay, se elaboró una guía para mejorar el sistema de drenaje actual. Esta guía estuvo conformada por una una serie de

procedimientos enfocados en anomalías detectadas a través de los instrumentos de investigación.

**4.2.2.1 Construcción de Sumideros.** Las aguas lluvias ha sido de los factores intervinientes más críticos según lo expresado por lo moradores. El agua lluvia no solo ha afectado el drenaje sanitario sino también presentó problemas en las obras de distribución de agua potable. Así lo afirmaron los moradores durante el desarrollo de la observación guiada. En este sentido, es necesario que la ciudadela cuente con un adecuado sistema de drenaje pluvial para disminuir el nivel de afectación que se produce en épocas invernales.

Estos sumideros estarían dispuestos sobre las zonas más bajas de cada área de aportación y estarían conectadas a los pozos de inspección. Para ello también sería necesaria la implementación de badenes perimetrales a dichas áreas tributarias. De esta forma, se aprovecharía el sobredimensionamiento existente en el diámetro de diseño del actual sistema de drenaje, es decir, al combinar el caudal de agua residual con caudales de aguas lluvias se justificaría el valor del diámetro.

**4.2.2.2 Mejoramiento de los Pozos de Inspección.** Mejorar el estado de los pozos de inspección podría disminuir el nivel de infiltración presente en la red y disminuiría los colapsos por sobrecarga de la red. Para ello se recomienda el uso de morteros de reparación estructural junto con la renovación de piezas tales como las tapas de alcantarilla.

**4.2.2.3 Mantenimiento de la Red.** Se recomienda solicitar el mantenimiento de la red de manera formal al municipio a través del contacto con empresa pública correspondiente al servicio de alcantarillado sanitario. Este paso es importante y se constituiría desde antes de realizar el resto de las mejoras planteadas.

**4.2.2.4 Obra de Distribución de A.A.P.P.** Si bien es cierto, la red de agua potable no fue materia de estudio de este proyecto, se recomienda realizar una inspección de la obra de distribución para detectar anomalías. En tal sentido, una obra de impermeabilización del reservorio principal sería una obra de protección a largo plazo. Mientras, una inspección complementaria de los tramos de salida hacia la zona poblada sería otra de las recomendaciones en este apartado.

## CONCLUSIONES

- Se concluyó que los criterios principales de diseño permitieron dimensionar los colectores de la red de tal forma que se cumplieron los requisitos de caudal de aguas residuales. Estos criterios fueron población, área y pendientes. Estos tres parámetros fueron determinados en el estudio inicial gracias herramientas como Google Earth.
- El levantamiento topográfico mediante la herramienta digital Google Earth sí resultó factible y con un nivel de precisión aceptable puesto que, la pendiente es siempre un valor de cálculo indirecto y para ello, Google Earth brindó información de las elevaciones de terreno y distancias planimétricas para establecer los valores de cada tramo de tubería. Finalmente, para el diseño se requirieron de 3 herramientas digitales y un tiempo de diseño de alrededor de 1 semana, lo cual indicó que la eficiencia fue relativamente media.
- Con respecto al diseño realizado, este fue propuesto en atención a las necesidades de mejoramiento de la calidad de vida de la población. Los resultados de la encuesta permitieron identificar problemas y necesidades recurrentes que luego el diseño de la red de alcantarillado abordó de forma satisfactoria. Por lo que se concluyó que a través de los recursos técnicos se logró inducir la idea de que atender problemas como obstrucciones y sobrecarga de los sistemas de alcantarillado sanitario es un hecho factible y viable en lo financiero.
- Con respecto a las técnicas de investigación, se concluyó que tanto la técnica de observación como la encuesta brindaron datos muy importantes y se logró comprobar que ninguna sirve al 100% de forma independiente. Se complementaron al recolectar información que no se encontró en la aplicación por separado de cada una.
- Normalmente, ante las anomalías de un sistema relativamente antiguo, la recomendación suele pasar por el tema de renovación completa del mismo. Sin embargo, se concluyó que los recursos técnicos y el diagnóstico profundo han demostrado que sí se podrían resolver o paliar problemas actuales en pro de la calidad de los servicios básicos como el alcantarillado sanitario.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda la realización de más estudios de campo con instrumentos de alta precisión para el cálculo preciso de valores referenciales, de tal forma que se puedan planificar proyectos de diseño viables en el aspecto financiero para el sistema de alcantarillado definitivo de la ciudadela Santa Elena de Bucay.
- Es necesaria la indagación de campo mediante estadísticas de opinión para conocer de forma más profunda la situación real de los moradores. Cualquier diseño se basa en el establecimiento inicial de necesidades.
- Se recomienda la preasignación presupuestaria para trabajos de mantenimiento ya que en muchas ocasiones los sistemas no se dañan por obsolescencia sino por falta de mantenimiento.
- Se recomienda realizar una estimación precisa y detallada de todos estos costos durante la fase de planificación del proyecto para garantizar que se ajusten al presupuesto y se puedan gestionar de manera efectiva a lo largo del desarrollo del mismo.
- Se recomienda solicitar a la ilustre municipalidad del cantón Antonio Elizalde (Bucay) realizar la planificación requerida para la implementación de proyectos en la Cdla. Santa Elena y cuya propuesta de diseño esté adecuada a las necesidades de sus pobladores. Para ello, el presente proyecto se propone para ser tomado en consideración como parte de la línea base o antecedente teórico de cualquier anteproyecto formal a realizarse.

## BIBLIOGRAFIA

- Alban, J., y Espinoza, D. (2016). *DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL DE LA CALLE HERIBERTO AVELLÁN VERA DEL BARRIO SANTA MARTHA DE LA PARROQUIA CALCETA, CANTÓN BOLÍVAR*. Universidad Laica Eloy Alfaro.
- Alexeev, M., Baranov, L., y Ermolin, Y. (2020). Risk-based approach to evaluate the reliability of a city sewer network. *Agua y ecología: problemas y soluciones*, 83(3), 3-7. <https://doi.org/10.23968/2305-3488.2020.25.3.3-7>
- Alfaro, J., y Rodríguez, O. (2021). *Propuesta de diseño de un sistema de agua potable y alcantarillado sanitario para el Caserío El Progreso, aplicando fórmulas matemáticas y el uso del software Watergems y Sewergems*. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Alonso, F. (2018). *Sistemas de Información Geográfica*. Universidad de Murcia.
- Atienza, J., y Hernández, V. (2020). *Diseño de un sistema de alcantarillado y depuración de aguas residuales domésticas mediante humedales artificiales en la Comunidad Cotococha*. Universidad Estatal Amazónica.
- Cortez Quezada, M., y Maira Salcedo, M. P. (s.f.). *Desarrollo de instrumentos de evaluación: pautas de observación*. Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación México: <https://www.inee.edu.mx/wp-content/uploads/2019/08/P2A356.pdf>
- Cuello, G., Llanos, E., Garaffo, G., y Jaubet, M. (2019). Emisario submarino de Mar del Plata (Argentina): ¿Cómo impactó su construcción en la comunidad bentónica intermareal? *Ecología Austral*, 29(1), 001-163. <https://doi.org/https://doi.org/10.25260/EA.19.29.1.0.771>
- Fernández, C., López, N., y Juela, J. (2016). *Diseño de alcantarillados sanitario y pluvial y planta de tratamiento de aguas residuales, para la comunidad Metzankin del cantón Limón Indanza, provincia de Morona Santiago*. Universidad del Azuay.
- Ganesan, B., Raman, S., y Ramalingam, S. (2019). Vulnerability of sewer network – graph theoretic approach. *Desalination and Water Treatment (Desalination Publications)*, 196, 370-376. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.5004/DWT.2020.25744>
- Gobierno de Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador 2008*. Gobierno del Ecuador.
- Gobierno del Ecuador. (1989). *Ley Orgánica de Régimen Municipal*. Gobierno del Ecuador.

- Gómez, R., Palacios, L., y Sánchez, L. (2009). *Propuesta de planta de tratamiento para aguas residuales domésticas urbanas y ampliación del alcantarillado sanitario en zonas ubicadas al nor -- oriente del casco urbano en el municipio de Quezaltepeque, departamento de La Libertad*. Universidad de El Salvador.
- Guzmán, J., Charry, S., González, I., Peña, F. H., y Luna, A. (2020). Bayesian network-based methodology for selecting a cost-effective sewer asset management model. *Water Science and Technology (IWA Publishing)*, 81(11), 2422-2431. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.2166/WST.2020.299>
- Hernández, M. (2017). *Formulación técnica económicas financiera y social para el diseño y contrucción de una red de alcantarillados sanitario destinada a la recolección, evaluación y planta de tratamiento de agua residuales del area urbana del Municipio de Mateare para el año .* Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Interagua. (s.f.). *Normas y criterios de diseño para acueducto y alcantarillado en la ciudad de Santiago de Guayaquil*. Interagua: [https://www.interagua.com.ec/sites/default/files/2023-03/guia\\_del\\_procedimiento\\_para\\_la\\_obtencion\\_del\\_certificado\\_de\\_aprobacion\\_de\\_los\\_sistemas\\_de\\_tratamiento.docx.pdf](https://www.interagua.com.ec/sites/default/files/2023-03/guia_del_procedimiento_para_la_obtencion_del_certificado_de_aprobacion_de_los_sistemas_de_tratamiento.docx.pdf)
- Lara, H., y García, E. (2019). Prevalencia de enfermedades asociadas al uso de agua contaminada en el Valle del Mezquital. *Entreciencias: diálogos en la sociedad del conocimiento*, 7(21), 91-106. <https://doi.org/https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2019.21.69636>
- Lemus, I. (2016). *Diseño de sistema de drenaje sanitario en el Caserío El Cerro y Diseño de calles en la Colonia Los Álamos, San Miguel Petapa, Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- López., D., Jaramillo, E., y Pineda, A. (2020). Sistema de alcantarillado y aguas residuales en Guayaquil. *Holopraxis, Ciencia, Tecnología e Innovación*, 41(1), 82-94.
- Luviano Soto, I. (2015). *Revisión y determinación de los coeficientes de variación del caudal en alcantarillado sanitario para zonas rurales*. Biblioteca Virtual UMSNH: [http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB\\_UMICH/4713/FIQ-M-2015-1470.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/4713/FIQ-M-2015-1470.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Macías, J. (2022). *Diseño del sistema de alcantarillado Sanitario para el Sector 4 del Barrio Miraflores en la Parroquia Calceta del Cantón Bolívar, Provincia de Manabí*. Universidad Estatal del sur de Manabí.
- Malavé, W. (2015). *DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, PLUVIAL Y RED DOMICILIARIA DE AGUA POTABLE PARA UNA*

*LOTIZACION DE CIENTO CINCUENTA VIVIENDAS, EN LA COMUNA EL TAMBO - SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA.* Universidad Estatal Península de Santa Elena.

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, provincia del Guayas.* Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Ministerio del Ambiente. (2014). *REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA.* Ministerio del Ambiente.

Moayad, D., Al-Ajamee, M., Tarig, M., y Elnour, R. (2021). Towards resilient municipal wastewater sewerage systems in khartoum: A surcharged flow measurement device. *Materials Today: Proceedings*, 52(3), 986-992.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.10.463>

Montenegro, H. (2018). *Diseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario, con una propuesta de tratamiento, para la comuna Puerto La Boca, Cantón Jipijapa.* Universidad Estatal del Sur de Manabí.

Moreno, J. (2020). LOS RETOS DEL ACCESO A AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO DE LAS ZONAS RURALES EN COLOMBIA. *Revista de ingeniería*, 49(1), 28-37.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.16924/revinge.49.5>

Muguirra, A. (s.f.). *Muestreo aleatorio simple: ¿Qué es y cómo realizarlo?*  
QuestionPro: <https://questionpro.com/blog/es/muestreo-aleatorio-simple/>

Municipalidad de Bucay. (s.f.). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón General Antonio Elizalde (Bucay).* Sistema Nacional del Información:  
[https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/0960001620001\\_PDYOT%20DOCUMENTO%20FINAL\\_11-04-2016\\_15-22-06.pdf](https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0960001620001_PDYOT%20DOCUMENTO%20FINAL_11-04-2016_15-22-06.pdf)

Ohlin, A. (2021). *Infiltration and inflow to wastewater sewer systems - A literature review on risk management and decision support.* Chambers University of Technology.

Palma Quijije, M. C., Reyes Pin, L. M., Sánchez Rodríguez, V. E., & Lucio Villacreses, L. F. (2021). *Problemas percibidos en Jipijapa debido al estado actual del alcantarillado sanitario.* Revist:  
<https://revistas.unesum.edu.ec/index.php/unesumciencias/article/view/274>

- PDOT - Bucay. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón General Antonio Elizalde - 2020 - 2023*. General Antonio Elizalde ( Bucay): GAD Municipal de General Antonio Elizalde ( Bucay).
- Pozo, L. (2023). Canales de saneamiento como sistemas de transporte, evacuación y mejora de la calidad de las aguas negras. *UNIRIOJA*, 5(1), 23-30.
- Saldarriaga, J., Zambrano, J. H., y Iglesias, P. (2021). Layout Selection for an Optimal Sewer Network Design Based on Land Topography, Streets Network Topology, and Inflows. *Water (Multidisciplinary Digital Publishing Institute)*, 13(18), 1-20. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/>
- Servicio de Agricultura y Ganadería. (s.f.). *Ver coordenadas en Google Earth*. Ministerio de Agricultura de Chile: <https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/ver%20coordenadas.pdf>
- Shiyekar, S. (2017). Analyze and Design of Sewer System in Randal Village as a Case Study. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 5(4), 887-891. <https://doi.org/http://doi.org/10.22214/ijraset.2017.4162>
- Sojobi, A., y 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/https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111609>
- Valdivia, R., Ileana, M., Nuñez, M., y Francois, C. (2019). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para los barrios San Ramón y Concepción de María de Somoto, departamento de Madriz*. Repositorio Centroamericano SIIDCA-CSUCA.
- Van Bijnen, J. (2018). *The impact of sewer condition on the performance of sewer systems*. Delft University of Technology.
- Zuñiga, C., y Burgos, R. (2020). Alcantarillado sanitario y pluvial y su incidencia en la salud de la población de la ciudad de Milagro. *Revista Mapa*, 2(18), 11-25. <https://doi.org/https://orcid.org/0000-0003-2639-2359>

## ANEXOS

### ANEXO 1

Ilustración 23: Código ANX001.



Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

## ANEXO 2

Ilustración 24: Código ANX002.



Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

### ANEXO 3

Ilustración 25: Código ANX003.



Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

## ANEXO 4

Ilustración 26: Código ANX004.



Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

## ANEXO 5

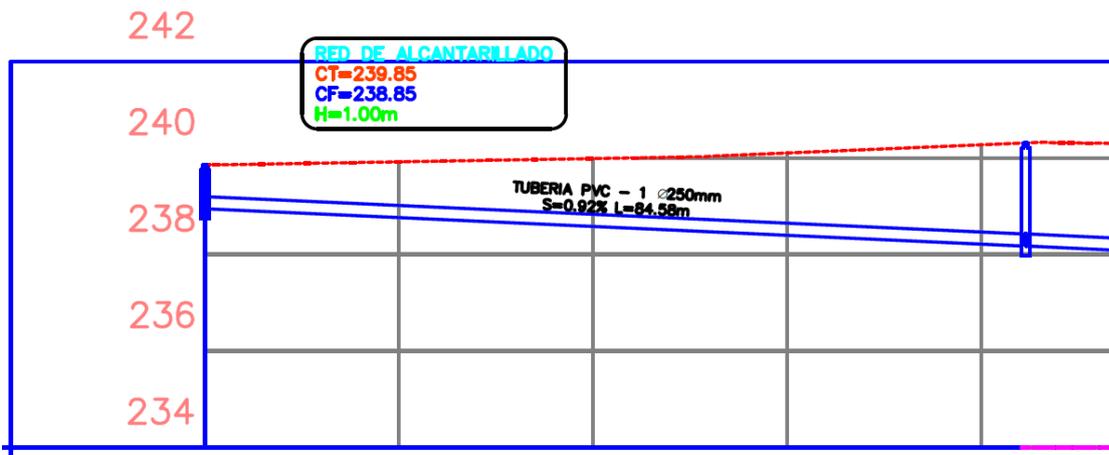
Ilustración 27: Código ANX005.



Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

## ANEXO 6

Ilustración 28: Código ANX006



Fuente: GAD Municipal del Cantón Antonio Elizalde (2024).

Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

## ANEXO 7

Ilustración 29: Código ANX007.



Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

## ANEXO 8

Ilustración 30: Código ANX008.



Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

## ANEXO 9

Ilustración 31: Código ANX009.



Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

## ANEXO 10

Ilustración 32: Código ANX010



Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).

## ANEXO 11

Ilustración 33: Código ANX011.



Elaborado por: Cisneros, A. & Estupiñán, L. (2024).