



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**Evaluación del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial en la ciudadela
Imbabura del cantón Marcabelí**

**CEFERINO MENA EMELY NORMA
INGENIERA CIVIL**

**UCHUARI AGUIRRE GISSELA ANAIS
INGENIERA CIVIL**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**Evaluación del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial en la
ciudadela Imbabura del cantón Marcabelí**

**CEFERINO MENA EMELY NORMA
INGENIERA CIVIL**

**UCHUARI AGUIRRE GISSELA ANAIS
INGENIERA CIVIL**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTOS TÉCNICOS

**Evaluación del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial en la
ciudadela Imbabura del cantón Marcabelí**

**CEFERINO MENA EMELY NORMA
INGENIERA CIVIL**

**UCHUARI AGUIRRE GISSELA ANAIS
INGENIERA CIVIL**

ESPINOZA URGILES FREDDY LEONARDO

**MACHALA
2024**

Tesis completa

1%
Textos sospechosos



1% Similitudes

< 1% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas

0% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: Tesis completa.pdf
ID del documento: 585926492fb427b39f55568432b153892cdbe24e
Tamaño del documento original: 1,43 MB
Autores: Gissela Uchuari, Emely Ceferino

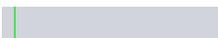
Depositante: FREDDY LEONARDO ESPINOZA URGILES
Fecha de depósito: 7/2/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 7/2/2025

Número de palabras: 14.743
Número de caracteres: 95.848

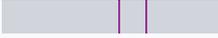
Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 dspace.ups.edu.ec https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23002/1/UPS - TTS854.pdf 4 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (61 palabras)
2	 repositorio.utmachala.edu.ec https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/13778/1/ECUAIC-2019-ICI-DE00008.pdf 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (44 palabras)
3	 dspace.unl.edu.ec "DESARROLLO DE SOFTWARE EDUCATIVO COMO APOYO DIDÁC..." http://dspace.unl.edu.ec/bitstream/123456789/4266/1/HERRERA CALDERÓN AMPARITO DEL CAR... 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (52 palabras)
4	 dialnet.unirioja.es https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7364562.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (33 palabras)
5	 Documento de otro usuario #424dbd El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (32 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 1library.co DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL https://1library.co/article/diseño-de-la-red-de-alcantarillado-pluvial.zx5w95dq#:~:text=Por otra p...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (37 palabras)
2	 www.loja.gob.ec https://www.loja.gob.ec/files/image/dependencias/RegeneraionUrbana/memoria_de_diseño_plu...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (30 palabras)
3	 repositorio.ug.edu.ec http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/reduq/67955/4/BMAT-S 193-2023-Ing. CIVIL - GUAYANAY V...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (30 palabras)
4	 repositorio.espe.edu.ec Diseño del sistema de alcantarillado pluvial para la parroq... http://repositorio.espe.edu.ec:8080/bitstream/21000/23361/5/T-ESPE-044108.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (25 palabras)
5	 Documento de otro usuario #031349 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (22 palabras)

Fuente ignorada Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 marcabeli.gob.ec https://marcabeli.gob.ec/es/transparencia/pdot-y-pugs-2020.html?task=download.send&id=2157...	8%		Palabras idénticas: 8% (1306 palabras)

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Las que suscriben, CEFERINO MENA EMELY NORMA Y GISSELA ANAIS UCHUARI AGUIRRE, en calidad de autoras del siguiente trabajo escrito titulado **EVALUACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN LA CIUDADELA IMBABURA EN EL CANTÓN MARCABELÍ**, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Las autoras declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que él asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 17 de marzo de 2025



Emely Norma Ceferino Mena
0705947075



Gissela Anais Uchuari Aguirre
0704562420

DEDICATORIA

A mis padres, por su amor, esfuerzo y apoyo incondicional, fuente de mi inspiración. A mi familia, por su confianza y aliento en cada desafío. A los amigos y compañeros, cuya compañía hizo este camino más llevadero. Y a todas las personas que contribuyeron a esta formación. Gracias por ser parte de este logro.

Emely Norma Ceferino Mena

Quiero agradecer primeramente a Dios, por darme fortaleza y permitirme culminar esta etapa de mi vida. A mi familia por ser mi apoyo fundamental a lo largo de estos años, y a todas las personas que de una u otra manera han hecho este sueño realidad.

Gissela Anais Uchuari Aguirre

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, expresamos nuestra más profunda gratitud a Dios, quien nos ha concedido el conocimiento, la sabiduría y la fortaleza para culminar con éxito nuestra formación en Ingeniería Civil. A nuestros familiares y amigos, gracias por su apoyo incondicional en los momentos difíciles, sus consejos y su amor inquebrantable. A la Universidad Técnica de Machala, y en especial a la Facultad de Ingeniería Civil, junto a su equipo de docentes, por compartir su conocimiento y contribuir significativamente a nuestra formación profesional. Un agradecimiento especial al Ing. Freddy Espinoza, por su ayuda y participación activa en el desarrollo de este proyecto, por su apoyo y confianza en nuestro trabajo.

Gissela Anais Uchuari Aguirre

Emely Norma Ceferino Mena

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo desarrollar un sistema integral de evaluación para optimizar la gestión de infraestructuras sanitarias, mejorando la eficiencia operativa y garantizando la durabilidad del sistema. Se emplearon metodologías propuestas por Mera Ruiz (2021) y Saltos Sánchez (2018), centradas en la evaluación de redes de alcantarillado. Los resultados revelaron deficiencias significativas en la capacidad hidráulica y el estado estructural del sistema, evidenciando limitaciones en su operatividad y sostenibilidad. Se identificó que todos los pozos de revisión presentan daños, con tapas fusionadas a la superficie, dificultando su acceso y mantenimiento. Aunque las cajas de revisión domiciliaria están en mejor estado, la red en su conjunto muestra problemas de diseño y sobrecarga hidráulica, lo que la hace vulnerable a inundaciones y deterioro. Además, gran parte de la red no cumple con los diámetros mínimos requeridos, afectando su eficiencia operativa. Las proyecciones poblacionales indicaron un crecimiento significativo, lo que refuerza la necesidad de intervenciones adicionales para mejorar el sistema, especialmente en tramos críticos que aún no cumplen con las condiciones mínimas de pendiente y velocidad.

Palabras clave: evaluación, gestión, infraestructuras sanitarias, capacidad hidráulica, sostenibilidad, operatividad.

ABSTRACT

The objective of this research is to develop a comprehensive evaluation system to optimize the management of healthcare infrastructures, improving operational efficiency and guaranteeing the durability of the system. Methodologies proposed by Mera Ruiz (2021) and Saltos Sánchez (2018) were used, focused on the evaluation of sewer networks. The results revealed significant deficiencies in the hydraulic capacity and structural state of the system, evidencing limitations in its operability and sustainability. It was identified that all the inspection wells are damaged, with covers fused to the surface, making access and maintenance difficult. Although the home inspection boxes are in better condition, the network as a whole shows design problems and hydraulic overload, which makes it vulnerable to flooding and deterioration. Furthermore, a large part of the network does not comply with the minimum required diameters, affecting its operational efficiency. Population projections indicated significant growth, reinforcing the need for additional interventions to improve the system, especially in critical sections that do not yet meet minimum slope and speed conditions.

Keywords: evaluation, management, health infrastructure, hydraulic capacity, sustainability, operability.

INDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	4
INDICE.....	3
INDICE DE TABLAS	8
INDICE DE FIGURAS	9
INDICE DE ANEXOS	10
INTRODUCCIÓN.....	11
1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1.1. Antecedentes.....	12
1.1.2. Clima.....	13
1.1.3. Riesgo hidrológico.....	14
1.1.3.1. Precipitación	14
1.1.3.2. Inundaciones	16
1.1.4. Alcantarillado.....	17
1.1.5. Cobertura de alcantarillado en el área urbana y rural	18
1.1.6. Descripción de la situación problemática (Causas y Efectos)	19
1.1.7. Formulación del problema.....	20
1.1.8. Delimitación del objeto de estudio	21
1.1.9. Justificación	22
1.1.10. Objetivo: general y específicos.....	23
1.1.10.1. Objetivo general.....	23
1.1.10.2. Objetivos específicos.....	23
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	24
2.1.1. MACRO:.....	24
2.1.2. MESO:	25
2.1.3. MICRO:	25
2.2.1. Importancia de los servicios básicos.....	27
2.2.2. Importancia de los servicios básicos en la comunidad	27
2.2.3. Sistemas de alcantarillado.....	27
2.2.4. Alcantarillado sanitario.....	28
2.2.5. Características del Sistema de Alcantarillado.....	28
2.2.6. Alcantarillado pluvial	29
2.2.7. Alcantarillado combinado.....	29
2.2.8. Red Colectora	29

2.2.9.	Sistema de Saneamiento	29
2.2.10.	Caudal Máximo en un sistema de alcantarillado	30
2.2.11.	Pozo de inspección.....	30
2.2.12.	Autolimpieza.....	30
2.2.13.	Rugosidad	30
2.2.14.	Tuberías	30
2.2.15.	Hidrología	31
2.2.16.	(IDF) Intensidad – Duración – Frecuencia	31
2.2.17.	Tasa de infiltración	31
2.2.18.	Crecimiento Poblacional.....	31
2.2.19.	Periodo de Retorno	32
2.2.20.	Deslaves	32
2.2.21.	Evaluación del sistema de alcantarillado	32
3.	CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	33
3.1.	Modalidad básica de la investigación	33
3.2.	Tipo de investigación (Documental, De campo, experimental).....	33
3.3.	Descripción de la población y muestra	33
3.4.	Métodos teóricos o empíricos con los materiales utilizados.....	34
4.	CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS ...	43
4.1.	Encuesta	43
4.2.	Análisis del estado de los elementos presentes en el sistema de alcantarillado	50
4.2.1.	Reconocimiento de campo.....	51
4.3.	Evaluación de las condiciones actuales.....	51
4.3.1.	Profundidad y diseño de las tuberías	51
4.3.2.	Diámetros mínimos.....	52
4.3.3.	Población	52
4.3.4.	Dotación de Agua	53
4.3.5.	Coeficiente de Retorno	53
4.3.6.	Caudal de diseño sanitario	53
4.3.7.	Caudal de diseño pluvial.....	54
4.4.	Caudal del sistema combinado	55
4.5.	Análisis del Sistema de Alcantarillado en Horizontes de Diseño de 5 años a 30 años	57
4.5.1.	Análisis a 5 años	58
4.5.2.	Análisis a 10 años	59
4.5.3.	Análisis a 15 años	61
4.5.4.	Análisis a 20 años	63

4.5.5.	Análisis a 25 años	65
4.5.6.	Análisis a 30 años	67
4.6.	Propuesta de rediseño.....	69
4.6.1.	Propuesta sistema sanitario.....	69
4.6.2.	Propuesta sistema pluvial.....	72
5.	CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
5.1.	Conclusiones	74
5.2.	Recomendaciones.....	75
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	76
	ANEXOS	82
3.	Fotografías.....	82
4.	Encuestas.....	85
5.	Planilla de calculo	87

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Tasa de crecimiento intercensal por parroquia</i>	12
Tabla 2. <i>Distribución de la población censal por parroquia</i>	13
Tabla 3. <i>Áreas propensas a inundaciones</i>	16
Tabla 4. <i>Cobertura del sistema de alcantarillado</i>	18
Tabla 5. <i>Metodología</i>	34
Tabla 6: <i>Diámetro mínimo</i>	36
Tabla 7. <i>Dotación media futura</i>	37
Tabla 8. <i>Tipo de zona</i>	38
Tabla 9. <i>Intensidad, Duración, Frecuencia</i>	39
Tabla 11. <i>Coefficiente de Rugosidad</i>	40
Tabla 12. <i>Velocidad del líquido en colectores</i>	40
Tabla 13. <i>Población</i>	53
Tabla 14. <i>Contribución de aguas residuales(actual)</i>	54
Tabla 15. <i>Caudal de diseño(actual)</i>	54
Tabla 16. <i>Intensidad, Duración, Frecuencia</i>	55
Tabla 17. <i>Condición actual del sistema de alcantarillado</i>	56
Tabla 18. <i>Evaluación a 5 años</i>	58
Tabla 19. <i>Evaluación a 10 años</i>	60
Tabla 20. <i>Evaluación a 15 años</i>	62
Tabla 21. <i>Evaluación a 20 años</i>	64
Tabla 22. <i>Evaluación a 25 años</i>	66
Tabla 23. <i>Evaluación a 30 años</i>	68
Tabla 24. <i>Contribución de aguas residuales (Rediseño)</i>	70
Tabla 25. <i>Caudal de diseño (Rediseño)</i>	71
Tabla 26. <i>Presupuesto Referencial Sistema Sanitario</i>	71
Tabla 27. <i>IDF</i>	72
Tabla 28. <i>Presupuesto Referencial Sistema Pluvial</i>	73

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Temperatura Fuente</i>	14
Figura 2. <i>Precipitación</i>	15
Figura 3. <i>Amenaza de inundaciones</i>	17
Figura 4. <i>Alcantarillado por sectores censales</i>	19
Figura 5. <i>Árbol de problemas</i>	20
Figura 6. <i>Cantón Marcabelí</i>	21
Figura 7. <i>Características de las Aguas Residuales</i>	28
Figura 8. <i>Metodología</i>	35
Figura 9. <i>Tiempo de residencia</i>	43
Figura 10. <i>Habitantes por vivienda</i>	44
Figura 11. <i>Distribución de viviendas (a)</i>	44
Figura 12. <i>Distribución de viviendas (b)</i>	45
Figura 13. <i>Acceso a alcantarillado</i>	46
Figura 14. <i>Aguas lluvias</i>	46
Figura 15. <i>Condiciones del alcantarillado</i>	47
Figura 16. <i>Mantenimiento de alcantarillado</i>	48
Figura 17. <i>Aguas pluviales</i>	49
Figura 18. <i>Inundaciones</i>	49
Figura 19. <i>Condición de desagües</i>	50
Figura 20. <i>Pozo de Revisión</i>	51
Figura 21. <i>Diámetros existentes</i>	52
Figura 22. <i>Curva IDF</i>	¡Error! Marcador no definido.
Figura 23. <i>Capacidad de tuberías (5 años)</i>	59
Figura 24. <i>Capacidad de tuberías (10 años)</i>	61
Figura 25. <i>Capacidad de tuberías (15 años)</i>	63
Figura 26. <i>Capacidad de tuberías (20 años)</i>	65
Figura 27. <i>Capacidad de tuberías (25 años)</i>	67
Figura 28. <i>Capacidad de tuberías (30 años)</i>	69

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1.....	82
Anexo 2.....	82
Anexo 3.....	83
Anexo 4.....	83
Anexo 5.....	84
Anexo 1. Condición actual del sistema de alcantarillado	87
Anexo 2. Evaluación alcantarillado T=5años	89
Anexo 3. Evaluación alcantarillado T=10 años	91
Anexo 4. Evaluación alcantarillado T=15 años	93
Anexo 5. Evaluación alcantarillado T=20 años	95
Anexo 6. Evaluación alcantarillado T=25 años	98
Anexo 7. Evaluación alcantarillado T=30 años	100
Anexo 8. Alcantarillado Sanitario	102
Anexo 9. Alcantarillado Pluvial.....	104

INTRODUCCIÓN

Importancia del tema

El diseño adecuado de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial es clave para la salud pública, la sostenibilidad y la calidad de vida en las ciudades. En Ecuador, aspectos como la infraestructura ineficiente generan problemas ambientales y urbanos. En el cantón Marcabelí, se han identificado factores como la falta de mantenimiento y la acumulación de sedimentos que afectan el funcionamiento del sistema, por lo que este estudio busca evaluar las condiciones de las redes existentes y proponer mejoras que permitan un servicio óptimo y sostenible ante la creciente demanda de la comunidad.

Actualidad de la problemática

En Ecuador la deficiencia en los sistemas de alcantarillado representa un riesgo para la comunidad. En el cantón Marcabelí, la red se encuentra deteriorada y en riesgo de colapso, agravado por la acumulación de sedimentos arrastrados por las lluvias. Esta situación no solo afecta la calidad de vida de los habitantes, sino que también genera costos adicionales de mantenimiento. Es fundamental proponer medidas que mejoren la infraestructura y optimizar su gestión para garantizar un servicio eficiente y sostenible para la comunidad.

Estructura del trabajo

Este estudio sobre el sistema de alcantarillado en el cantón Marcabelí se organiza en cuatro capítulos. El primero establece la base del proyecto, describiendo la problemática, el objeto de estudio, la justificación y los objetivos. El segundo capítulo ofrece un contexto amplio, analizando antecedentes a nivel mundial, latinoamericano, nacional y provincial, además de incluir conceptos clave para una mejor comprensión del tema. En el tercer capítulo se detalla la metodología utilizada, describiendo el tipo de investigación, el censo poblacional y los cálculos proyectados para la red de alcantarillado. Finalmente, el cuarto capítulo analiza los resultados obtenidos y propone mejoras para optimizar el sistema de alcantarillado sanitario en el cantón. Las conclusiones y recomendaciones finales se presentan en función de los objetivos planteados, con el propósito de aportar soluciones sostenibles y eficaces que garanticen un mejor servicio para la comunidad y su crecimiento futuro.

CAPÍTULO I:

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes (Línea base del proyecto)

La población del cantón Marcabelí es de 6870 personas y representa en el periodo censal 2001-2010 una curva de crecimiento de 520 habitantes; esto indica que en el caso de Marcabelí crece; mientras que, la parroquia El Ingenio decrece. Sin embargo, la diferencia fundamental es el tamaño poblacional de la parroquia. Marcabelí concentra en el año 2010 el 95.38% de la población cantonal; si las condiciones actuales se mantienen en el año 2030 representara el 97.79% de la población cantonal. En términos cuantitativos demográficas el peso específico del cantón Marcabelí respecto a la población provincial (600 659 habitantes) es poco representativa alcanzando apenas el 0.90% de la población provincial (GAD MARCABELÍ, 2020).

Tabla 1. *Tasa de crecimiento intercensal por parroquia*

PARROQUIA	TASA DE CRECIMIENTO INTERCENSAL (%)
Marcabelí	0.013
El Ingenio	-0.023
Total	0.011

Fuente. INEC 2010.

Es evidente desde el punto de vista demográfico el desequilibrio existente en el territorio, el cual de acuerdo con las tendencias se ira profundizando para el año 2030, la población urbana de Marcabelí representará el 97.70% de la población cantonal, espacio que por sus características es atractor y concentrador de población. En cuanto a la distribución de la población entre las áreas urbanas y rurales del cantón, se presenta una población mayoritariamente urbana, de acuerdo con el Censo 2010 un 69.78% de la población vive en áreas urbanas; de los cuales el 96.82% (2682 habitantes) se concentran en la cabecera cantonal. El 92.05% (5198 habitantes) de la población rural se emplazan en la circunscripción territorial de la parroquia Mirabelli; mientras que apenas 252 habitantes se emplazan en suelo rural de la parroquia el Ingenio; que representa el 7.95% de la población rural cantonal (GAD MARCABELÍ, 2020).

Tabla 2. *Distribución de la población censal por parroquia*

Parroquia	Censo 1990	%	Censo 2001	%	Censo 2010	%	Censo 2022	%
Marcabelí	4459	91.20	4620	93.71	5198	95.38	6580	98.70
El Ingenio	430	8.80	310	6.29	252	4.62	200	1.30
Total	4889	100	4930	100	5450	100	6780	100

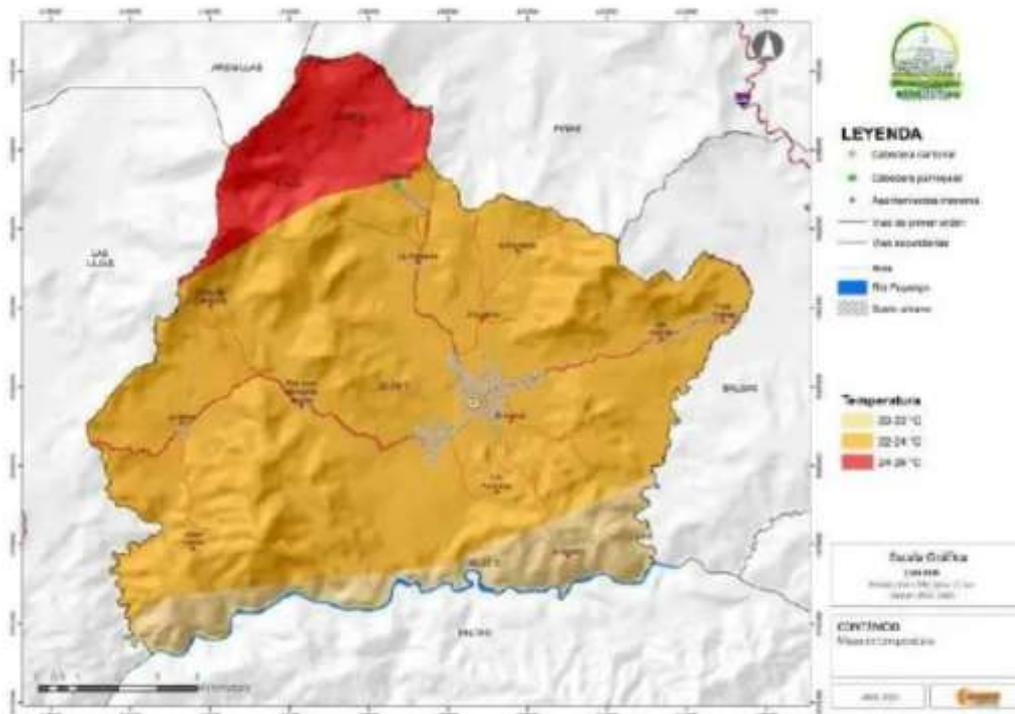
Fuente. INEC 2010.

1.1.1 Clima

El clima presente en el territorio ecuatoriano se ve influenciado por diversos factores como la ubicación, presencia de vida vegetal, brisas de viento, corrientes marinas, altura del terreno, geomorfología de la zona e incluso las prácticas de las personas que lo habitan.

El cantón Marcabelí es parte de la región natural del Litoral, se encuentra en las estribaciones suroccidentales de la cordillera de los Andes por lo cual tiene un clima tropical interandino, caracterizado por sus temperaturas cálidas, precipitaciones medias y humedad. Se distinguen claramente dos estaciones al año, invierno y verano. El invierno se inicia en diciembre y termina en mayo, con un clima cálido y húmedo, con fuertes lluvias. El verano comienza en mayo y termina en los primeros días de diciembre, en esta temporada el clima es templado y saludable. En general, se expresa el clima como cálido seco. Las temperaturas en el cantón varían desde los 20 grados Celsius hasta los 26 grados en promedio en las zonas más calientes. Las zonas más frías se encuentran en el límite con la provincia de Loja, que se hallan más cercanas a la región sierra. Las zonas que se encuentran más hacia la costa, como lo es la parroquia El Ingenio presentan las temperaturas más altas en promedio, entre 24 y 26 grados Celsius, como se muestra a continuación en la figura 1.

Figura 1. Temperatura Fuente



Fuente. PDOT 2015

En esta figura se puede observar que gran parte del territorio cantonal presenta una temperatura media entre los 22 y 24 grados Celsius. En el mapa se puede observar 3 zonas de temperatura diferente. La primera de 20 a 22 grados, la segunda y más representativa de todo el cantón de 22 a 24 grados y la última, que presenta el rango de temperatura más alto que es en la zona norte del cantón con temperaturas entre 24 y 26 grados Celsius (GAD MARCABELI, 2020).

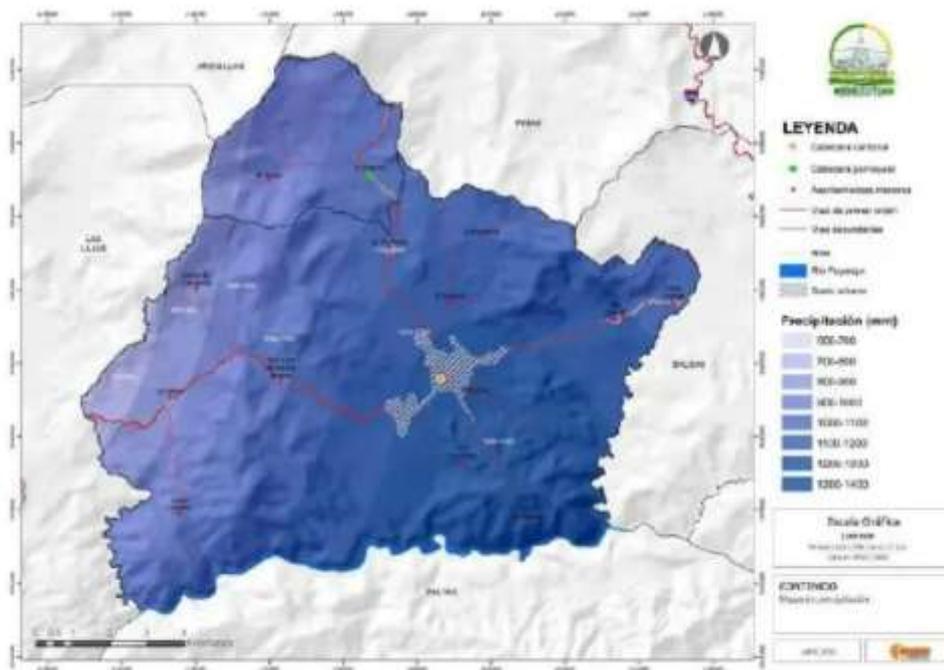
1.1.2 Riesgo hidrológico

1.1.2.1 Precipitación

Al analizar la precipitación media anual que se presenta en el cantón Marcabellí, se puede observar que la misma fluctúa entre 1000 milímetros de precipitación anual, hasta los 1750 milímetros. En la zona de estudio, existe deficiencia de información procedente de estaciones meteorológicas, los anuarios públicos del instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) se encuentran publicados de los años 2011, 2012, y 2013 es el último año de publicación. La estación meteorológica más cerca al área de estudio es la estación M0180 Zaruma, la misma que refleja la siguiente información acerca de precipitación; pese a que para el año 2012, no se presentan datos de precipitación en la

estación meteorológica analizada, se puede observar que a partir del mes de diciembre empieza la época lluviosa, la cual se extiende hasta el mes de abril con precipitaciones superiores al promedio anual. A partir del mes de mayo hasta el mes de noviembre la lluvia en el sector disminuye significativamente. En el año 2011 se presentaron 193 días lluviosos, mientras que para el año 2013 se presenciaron 204 días de lluvia en el sector de la estación meteorológica. No se toma en cuenta el año 2012 debido a la falta de información para ese año. En la figura 2 se puede observar la dispersión de la precipitación en todo el territorio cantonal, se observa que las zonas surorientales son donde existe mayor precipitación. La zona occidental del cantón presenta una precipitación menor al resto, los sectores de Villa Seca, La Aldea, Cristo del Consuelo alcanzando promedios de 600 milímetros de lluvia al año. Por correspondencia el análisis del clima, en especial a la precipitación, viene consigo la materia de riesgos naturales en lo concerniente a inundaciones, movimientos en masa, desborde de ríos y quebradas y arrastre de materiales (GAD MARCABELI, 2020).

Figura 2. Precipitación



Fuente. PDOT 2015.

1.1.2.2 Inundaciones

Las inundaciones son el anegamiento o cubrimiento total o parcial de una superficie del terreno por agua. Como se habló anteriormente el cantón Marcabelí tiene meses muy marcados en los cuales aumenta la pluviosidad y empieza la ocurrencia de algunos desastres naturales como por ejemplo los escurrimientos de aguas, deslizamientos de tierras, entre otros. De acuerdo con el plan de ordenamiento territorial se desconoce que hayan existido inundaciones que han afectado la cabecera cantonal y parroquial desde 50 años atrás, lo que ha existido antes cuando no eran las calles asfaltadas era coladas de barro (deslizamiento viscoso de una masa a favor de la pendiente que aparece constituido generalmente por sedimentos de granulometría muy fina(arcillas) saturados en agua.) en pequeñas cantidades.

Tabla 3. *Áreas propensas a inundaciones*

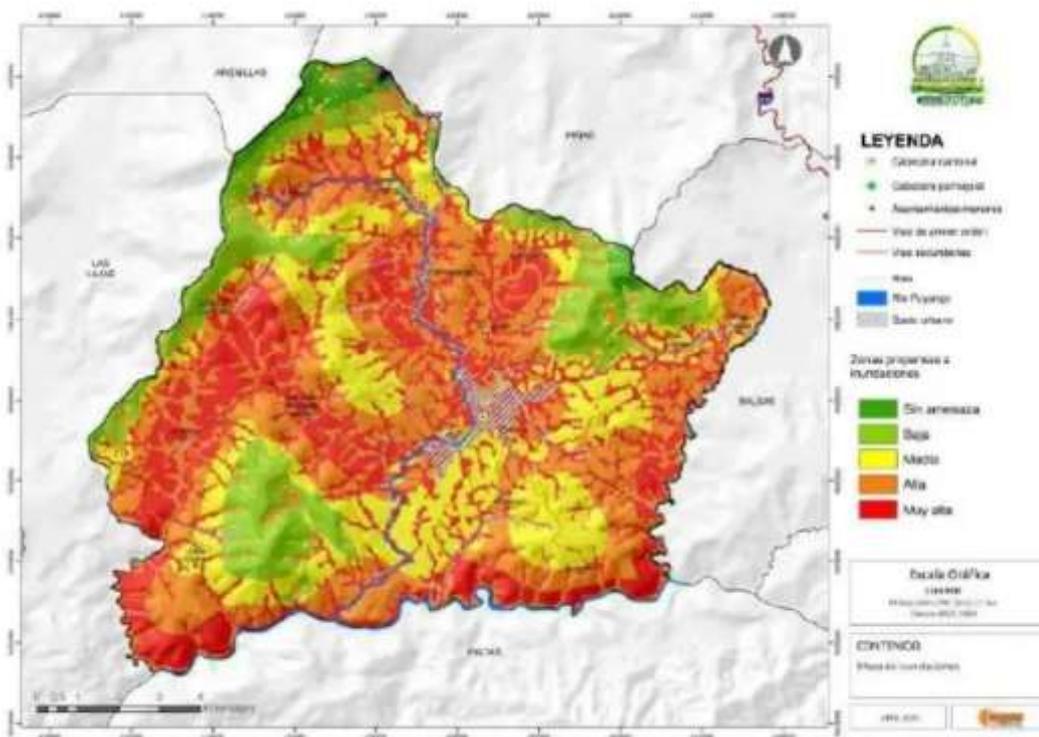
ETIQUETAS DE FILA	ÁREA (HA)	%
Nula	385.45	2.61
Baja	1809.09	12.24
Media	3223.9	21.8
Alta	5002.12	33.83
Muy alta	4364.82	29.52
Total	14785.37	100

Fuente. SNGRE 2011.

En el cuadro anterior se observa que aproximadamente el 37% del territorio cantonal se encuentra entre una amenaza nula y media. Mientras que el 63% del cantón presenta amenaza alta a muy alta de inundación. Los cuerpos de agua son los principales elementos que conducen a las inundaciones y debido a las pequeñas pendientes que presentan se los puede discriminar de alguna manera. Por ejemplo, como se puede evidenciar en el mapa de inundaciones de la figura 3, los ríos de las partes altas no presentan mayor amenaza en estas zonas o donde inicia su cauce, más bien, en el momento que llega a zonas más bajas y planas y se unen con otros cauces de ríos es que la amenaza a inundaciones aumenta. Se puede evidenciar en el mapa que las zonas más bajas y de menor pendiente (planas), son las más propensas a inundaciones. Sectores como La Palmerita, San José, El Ingenio,

Rinconada, La Aldea, se encuentran en los sectores de alta y muy alta amenaza a este tipo de eventos adversos. El análisis de otros tipos de amenazas naturales y antrópicas, quedan de cierta manera degradadas, debido a la importancia y peso que tienen tanto las inundaciones como los movimientos en masa (GAD MARCABELÍ, 2020).

Figura 3. Amenaza de inundaciones



Fuente. SNGRE 2011.

1.1.3 Alcantarillado

El sistema de alcantarillado para el Cantón Marcabellí se encuentra constituido por redes de alcantarillado que en el área urbana corresponde a un aproximado de 32.15 km², existiendo un incremento de 10.96 km² en relación con el año 2015 cuando la red de alcantarillado sanitaria en el área urbana tenía 21.20 km de longitud. Para el análisis de cobertura de alcantarillado a nivel del cantón se considera que la cobertura del sistema de alcantarillado, es decir el 71.08% de las viviendas analizadas tiene conexión a la red pública de alcantarillado, seguido de la conexión a pozo séptico con el 11.37%, el 7.99% hace descargas directas al mar, río, lago o quebrada, uso de letrina con el 1.44% y el 3.24% no tiene, existen 1251 usuarios en el área urbana y 177 en el área rural.

Tabla 4. Cobertura del sistema de alcantarillado

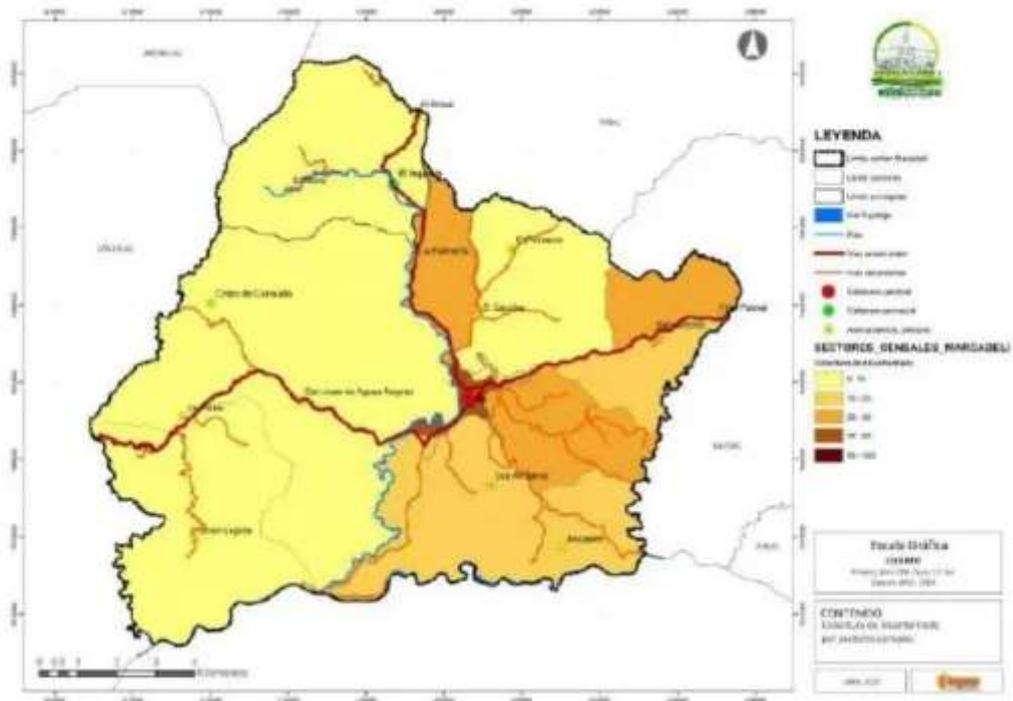
Tipo de servicio higiénico							
Parroquia	Conectado a red pública con alcantarillado	Conectado a pozo séptico	Conectado a pozo ciego	Con descarga directa al mar, río lago o quebrada	Letrina	No tiene	Total
Marcabelí	962	130	55	111	17	43	1319
El Ingenio	20	29	13		3	2	72
Total	988	158	69	111	20	45	1390
%	71.08	11.37	4.89	7.99	1.44	3.24	100

Fuente. INEC 2010.

1.1.4 Cobertura de alcantarillado en el área urbana y rural

Con respecto a la cobertura de alcantarillado se analizó que en el área urbana la conexión a red pública de alcantarillado representa el 58.71%, mientras que en el área rural la cobertura representa el 12.37%, con respecto a la conexión a pozo séptico en el área urbana se da una cobertura del 2.16%, a diferencia del área rural que la utilización de pozo séptico representa el 9.21%, dando un total del 11.27% en el territorio del cantón. En menor representación se evidencia las descargas directas a río o quebrada en el área urbana con el 3.96%, en contraposición con el área rural que se representa en un 4.03%, dando un total a nivel del territorio cantonal del 7.99%. Esto hace evidente que el área urbana se encuentra mejor dotada en el sistema de saneamiento mediante la red pública de alcantarillado, sin embargo, en el área rural aún se utilizan otros sistemas de saneamiento lo que conlleva a contaminación por aguas servidas que se descargan directamente a las fuentes hídricas existentes (GAD MARCABELÍ, 2020).

Figura 4. Alcantarillado por sectores censales



Fuente. INEC 2010

1.2 Descripción de la situación problemática (Causas y Efectos)

Una causa tratada es el desorden en la disposición de la red que presenta tramos independientes y combinados, lo que conduce a la obstrucción del drenaje en varios puntos desencadenando una serie de consecuencias negativas para el medio ambiente. Las aguas residuales, al contener patógenos y sólidos suspendidos, representan una fuente significativa de contaminación ambiental, este tipo de contaminantes afecta directamente la calidad del agua y afectan a la biodiversidad, comprometiendo la salud de los habitantes y la sostenibilidad de los recursos naturales en la región. Por lo tanto, abordar el desorden en la red de alcantarillado es esencial para mitigar los impactos negativos en el entorno y garantizar un ambiente más saludable y seguro para todos los ciudadanos.

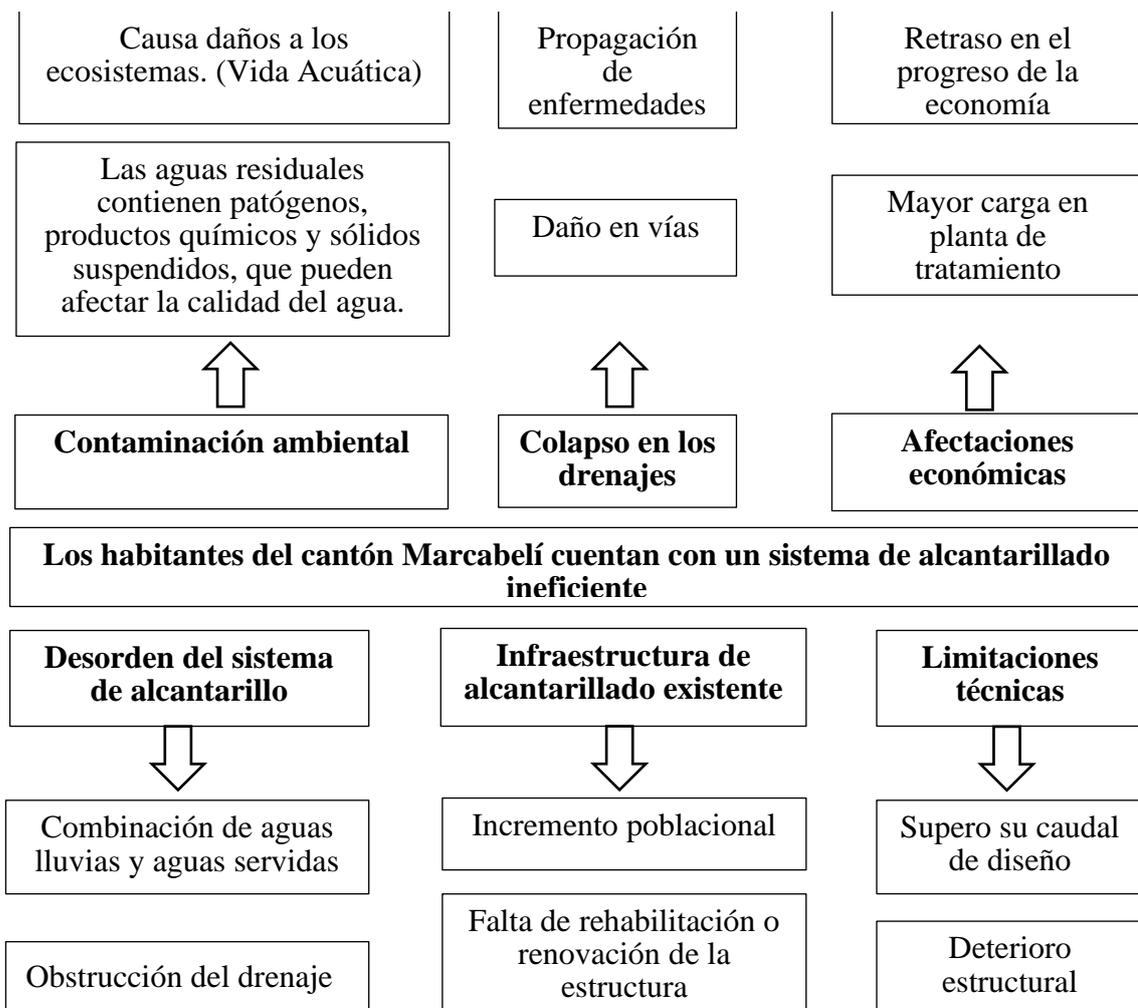
Un problema que enfrenta el cantón Marcabell radica en su sistema de alcantarillado, ya que la infraestructura ha sufrido daños diversos debido a varios factores, incluyendo el cumplimiento de su ciclo de vida operativa y el aumento de la población. No se han realizado trabajos de rehabilitación o renovación en la estructura, lo que ha llevado al colapso de los drenajes, daños en las vías y la propagación de enfermedades. Es evidente

que la falta de mantenimiento y actualización de la infraestructura contribuye directamente al problema del sistema de alcantarillado ineficiente en el cantón.

Una de las causas de problemas en el cantón está relacionada con la solidificación de sedimentos en las tuberías este fenómeno surge principalmente debido a las precipitaciones regulares durante la temporada de invierno. Estas lluvias ocasionan deslizamientos de tierra en el área urbana, arrastrando consigo los sedimentos que finalmente se infiltran en el sistema de alcantarillado. Esta acumulación de sedimentos es responsable del colapso de la red de alcantarillado. Además, el mantenimiento constante necesario para despejar las tuberías obstruidas implica costos adicionales para el municipio, lo que resalta la urgencia de abordar esta problemática de manera efectiva.

1.3 Formulación del problema

Figura 5. *Árbol de problemas*



Fuente. Elaboración propia.

¿Cómo influye la eficiencia de una infraestructura de drenaje a la capacidad de manejar caudales máximos, y cuál es el riesgo de colapso de las tuberías en caso de que no satisfagan adecuadamente las necesidades del sistema?

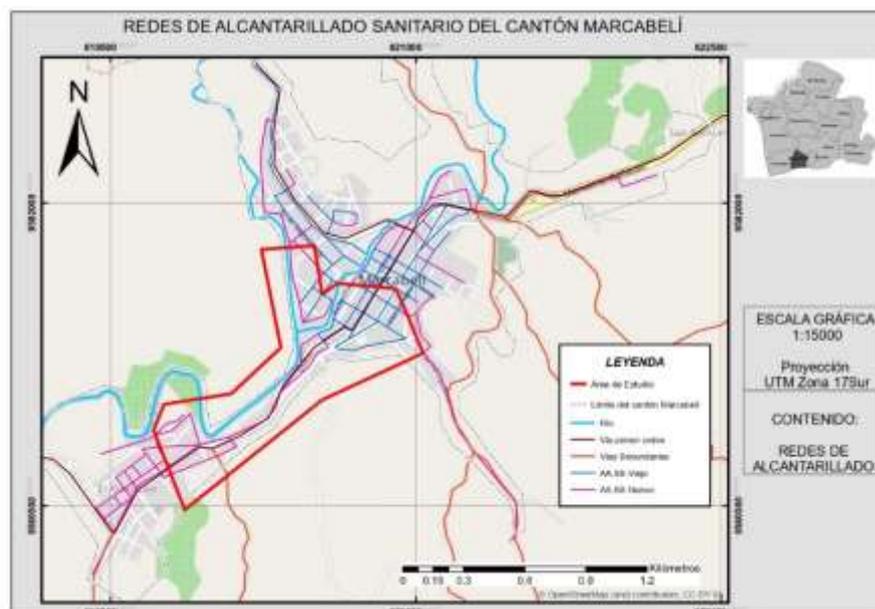
¿Cómo afecta el crecimiento poblacional en la capacidad de la infraestructura de drenaje, y cuáles son los desafíos que podrían presentarse y analizarse para evitar el colapso del sistema ante el aumento de demandas?

¿Cuál es el impacto hidrológico de las lluvias invernales en la funcionalidad de la infraestructura, y de qué manera un sistema de drenaje puede enfrentar desafíos debido a la incapacidad para satisfacer las necesidades durante condiciones de precipitaciones intensas?

1.4 Delimitación del objeto de estudio (Alcance del proyecto)

En el presente trabajo se tiene como objeto de estudio el diseño de la red de alcantarillado sanitario y pluvial en la ciudadela Imbabura; debido a que la zona no cuenta con sistema de alcantarillado eficiente lo que desencadena que la estructura no sea capaz de abarcar toda la extensión de la zona. A continuación, se presenta la zona de interés para la realización del presente trabajo que abarca desde la calle General Miguel Iturralde y Batallón Imbabura hasta la planta de tratamiento ubicada en la ciudadela Imbabura (Ver figura 6)

Figura 6. *Cantón Marcabellí*



Fuente. Elaboración propia.

1.5 Justificación

En Ecuador, cuando se acerca la temporada de lluvias se pone a prueba la eficacia de los sistemas de drenaje en las ciudades, por esta razón, se pretende establecer un trazado óptimo en la red de alcantarillado para mitigar los efectos del colapso causado por las fuertes lluvias. En todos los cantones existe la responsabilidad de preservar, al menos la seguridad de la comunidad durante la temporada de lluvias, lo cual podría lograrse mediante un sistema adecuado de alcantarillado sanitario y pluvial.

Un sistema de alcantarillado es una estructura esencial en las zonas urbanas que ayuda a eliminar las aguas residuales de manera rápida, ayuda a controlar los olores y permite su transporte. Su trabajo con los contaminantes es fundamental porque ayuda a reducir, recolectar y tratar los patógenos del medio ambiente. Estos ecosistemas contienen una variedad de comunidades microbianas que pueden afectar la salud y el medio ambiente. Los sistemas de alcantarillado son efectivos para mantener su higiene y la salud de las ciudades, controlando las aguas residuales en caso de presencia de diversos contaminantes, asegurando la calidad de vida de las generaciones actuales y futuras.

En la actualidad, la ciudad de Marcabellí enfrenta problemas en su sistema de alcantarillado, los cuales han sido mencionados previamente en este trabajo. Por ello, se busca evaluar tanto el alcantarillado sanitario como el pluvial. En este contexto, se pretende reconocer el estado actual del sistema de alcantarillado y proponer alternativas para mejorar la red y minimizar estas afectaciones. Por tanto, se considerarán el sistema hidrológico y las características físicas de la zona de estudio.

Es importante tener en cuenta que la evaluación del estado de una red de alcantarillado puede requerir la participación de profesionales con experiencia en ingeniería civil, saneamiento ambiental y gestión de aguas residuales, así como el uso de equipos y tecnologías especializadas para realizar las inspecciones y pruebas necesarias (Armando Saltos Sánchez, 2018).

Además, de abordar los problemas de la comunidad, el trabajo también cumple la función de ser el proyecto de sustentación de tesis para la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Machala. Este proyecto es relevante ya que no solo se enfoca en la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos durante la formación académica, sino que también contribuye al desarrollo y mejora las condiciones de vida de la comunidad local. Como trabajo de tesis, se espera que este

proyecto no solo presente soluciones innovadoras y efectivas para los desafíos identificados, sino que también aporte nuevos conocimientos y perspectivas al campo de la ingeniería civil y su aplicación en entornos comunitarios.

1.6 Objetivo: general y específicos

1.6.1 Objetivo general

Elaborar un sistema integral de evaluación de alcantarillado que permita la comparación eficiente de diversos métodos de inspección y mantenimiento, optimizando la gestión de infraestructuras sanitarias, mejorando la eficiencia operativa y garantizando la integridad y durabilidad del sistema de alcantarillado urbano.

1.6.2 Objetivos específicos

- Respalda teóricamente mediante referencias bibliográficas la utilización de enfoques que posibiliten la evaluación del estado de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial.
- Identificar un sector urbano vulnerable a colapso de la estructura analizando y proponiendo soluciones en la zona de estudio.
- Evaluar las condiciones del sistema de alcantarillado en la zona delimitada mediante la metodología investigada, con el fin de determinar el estado actual de la infraestructura y proponer soluciones alternativas.

CAPÍTULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES CONTEXTUALES

2.1.1 Macro:

A lo largo de la historia de la humanidad se han utilizado diferentes terminologías para la evaluación de sistemas de alcantarillado, los cuales se han probado y desarrollado en diferentes partes del mundo. En la ciudad de Debre Berhan, Etiopía se evaluó el sistema de alcantarillado identificando las fallas en los sistemas para posteriormente presentar las medidas de mitigación del problema, se encontró que solo el 24.8% de las zanjas de drenaje de piso son funcionales y el resto presenta estructuras destruidas. En cuanto a las fosas sépticas, solo el 36.47% funciona correctamente, la solución a estos problemas y lo que las autoras de este trabajo recomiendan es dar mantenimiento a los accesorios y a su vez reemplazar los que presenten roturas, controlar la infiltración mediante lechada o sellado de suelos que rodean la tubería de alcantarillado (Abebe Wudineh, 2015)

Por otra parte, el autor Livingston. A. aborda en su artículo “Diseño de red de alcantarillado para Kophrad, India” los diferentes parámetros considerados para el diseño, como la recolección de datos, el aumento de población futura, y la adecuada colocación del sistema de alcantarillado. Esperando que la ejecución de este resuelva los problemas de bloqueo y saturación de tuberías, asumiendo que las aguas residuales constituyen el 80% del suministro de agua, y las alcantarillas fueron diseñadas para manejar un mínimo de 150 litros por cápita por día, resultando en una cantidad de aguas residuales de 48 litros por cápita por día (Livingston et al., 2020)

De acuerdo con el Departamento de Ingeniería Hidráulica y Sanitaria, Universidad de Ciencias de la Vida de Poznan en Polonia, se realizaron estudios para determinar la eficacia de un sistema de alcantarillado modelado en EPANET, utilizando válvulas antirretornos y comparando los resultados de la simulación, con los datos obtenidos en un modelo físico desarrollado en laboratorio, los resultados preliminares de la verificación de los modelos resultaron satisfactorios a efectos de diseño. Por lo que se puede concluir que la implementación de este software es una herramienta eficaz a la hora de diseñar redes de alcantarillado (Nawrot et al., 2017).

2.1.2 Meso:

El autor Ospina Zúñiga plantea la falta de una metodología eficiente para evaluar sistemas de alcantarillado en Colombia, por ello propone la creación de métodos que permitan evaluar la infraestructura física existente, todo esto a través de un inventario técnico que involucra variables como: vida útil, cobertura, continuidad, calidad, factor de importancia, capacidad hidráulica y estructural, mantenimiento y operación. Esta metodología permite una planificación ordenada orientada a poblaciones futuras (Ospina Zúñiga & Ramírez Arcila, 2011).

Según el artículo titulado “Desarrollo de una metodología aplicable a América latina para el levantamiento de catastro de redes de alcantarillado” la falta de un sistema consolidado y estandarizado para el catastro de redes de alcantarillado conlleva a invertir grandes recursos en actualizar información, la solución propuesta por los autores es implementar equipos tecnológicos como drones que permitan la recolección de información en campo y facilite la actualización de catastros de redes de alcantarillado, con el fin de recolectar información que beneficie a las empresas dedicadas al abastecimiento de agua y alcantarillado en América Latina (Hernández et al., 2018)

2.1.3 Micro:

Un estudio realizado en la ciudad de Quito, utilizando metodología "CFD" (Dinámica de Fluidos Computacional; por sus siglas en inglés), evidencia la necesidad de separar los caudales de aguas residuales y caudales pluviales en sistemas de alcantarillado combinado, destacando los desafíos asociados con esta separación en ciudades con topografía montañosa, lo que conlleva a que las estructuras funcionen en condiciones supercríticas y altas velocidades. Una alternativa de solución es utilizar un separador de caudales que funciona correctamente hasta un rango de caudales de 50 l/s y permite evaluar las presiones en puntos críticos, ya que presiones demasiado altas podrían causar daños al hormigón de la estructura a corto y mediano plazo (Santamaria et al., 2019).

El autor Onofre Calderón en su trabajo de investigación se centra en la problemática del sistema de alcantarillado pluvial para la comunidad de La Puntilla, provincia de Cañar que sufre inundaciones por la falta de infraestructura que permita la evacuación de las aguas lluvias. La solución que propone es el diseño de un sistema de alcantarillado pluvial que trabajará a gravedad, basándose en parámetros como: recopilación de información, análisis de datos y diseño hidráulico; incluyendo alternativas de descarga de las aguas

lluvias, determinación de diámetros y ubicación de colectores, cámaras de revisión y sumideros (Xavier et al., n.d.).

En la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil, se evaluó el sistema de alcantarillado existente, mediante recopilación de datos, encuestas y técnicas de observación, determinación del número de aparatos sanitarios e inspecciones de cajas de registro de alcantarillado sanitario y pluvial, la solución propuesta, es ampliar y dar mantenimiento a la infraestructura, reparar fugas de agua y separar las conexiones de aguas lluvias y aguas servidas para evitar inundaciones (Armando Saltos Sánchez, 2018)

2.2 ANTECEDENTES REFERENCIALES

Aguilar, en El artículo científico titulado “Diseño de un sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en un sector rural: un estudio de caso” aborda el diseño de un sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en una zona rural de Ecuador. Se enfoca en reducir la contaminación ambiental y cumplir con las regulaciones nacionales e internacionales. El estudio se divide en cinco secciones: descripción del área de estudio, metodología, resultados, análisis de resultados y conclusiones. Este estudio contempla cuatro fases de trabajo: 1) recopilación y procesamiento de información del área de estudio, 2) diseño del sistema de alcantarillado, 3) diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales, y 5) estudio de impacto ambiental y presupuesto referencial para la ejecución del proyecto.

El diseño propuesto no solo aborda eficazmente la contaminación del agua y el aire en la zona rural de Las Mercedes, sino que también promete mejorar significativamente la salud y calidad de vida de sus habitantes. Para garantizar la continuidad de estos beneficios, se recomienda un plan de monitoreo de la calidad del agua y un mantenimiento adecuado del sistema de tratamiento. A pesar de las limitaciones impuestas por la crisis de salud, este estudio sienta las bases para sistemas replicables en comunidades rurales con distribución de viviendas cercanas, brindando esperanza para un futuro más limpio y saludable. Además, se sugiere como línea futura de investigación la implementación de tecnologías innovadoras para mejorar el tratamiento de efluentes y promover estrategias de reforestación, asegurando así un impacto positivo a largo plazo en el medio ambiente y en las comunidades locales. En resumen, el estudio presenta un diseño integral y

sostenible para el manejo de aguas residuales en zonas rurales, priorizando la salud de la población y la protección del medio ambiente (Merchan-Sanmartín et al., 2022).

2.3 ANTECEDENTES CONCEPTUALES

2.3.1 Importancia de los servicios básicos

(Teodoro et al., 2022) menciona la importancia de los servicios básicos en la comunidad ya que estos desempeñan un papel esencial en la vida, recalcando que el acceso a estos servicios tiene un impacto positivo que contribuye al crecimiento sostenible de la economía al nivel nacional. Al realizar la mejora de estos servicios pueden ayudar a disminuir la brecha de consumo entre los residentes urbanos y rurales, por eso es crucial que los gobiernos tomen como prioridad la prestación de estos servicios garantizando el bienestar de los ciudadanos.

2.3.2 Importancia de los servicios básicos en la comunidad

Metcalf y Eddy (1995) recalcan la importancia que tienen los servicios básicos en una comunidad, tal como lo es el alcantarillado sanitario y las plantas de tratamiento de aguas residuales, mismos que proporcionan bienestar físico a la población acompañado, sin embargo, de la potencialidad de generar o producir un fuerte impacto en el medio ambiente si no es ejecutado adecuadamente. Los sistemas de saneamiento inadecuados pueden exponer el medio ambiente y la salud de los ciudadanos a las aguas residuales, lo que resulta en daños a la salud humana.

2.3.3 Sistemas de alcantarillado

(Herrera., 2019) según la autora define los sistemas de alcantarillado sanitario como un conjunto de conductos y estructuras destinados a recibir, evacuar, conducir y disponer las aguas domésticas, que por lo general son aguas negras. Estos sistemas de tuberías constituyen la red principal de conducción de las aguas residuales desde los hogares hacia las plantas de tratamiento ya sea municipales o privadas, donde se someterán a los procesos necesarios para su regeneración.

Existen tres tipos de sistemas de alcantarillado sanitario de acuerdo al tipo de agua que sea transportada.

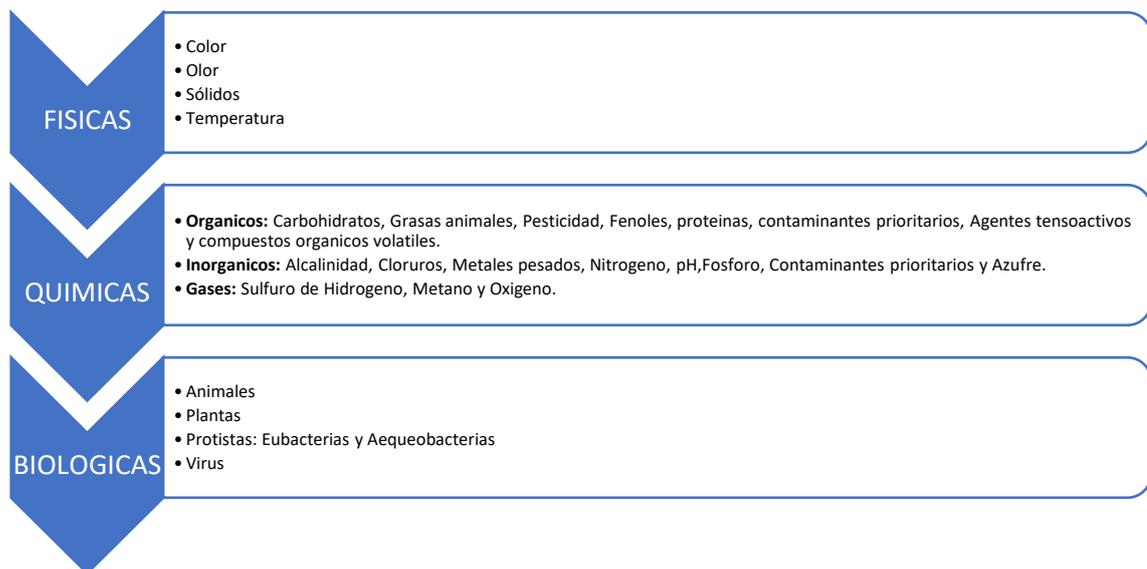
2.3.4 Alcantarillado sanitario

Según (Atambo et al., 2022), es un sistema de alcantarillado que conduce, trata y elimina específicamente aguas residuales que se ha generado en una población. Estas aguas se encuentran compuestas de residuos que se han producido por actividades domésticas, comerciales, industriales e institucionales. Además, estos sistemas están diseñados para la garantizar la limpieza de las comunidades y del medio ambiente.

2.3.5 Características del Sistema de Alcantarillado

(Adewumi & Ajibade, 2019) Indica que es indispensable conocer las características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales debido a esto, se debe tener en cuenta las características físicas que indican los sólidos totales, propiedades químicas que permiten la evaluación de los sólidos orgánicos, inorgánicos y gases, y aspectos biológicos que revelan la cantidad de organismos presentes en el agua, en la imagen 1 se visualiza las diferentes características.

Figura 7. Características de las Aguas Residuales



Fuente. (Adewumi & Ajibade, 2019)

2.3.6 Alcantarillado pluvial

Para (Mero et al., 2023) cuando se habla de alcantarillado pluvial tenemos que recalcar que su principal función es recolectar y evacuar las aguas pluviales en áreas urbanas durante fuertes lluvias. Este procedimiento es importante para asegurar la prevención del congestionamiento vehicular y peatonal, así como para evitar inundaciones que puedan causar daños a la propiedad o perturbar la vida urbana. En contraste con el alcantarillado sanitario, este tipo puede diseñarse con canales al aire libre o conductos cerrados, teniendo en cuenta consideraciones económicas.

2.3.7 Alcantarillado combinado

De acuerdo con (Kammoun et al., 2023) un sistema de alcantarillado combinado es un procedimiento que se encarga de recolectar y evacuar aguas residuales y pluviales en una misma tubería. Para realizar este tipo de sistemas se debe considerar los episodios de lluvias intensas ya que el volumen de las aguas residuales aumenta durante este periodo, lo cual crea una amenaza que al superar la capacidad de diseño las aguas pluviales y residuales no tratadas sean descargadas en cuerpos de aguas cercanos lo que provocaría riesgos de contaminar el agua potable y riesgos para la salud. Todo esto es con el fin de poder disminuir el costo que se haría al usar un sistema separado y su posterior tratamiento.

2.3.8 Red Colectora

Según (Vasiliev et al., 2021) una red colectora son tuberías que se encuentran enlazadas entre sí, su función principal es transportar y recolectar aguas residuales de diferentes zonas hacia la planta de tratamiento. Para determinar el diseño de una red colectora y poder reducir costos se debe considerar varios componentes como los diámetros de la tubería, las pendientes de las tuberías y su rendimiento.

2.3.9 Sistema de Saneamiento

De acuerdo a lo que menciona (Maurer, 2022; McConville, 2022) se puede definir que un sistema de saneamiento se encuentra diseñado para desechar contaminantes que forman parte de las aguas residuales como son patógenos, sólidos suspendidos, nutrientes, metales pesados y compuestos químicos. Explica también como un sistema de saneamiento convencional reduce los contaminantes a lo largo del servicio donde recolecta, transporta, trata, reutiliza o elimina las aguas residuales.

2.3.10 Caudal Máximo en un sistema de alcantarillado

El caudal máximo en un sistema de alcantarillado es el flujo máximo de una cuenca durante un periodo de tiempo específico. Para diseñar las tuberías del sistema de aguas residuales se debe tener en cuenta el flujo máximo ya que esta puede variar en función de factores como la población y el consumo de agua. El caudal en el sistema de alcantarillado desempeña un papel importante en el proceso de transferencia de calor.(Qian et al., 2022)

2.3.11 Pozo de inspección

Los pozos de inspección son fundamentales en un sistema de alcantarillado ya que sirven para proporcionar acceso al mantenimiento y la inspección evitando colapsos. Estos registros suelen ser ubicados estratégicamente a lo largo de las redes de alcantarillado y equipadas con escaleras, sistemas de iluminación y ventilación para garantizar un acceso seguro y eficiente a los trabajadores.(Dinh et al., 2022)

2.3.12 Autolimpieza

Según(W. Liu et al., 2023) autolimpieza en un sistema de alcantarillado sanitario se refiere a su habilidad para eliminar sedimentos y otras impurezas lo cual no requiere la intervención humana para el mantenimiento. La capacidad de autolimpieza previene obstrucciones, reduce los costos en mantenimiento y las reparaciones frecuentes lo que beneficia la calidad del agua y la infraestructura urbana.

2.3.13 Rugosidad

La rugosidad en el alcantarillado sanitario es un valor numérico muy importante en la operación y diseño de esta. Es muy influyente tener en cuenta la presencia de biopelículas, sedimentos y obstáculos en el sistema de alcantarillado ya que según los estudios elaborados recientemente indican que el coeficiente de rugosidad se ve afectado por la formación de películas en la superficie interna de la tubería. (Coelho & Azevedo, 2022)

2.3.14 Tuberías

Para (Gurskis et al., 2021) las tuberías son un conducto por donde el agua residual es dirigida hacia un sistema de alcantarillado estas pueden ser de diferentes materiales como hierro fundido, acero, hormigón armado, plástico cloruro de polivinilo (PVC), polietileno (PE) y plástico reforzado (GRP). Los materiales más usados en sistemas de tuberías son

de polivinilo (PVC) y polietileno (PE) pues son más eficientes en el traslado de suministro de agua y alcantarillado.

2.3.15 Hidrología

Según (Zhang & Parolari, 2022) la hidrología es el análisis del movimiento y la distribución del agua dentro de la estructura de alcantarillado significa comprender las diferentes vías por las cuales el agua entra y sale del sistema, incluyendo las entradas de infiltración por precipitaciones y las aguas subterráneas, ya que estas incrementan el volumen del flujo. El aumento del caudal puede afectar de manera directa a los sistemas urbanos, haciendo que estos colapsen.

2.3.16 (IDF) Intensidad – Duración – Frecuencia

Las curvas de intensidad, duración y frecuencia son de suma importancia en la ingeniería de recursos hídricos cuando se trata de diseñar estructuras de alcantarillado sanitario. Estas curvas representan una relación matemática donde se puede conocer la intensidad o el tamaño de una lluvia intensa en unidades de milímetros por hora, junto con su probabilidad o frecuencia estimada de ocurrencia. (Gnecco et al., 2023)

2.3.17 Tasa de infiltración

En el sistema de alcantarillado la tasa de infiltración es uno de los problemas más frecuentes ya que al aumentar los costos de bombeo compromete la eficiencia del tratamiento y como resultado final del proceso libere aguas parcialmente tratadas. Se debe recalcar que las entradas e infiltraciones afectan de manera crucial el sistema estructural y su estado operativo. (Youssef & Nachabe, 2023)

2.3.18 Crecimiento Poblacional

El crecimiento poblacional es un fenómeno ampliamente estudiado en el campo de la demografía y se refiere al aumento en el número de individuos que habitan en un área geográfica específica durante un período de tiempo determinado. Este incremento puede ser cuantificado mediante una fórmula aritmética, que considera factores como el número de nacimientos, defunciones y migraciones, también debe tenerse en cuenta que el crecimiento poblacional puede estar limitado por condiciones ambientales desfavorables, por la competencia (Sutradhar et al., 2021).

2.3.19 Periodo de Retorno

El período de retorno es un criterio probabilístico utilizado para medir y comunicar la ocurrencia aleatoria de eventos geofísicos como inundaciones en estudios de evaluación de riesgos, además ayuda a determinar el caudal máximo esperado durante fuertes lluvias. Comprender estos caudales es fundamental para dimensionar correctamente los conductos, tuberías y sistemas de almacenamiento de su red de alcantarillado. Si no se consideran los períodos de retorno, existe el riesgo de subdimensiones el sistema, lo que podría provocar derrames, inundaciones y daños a la infraestructura.(X. Liu et al., 2023)

2.3.20 Deslaves

Los deslaves en el sistema de alcantarillado pueden ocurrir debido a varios factores, incluyendo lluvias intensas, terremotos, construcciones cercanas, erosión del suelo, y obstrucciones en las tuberías, entre otros. Estos deslaves pueden tener consecuencias graves, como obstrucciones en el flujo de agua, inundaciones en áreas urbanas, daños a la infraestructura, y riesgos para la salud pública debido a la contaminación del agua.(Mammoliti et al., 2023)

2.3.21 Evaluación del sistema de alcantarillado

La evaluación del sistema de alcantarillado es un proceso mediante el cual se analiza y verifica el funcionamiento, la eficiencia y la capacidad de un sistema de alcantarillado urbano o rural. Este proceso suele llevarse a cabo con el objetivo de identificar posibles problemas, determinar el estado de las infraestructuras, planificar mantenimientos, reparaciones o mejoras, y garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad y seguridad ambiental.(Yu et al., 2024).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Modalidad básica de la investigación

El estudio abordará un enfoque cuantitativo para analizar el estado y la eficiencia de una parte del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial del cantón Marcabelí. Para ello, se recopilarán datos técnicos del alcantarillado existente, utilizando herramientas especializadas para su procesamiento y análisis. La información provendrá de fuentes oficiales, como el INAMHI, de donde se extraerán registros de pluviometría y ecuaciones de intensidad para la zona de estudio.

Adicionalmente, se llevará a cabo un análisis cualitativo basado en la observación directa del sistema de alcantarillado, con el fin de evaluar sus condiciones actuales. También se recopilarán percepciones y opiniones de los residentes del sector, lo que permitirá identificar problemáticas específicas y complementar el análisis técnico con información contextual relevante.

3.2. Tipo de investigación (Documental, De campo, experimental)

El presente estudio se basa principalmente en tres tipos de investigación; bibliográfica, de campo y descriptiva.

En cuanto al enfoque bibliográfico, se sustenta en el análisis de contenido mediante una revisión bibliográfica de libros, revistas, artículos, tesis de maestría y manuales referentes a la evaluación de sistemas de alcantarillados.

El trabajo de campo permitirá conocer las características de elevación del terreno mediante un levantamiento topográfico, y las condiciones existentes de las cámaras colectoras, tirantes y las tuberías de la red principal además de recopilar información acerca de las características de la zona de estudio.

El enfoque descriptivo permitirá un análisis detallado de los datos recopilados referentes a las condiciones del área de estudio, en donde, se describirán las características topográficas, hidrológicas, hidráulicas, entre otras.

3.3. Descripción de la población y muestra

Para este estudio, el universo comprende las calles urbanas del cantón Marcabelí, en donde la población corresponde a las calles Gral. Miguel Iturralde y Calle Quito, continuando por la Vía Marcabelí, hasta llegar a la planta de tratamiento del cantón. En

la selección de la muestra, se aplicó el método de observación directa que permitió la identificación de la zona de estudio.

3.4. Métodos teóricos o empíricos con los materiales utilizados

De acuerdo a la información recopilada, utilizaremos los procesos metodológico propuestos por (Mera Ruiz 2021) en su tesis “Evaluación de la red de agua potable y alcantarillado con conexiones domiciliarias de la urbanización José Quiñones, distrito de Chiclayo” y la metodología obtenida del autor (Saltos Sánchez 2018) en su artículo científico “Evaluación del Sistema de Alcantarillado Sanitario y Pluvial de La Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil”, en donde se presentan los instrumentos y la descripción de los procesos utilizados.

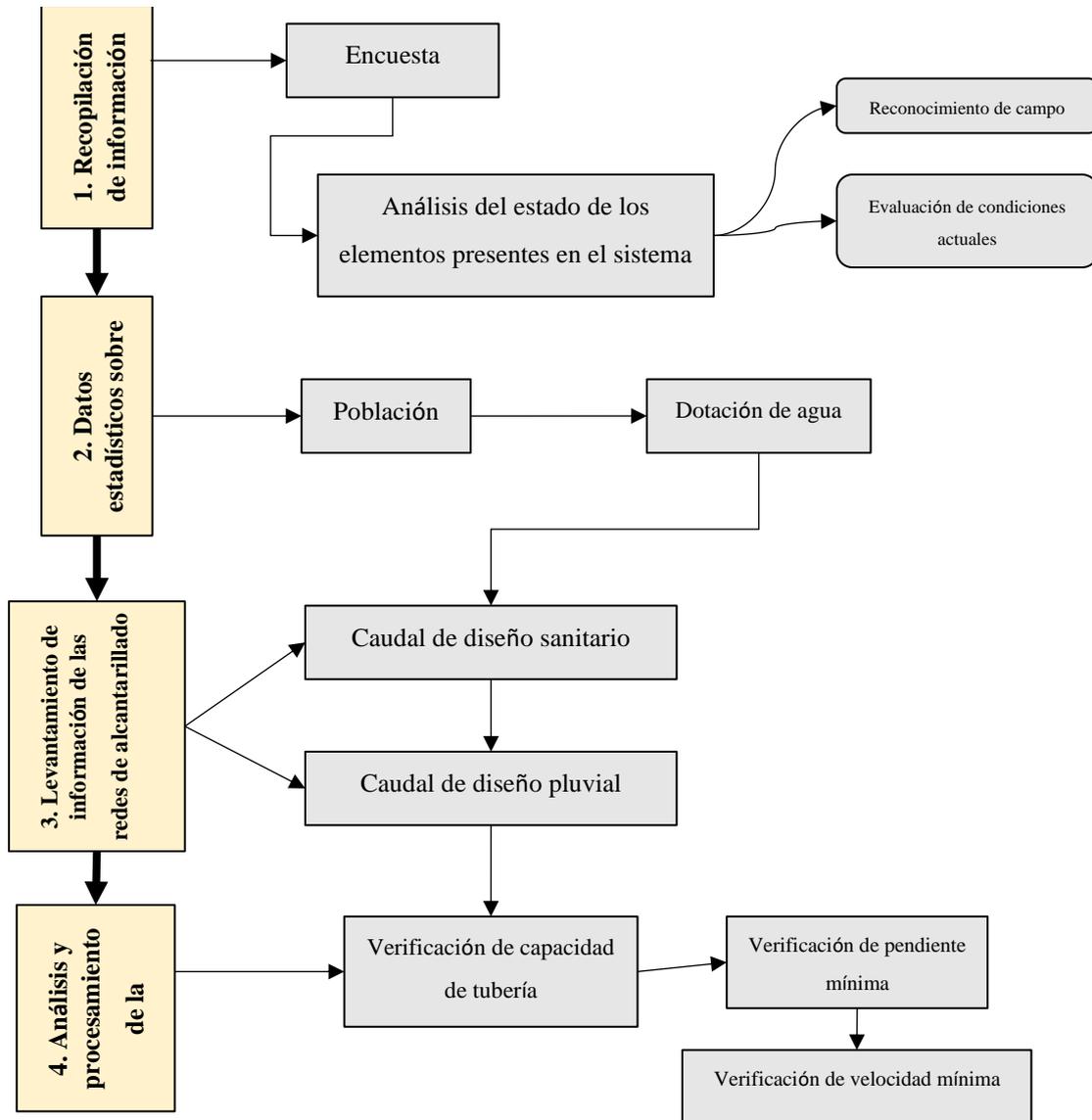
Tabla 5. Metodología

Metodologías	
Autor (Mera Ruiz 2021)	Autor (Saltos Sánchez 2018)
- <i>Método de observación y reconocimiento de campo</i>	<i>Recopilación de información existente.</i>
- <i>Evaluación de las condiciones actuales del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado.</i>	<i>Medición del grado de satisfacción de los servicios sanitarios mediante encuestas y técnicas de observación.</i>
- <i>Revisión de las normas vigentes relacionadas con obras de saneamiento.</i>	Determinación del número de aparatos sanitarios instalados en cada batería sanitaria
- <i>Recolección de datos estadísticos sobre la población del área de estudio.</i>	Número y capacidad de cisternas de almacenamiento y de tanques elevados
- Levantamiento de información de las redes de agua potable y alcantarillado.	<i>Inspecciones de cajas de registro de alcantarillado sanitario y pluvial</i>
- Utilización de datos Altimétricos proporcionados por EPSEL, como base para el desarrollo del proyecto.	<i>Análisis y procesamiento de la información.</i>
	<i>Cálculo del consumo medio diario para obtener el volumen requerido para la población existente.</i>

Fuente. Elaboración propia.

A partir de la bibliografía de las metodologías revisadas, se planteó la siguiente metodología:

Figura 8. Metodología



Fuente. Elaboración propia

3.5. Técnicas para el procesamiento de los datos obtenidos

El proceso se inició con el levantamiento de información relevante, como cotas topográficas, para identificar las áreas de aportación de los colectores.

Encuesta

Se diseñó y aplicó un cuestionario estructurado a los habitantes del área de estudio, con el objetivo de identificar problemáticas como obstrucciones, malos olores, inundaciones y la frecuencia de mantenimiento del sistema.

Análisis del estado de los elementos presentes en el sistema de alcantarillado

Reconocimiento de campo

Se efectuó una inspección in situ para validar la información levantada, identificar deficiencias estructurales y contrastar los datos obtenidos en gabinete con la realidad del sistema.

Evaluación de condiciones actuales

Según las normas, la distancia máxima entre pozos de revisión varía en función del diámetro de las tuberías:

Tabla 6: *Diámetro mínimo*

Tipo	Diámetro (m)
Alcantarillado sanitario	0.20
Alcantarillado pluvial	0.25
Conexiones domiciliarias- Alcantarillado Sanitario	0.10
Conexiones domiciliarias- Alcantarillado Pluvial	0.15

Fuente. Instituto Ecuatoriano de Normalización

Estas distancias pueden incrementarse considerando las características topográficas y urbanísticas del proyecto, siempre y cuando no se exceda la longitud máxima permitida por los equipos de limpieza disponibles (INEN, 1992).

Población

El cálculo de la población futura se determina mediante métodos establecidos, como el aritmético, geométrico y exponencial, conforme a lo dispuesto por las normas técnicas (Secretaría del Agua, 2012).

- Método Aritmético: $Pf = Pa \cdot (1 + (r \cdot n))$
- Método Geométrico: $Pf = Pa \cdot (1 + r)$

- Método Exponencial: $Pf = Pa \cdot e^{rn}$

Donde:

- Pf: Población futura.
- Pa: Población actual.
- r: Tasa de crecimiento poblacional.
- n: Tiempo en años.
- e: Constante de Euler.

Para este proyecto, no se consideró un crecimiento poblacional debido a que la zona ya tiene límites urbanísticos definidos. Según el tipo de vivienda, se establece un promedio de cinco habitantes por predio, lo que garantiza que la tasa de crecimiento no afecte el diseño.

Población Actual

La población actual del área de estudio se estimó mediante encuestas realizadas durante la ejecución del proyecto de agua potable planificado en 2022 por el Instituto Nacional de Estadística y Censos. (INEN,2022)

Dotación media futura

Para determinar la dotación futura, se consideraron las condiciones climáticas cálidas del sector y los servicios proyectados para la zona, conforme a las tablas de la normativa (CPE INEN 005-9-1).

Tabla 7. *Dotación media futura*

POBLACIÓN FUTURA	CLIMA	DOTACIÓN MEDIA FUTURA (L/hab./día)
Hasta 5000	Frío templado cálido	120 – 150
		130 – 160
		170 – 200
5000 a 50000	Frío templado cálido	180 – 200
		190 – 220
		200 – 230
Más de 50000	Frío templado cálido	Mayor de 200
		Mayor de 220
		Mayor de 230

Fuente. (CPE INEN 005-9-1).

Caudal de diseño sanitario

Se estima el caudal medio diario de agua potable corresponde al volumen generado por la población en un día, calculado como el producto de la dotación y la población futuras. Para el caudal medio sanitario, que representa el agua utilizada en actividades domésticas, se considera el coeficiente de retorno, entre el 60% y 80%, aplicado al caudal medio de agua potable más la contribución comercial, que debe justificarse para áreas comerciales o mixtas. Además, el caudal por aguas ilícitas incluye posibles conexiones pluviales no autorizadas, con un mínimo de 80 lt/hab/día. Finalmente, el caudal de diseño combina el caudal medio diario, el caudal de infiltración y el de conexiones erradas, asegurando una evaluación completa para el diseño del sistema.

Caudal de diseño pluvial

Para obtener el caudal de diseño del sistema de alcantarillado pluvial, se emplea el Método Racional, el cual se basa en la relación entre la intensidad de precipitación, el coeficiente de escorrentía y el área de aporte. La ecuación utilizada es $Q = C \cdot I \cdot A$, donde Q es el caudal de escorrentía en m³/s, C es un factor que depende del tipo de superficie, I es la intensidad de precipitación obtenida de las curvas IDF y A es el área de drenaje en hectáreas.

Coefficiente de escorrentía superficial

El coeficiente de escorrentía es una medida que representa la proporción de la precipitación que se convierte en flujo superficial, es decir, que discurre sobre la superficie en lugar de infiltrarse en el suelo. Para el área de estudio analizado, se estableció un valor de 0.6, adecuado para zonas residenciales con densidad poblacional media.

Tabla 8. *Tipo de zona*

TIPO DE ZONA	VALORES DE C
Zonas centrales densamente construidas, con vías y calzadas pavimentadas	0.7-0.9

Zonas adyacentes al centro de menor densidad poblacional con calles pavimentadas	0.7
Zonas residenciales medianamente pobladas	0.55-0.65
Zonas residenciales con baja densidad	0.35-0.55
Parques, campos de deportes	0.1-0.2

Fuente. (CPE INEN 005-9-1).

Intensidad

La intensidad de precipitación se define como la cantidad de agua que cae en forma de lluvia por unidad de tiempo, generalmente expresada en milímetros por hora (mm/h). Para la zona de estudio, se estableció la estación más cercana la estación ZARUMA.

Tabla 9. Intensidad, Duración, Frecuencia

ESTACIÓN		INTERVALO DE TIEMPO (minutos)	ECUACIONES	R	R ²
CÓDIGO	NOMBRE				
M0180	ZARUMA	5<30	$i = 150.677 * T^{0.16} * t^{-0.3755}$	0.9668	0.935
		30<120	$i = 282.0606 * T^{0.1778} * t^{-0.5799}$	0.9854	0.971
		120<1440	$i = 957.0308 * T^{0.1811} * t^{-0.834}$	0.9965	0.993

Fuente. INAMHI

Tiempo de concentración

El tiempo de concentración en los colectores de drenaje pluvial se calcula como la suma del tiempo de llegada y el tiempo de escurrimiento a través de los colectores hasta el punto en consideración. El tiempo de escurrimiento se determina a partir de las características hidráulicas de los colectores, mientras que el tiempo de llegada representa el periodo requerido para que el escurrimiento superficial alcance el primer sumidero desde el punto más distante. Este último depende de factores como la pendiente de la superficie, las depresiones del terreno, la cobertura del suelo, la lluvia previa, y la longitud del escurrimiento. Para áreas urbanas, se recomienda emplear valores entre 10 y 30 minutos. (INEN)

Análisis de sistema de alcantarillado

Para el análisis del sistema de alcantarillado se tienen en consideración algunos aspectos como:

Coefficiente de rugosidad o de Manning

En la siguiente tabla muestra los valores del coeficiente de rugosidad asociado con el tipo de material del conducto, los cuales para este proyecto se consideró el material tipo PVC.

Tabla 10. *Coefficiente de Rugosidad*

Material	Velocidad Máxima m/s	Coefficiente de rugosidad
Hormigón simple: Con uniones de mortero.	4	0.013
Hormigón simple: Con uniones de neopreno para nivel freático alto.	3.5-4	0.013
	4.5-5	0.011
Asbesto cemento	4.5	0.011
Plástico		

Fuente. CPE INEN 005-9-1

Velocidades

Según (Secretaría del Agua, 2012) las directrices para la planificación y desarrollo de sistemas de suministro de agua apta para el consumo humano y la gestión de aguas residuales en comunidades con más de 1000 residentes.

Tabla 11. *Velocidad del líquido en colectores*

Colector	No menor a	Preferiblemente mayor a
Primario	0.45m/s	0.60m/s
Secundario	0.45m/s	0.60m/s
Terciario	0.45m/s	0.60m/s

Fuente. CPE INEN 005-9-1

Las velocidades máximas permitidas en tuberías o conductos dependen del material con el que están contruidos

Área de aportación

Una que se define el trazado de la red de alcantarillado, se procede al análisis y delimitación de las áreas que contribuyen con caudales a la red. Estas áreas se identificaron sobre los planos tomando en cuenta la topografía, la disposición de las calles y la capacidad de los tramos para recibir los caudales de manera eficiente. Utilizando formas geométricas (rectángulos y trapecios), las áreas se dividen estratégicamente desde los pozos de revisión, asegurando una distribución uniforme. A partir de estas delimitaciones, se calcula el área específica y la densidad poblacional asociada a cada tramo de la tubería, lo que facilita estimar el número de personas servidas en cada sección.

Área de aporte

$$A = \sum A_p$$

Donde

A: Área de aporte a la red

A_p: Área parcial

Caudal

El cálculo del caudal para cada tramo de la red se realizó considerando el área de aportación asociada a dicho tramo, multiplicada por el caudal de diseño previamente determinado.

$$Q = Q_D \cdot A$$

Pendiente mínima

Para el cálculo de la pendiente mínima se empleó la siguiente fórmula.

$$S_{min} = 0.0055 * Q^{-0.47}$$

Adicionalmente, la pendiente del terreno se calculó dividiendo la diferencia de cotas entre dos puntos por la longitud correspondiente. Una vez obtenidos estos valores, se compararon para decidir si emplear la pendiente del terreno o la pendiente mínima requerida. Es importante destacar que esta relación se verifica para asegurar que se alcance la velocidad mínima estipulada en las tuberías, y en caso de no cumplir, se ajusta la pendiente de diseño para garantizar un correcto funcionamiento hidráulico.

Diámetro

El diámetro de las tuberías se definió considerando los criterios mínimos establecidos para los sistemas de alcantarillado. Para el alcantarillado sanitario, se adoptó un diámetro mínimo de 200 mm, mientras que para el alcantarillado pluvial se estableció un mínimo de 250 mm. En aquellos casos en los que el cálculo del diámetro mediante la fórmula correspondiente resultó en un valor inferior al mínimo calculado, se asignó el diámetro mínimo permitido para garantizar el adecuado funcionamiento y capacidad del sistema.

$$D = \left(\frac{n * Q}{S^{0.5}} \right)^{3/8}$$

Donde:

Q: caudal

n: rugosidad

S: pendiente

Caudal tubo lleno

$$Q_o = \frac{312}{n} * D^{\frac{8}{3}} * S^{0.5}$$

Velocidad tubo lleno

$$V_o = \frac{4 * Q_o}{\pi * D^2}$$

Con ayuda de las siguientes relaciones hidráulicas se calculó la velocidad

$$V_{real} = (V/V_o) * V_o$$

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Encuesta

De la encuesta realizada para conocer las condiciones de los servicios básicos, la calidad del sistema de alcantarillado y las condiciones habitacionales en el área de estudio, se obtuvieron los siguientes resultados.

1.- ¿Cuánto tiempo lleva viviendo en este sector?

- Menos de 1 año (10)
- Entre 1 y 5 años (27)
- Más de 5 años (35)

Figura 9. *Tiempo de residencia*



Fuente. Elaboración propia

El análisis indica que el 14% de los encuestados ha vivido en el sector por menos de un año, mientras que el 38% lleva entre uno y cinco años. Por otro lado, el 48% de la población ha residido en la zona durante más de cinco años, lo que refleja una estabilidad en la comunidad para una gran mayoría de habitantes.

2.- ¿Cuántas personas habitan en su casa?

Figura 10. *Habitantes por vivienda*

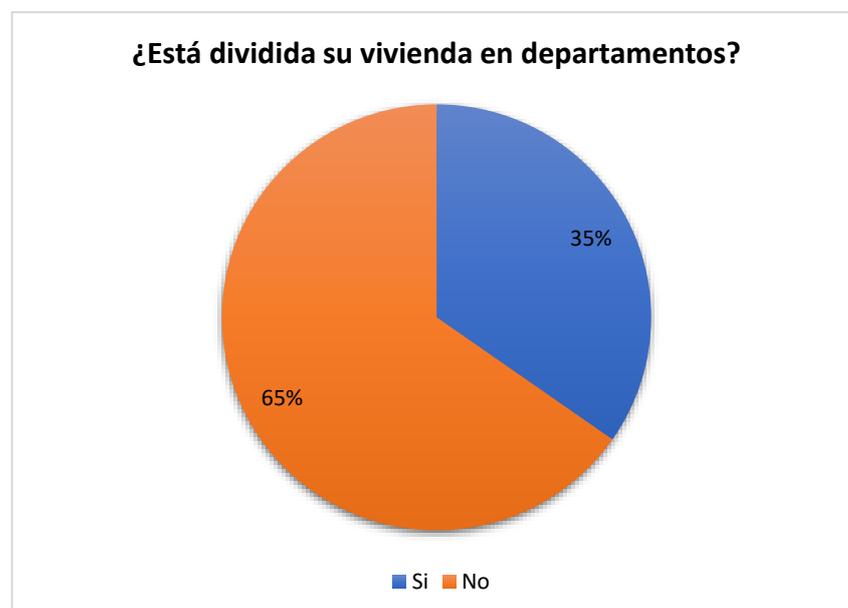


Fuente. Elaboración propia

En cuanto a la cantidad de personas por vivienda, el 28% de las viviendas están habitadas por cuatro personas, siendo esta la configuración más común. Le siguen las viviendas con tres habitantes (16%) y con dos habitantes (14%). Además, un 13% tiene cinco ocupantes, mientras que el resto se distribuye entre una sola persona (8%), seis personas (11%), y siete personas (8%).

3. ¿Está dividida su vivienda en departamentos? De ser así, ¿Cuántos son?

Figura 11. *Distribución de viviendas (a)*

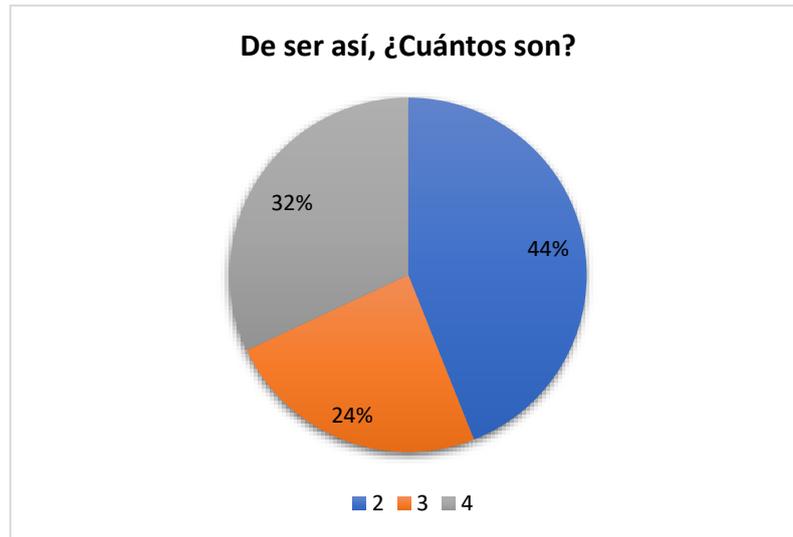


Fuente. Elaboración propia

Si (25)

No (47)

Figura 12. Distribución de viviendas (b)

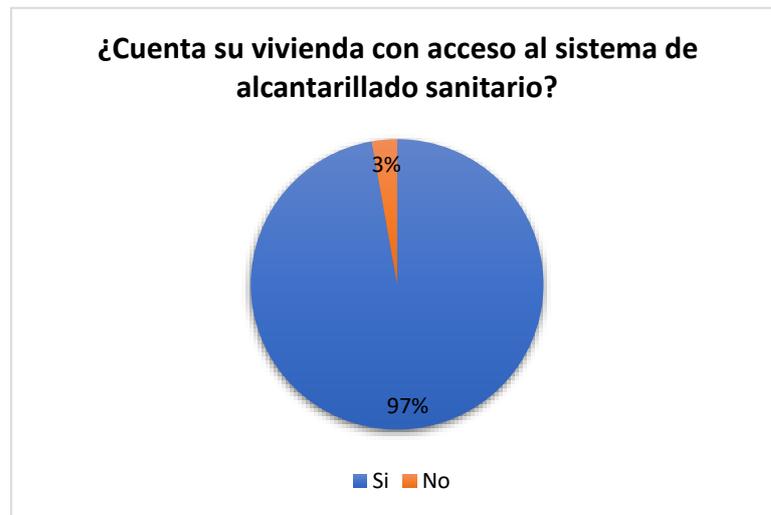


Fuente. Elaboración propia

El 35% de las viviendas está dividido en departamentos, mientras que el 65% no presenta este tipo de división. Entre las viviendas con departamentos, el 44% cuenta con dos, el 24% con tres, y el 32% tiene cuatro departamentos, evidenciando que existe una proporción significativa de construcciones con espacio compartido.

4. ¿Cuenta su vivienda con acceso al sistema de alcantarillado sanitario?
 - a. Sí (70)
 - b. No (2)

Figura 13. Acceso a alcantarillado

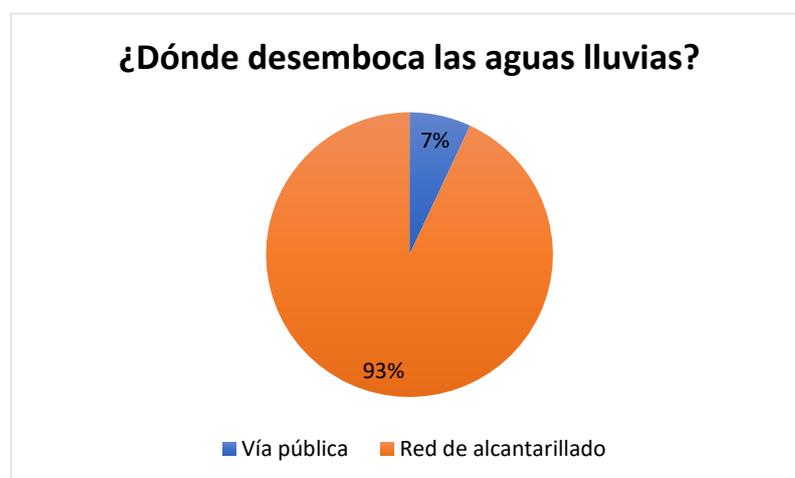


Fuente. Elaboración propia

El 97% de las viviendas cuenta con acceso al sistema de alcantarillado sanitario, demostrando una alta cobertura en la zona. Sin embargo, aún hay un 3% de los hogares que no disponen de este servicio esencial, indicando oportunidades de mejora en la infraestructura.

5. ¿Dónde desemboca las aguas lluvias?
 - a. Vía pública (5)
 - b. Red de alcantarillado (67)

Figura 14. Aguas lluvias

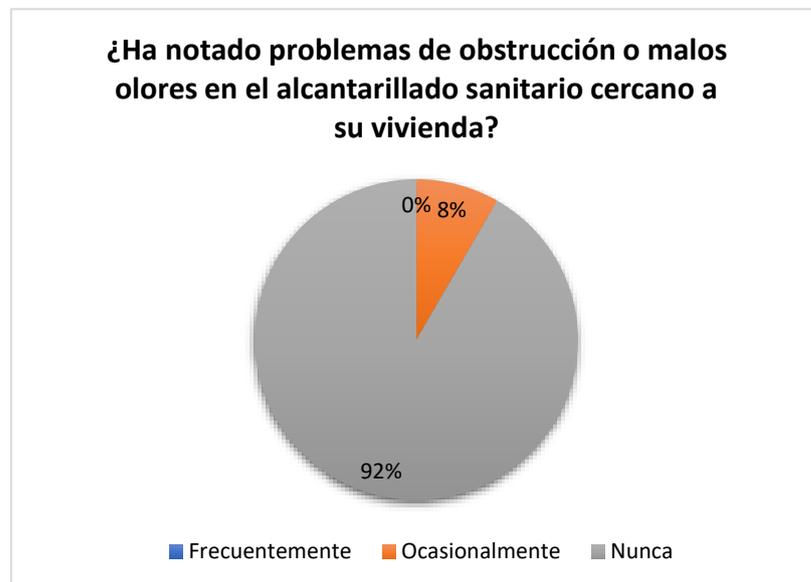


Fuente. Elaboración propia

El 93% de los encuestados manifiesta que las aguas lluvias desembocan en la red de alcantarillado, mientras que el 7% informa que estas se dirigen a la vía pública. Esto resalta la importancia del correcto diseño y mantenimiento del sistema de alcantarillado para prevenir problemas futuros.

6. ¿Ha notado problemas de obstrucción o malos olores en el alcantarillado sanitario cercano a su vivienda?
 - a. Frecuentemente (0)
 - b. Ocasionalmente (6)
 - c. Nunca (66)

Figura 15. *Condiciones del alcantarillado*



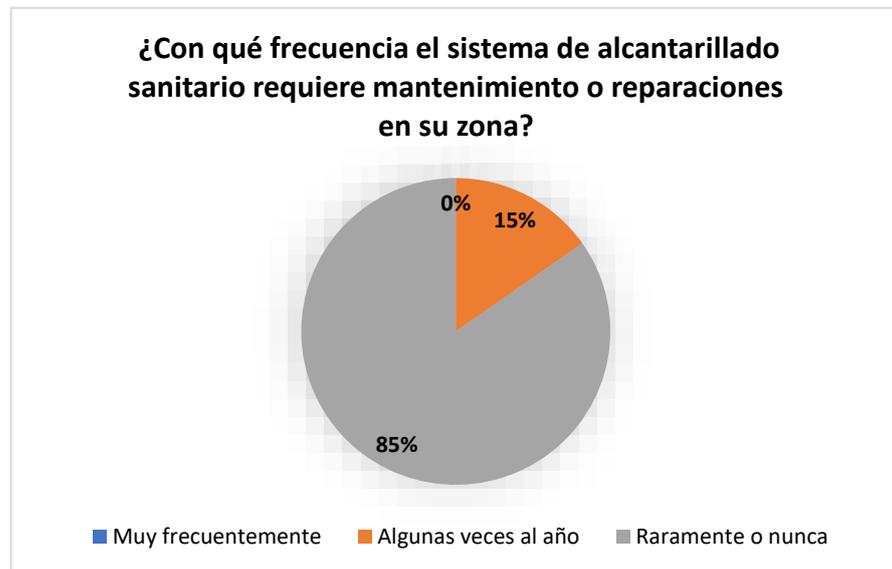
Fuente. Elaboración propia

En lo relacionado con el alcantarillado sanitario, el 92% de los encuestados afirma no haber notado problemas de obstrucción o malos olores, mientras que el 8% reporta haberlos observado ocasionalmente. No se presentaron casos de problemas frecuentes, lo que sugiere que el sistema opera adecuadamente en la mayoría de los casos.

7. ¿Con qué frecuencia el sistema de alcantarillado sanitario requiere mantenimiento o reparaciones en su zona?
 - a. Muy frecuentemente (0)
 - b. Algunas veces al año (11)

- c. Raramente o nunca (61)

Figura 16. *Mantenimiento de alcantarillado*

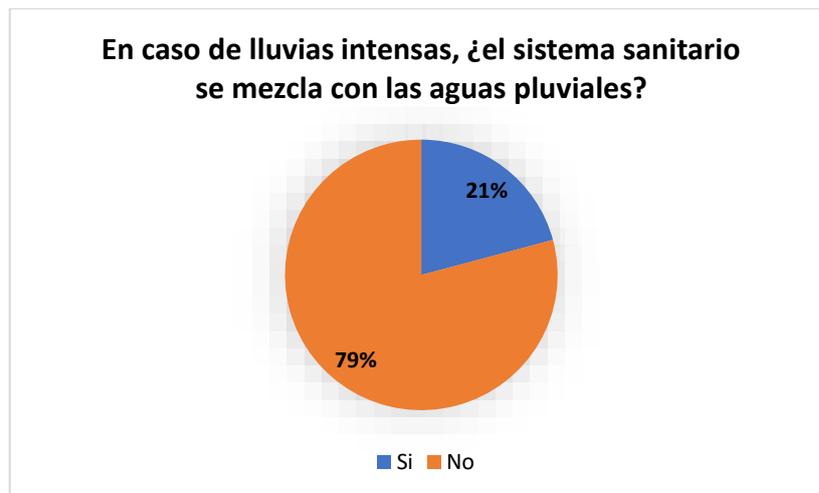


Fuente. Elaboración propia

El 85% de los encuestados menciona que el sistema de alcantarillado raramente o nunca requiere mantenimiento o reparaciones. El 15% indica que este necesita atención algunas veces al año, sin casos reportados de mantenimiento frecuente, lo que refleja una gestión razonablemente adecuada del sistema.

- 8. En caso de lluvias intensas, ¿el sistema sanitario se mezcla con las aguas pluviales?
 - a. Sí (15)
 - b. No (57)

Figura 17. Aguas pluviales



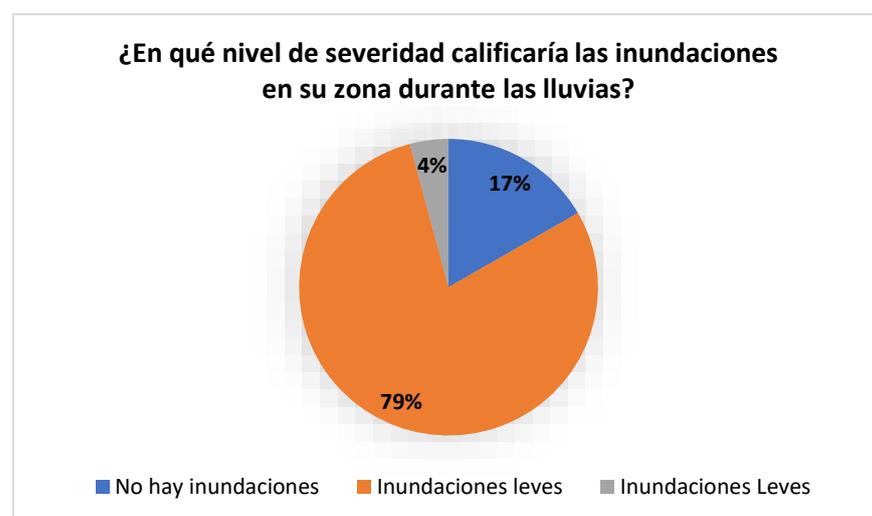
Fuente. Elaboración propia

El 79% de los encuestados señala que las aguas pluviales y sanitarias no se mezclan durante lluvias intensas, mientras que el 21% indica lo contrario. Esto refleja que, aunque el sistema funciona bien para la mayoría, hay áreas que requieren atención para evitar mezclas indeseadas.

9.- ¿En qué nivel de severidad calificaría las inundaciones en su zona durante las lluvias?

- No hay inundaciones (12)
- Inundaciones leves (57)
- Inundaciones graves (3)

Figura 18. Inundaciones



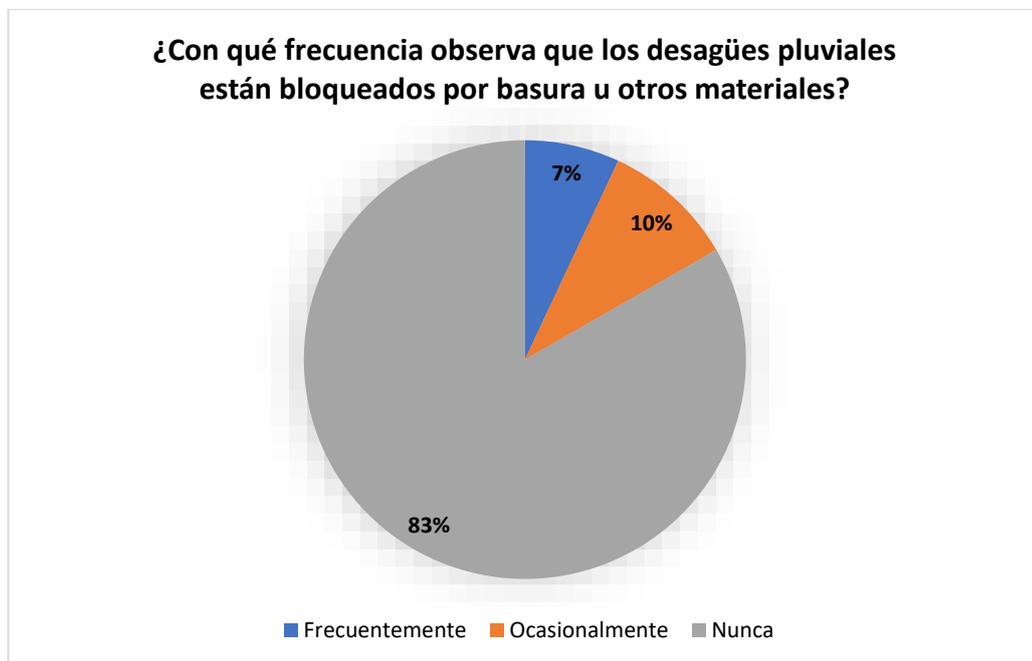
Fuente. Elaboración propia

El 79% de la población considera que las inundaciones en su zona son leves, mientras que el 17% reporta no haber experimentado inundaciones. Un 4% indica la presencia de inundaciones graves, destacando la necesidad de mejorar el drenaje en las áreas más vulnerables.

10.- ¿Con qué frecuencia observa que los desagües pluviales están bloqueados por basura u otros materiales?

- Frecuentemente (5)
- Ocasionalmente (7)
- Nunca (60)

Figura 19. *Condición de desagües*



Fuente. Elaboración propia

El 83% de los encuestados afirma que los desagües pluviales nunca están bloqueados, mientras que el 10% reporta bloqueos ocasionales. Solo el 7% indica que estos bloqueos ocurren frecuentemente, evidenciando que la acumulación de residuos en los desagües es un problema puntual.

4.2. Análisis de los resultados e interpretación de datos

Tras recopilar la información y modelar el sistema de alcantarillado en el área de estudio, se evaluó e identificó los posibles problemas en la red, esto conforme a las Normas para el Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes.

4.2.1. Reconocimiento de campo

Se identificó que la red corresponde al Nivel 3, es decir, alcantarillado sanitario en donde se utiliza una red de tuberías y colectores descritos en la sección 5.2 de la normativa, además de que se trata de un sistema combinado es decir está constituido por el caudal de aguas servidas, más el caudal de escorrentía pluvial.

Se evaluó el área de contribución y se determinó que la zona de drenaje abarca un total de 15.87 hectáreas. En el área de estudio se identificaron 34 pozos de revisión, ubicados en los puntos de cambio de pendientes y dirección, el 100% de los pozos presentaron daños, con tapas fusionadas a la superficie de la carretera, lo que dificulta su acceso y mantenimiento, tal como se puede observar en la figura 20, por otro lado, las cajas de revisión domiciliaria se encontraron mejor conservadas.

Figura 20. *Pozo de Revisión*



4.3. Evaluación de las condiciones actuales

4.3.1. Profundidad y diseño de las tuberías

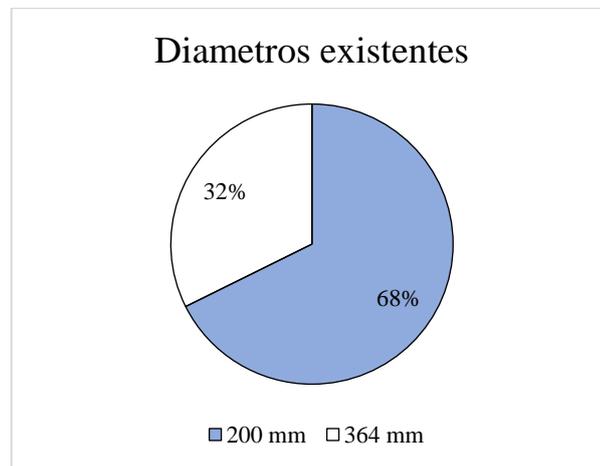
Dado que los pozos de revisión eran inaccesibles debido a su estado, se obtuvieron los planos del sistema de alcantarillado a través del Municipio de Marcabelí. A partir de estos, se observó que la cota de la clave de las tuberías está diseñada para una profundidad mínima de 1.2 metros, conforme a lo estipulado en el artículo 5.2.1.5. Esta profundidad permite la recolección eficiente de las aguas servidas de las viviendas más bajas a ambos lados de la calzada. Además, en el caso de tuberías sometidas a tránsito vehicular, se

garantiza un relleno mínimo de 1.2 metros sobre la clave del tubo, asegurando así su resistencia y durabilidad.

4.3.2. Diámetros mínimos

El diámetro mínimo establecido para los sistemas de alcantarillado sanitario es de 200 mm y 250 mm para sistemas pluviales. En la zona de estudio, se identificó que el 32% de las tuberías poseen un diámetro de 364 mm, mientras que el 68% tienen un diámetro de 200 mm y están fabricadas en PVC. Sin embargo, dado que el alcantarillado en esta área funciona como un sistema combinado, incluyendo el drenaje pluvial, los diámetros mínimos requeridos deben ser de 250 mm. Esto implica que, inicialmente, el 68% de las tuberías no cumplen con la normativa vigente.

Figura 21. *Diámetros existentes*



Fuente. elaboración propia

4.3.3. Población

Para evaluar las condiciones del sistema de alcantarillado, se estimó la población futura utilizando los métodos de proyección aritmética, geométrica y exponencial, así como una proyección basada en el crecimiento poblacional. Finalmente, se optó por este último método, tomando como referencia la tasa de crecimiento del Ecuador. Se determinó un incremento del 19,5% en la población entre 2010 y 2022. Como punto de partida, se consideró el año 2026 con una población inicial proyectada de 274 habitantes para el área de estudio. Para la evaluación del alcantarillado, se estableció un horizonte de 5, 10, 15, 20, 25 y 30 años, cuyas proyecciones poblacionales se resumen en la Tabla 1.

Tabla 12. Población

Periodo	Habitantes
Actual	274
5 años	306
10 años	329
15 años	352
20 años	375
25 años	398
30 años	421

Fuente. elaboración propia

4.3.4. Dotación de Agua

La dotación neta de agua se estableció en 200 litros por habitante por día, conforme a lo indicado en el artículo 4.1.4.2 del CPE INEN 5 Parte 9-1, en el cual se establece que para poblaciones de hasta 5000 habitantes con un clima cálido la dotación oscila entre los 170 y 200 litros por habitante por día.

4.3.5. Coeficiente de Retorno

El factor de retorno aplicado al caudal de aguas residuales domésticas se consideró dentro del rango del 70% al 80%, el cual corresponde a un nivel de complejidad bajo medio, el cual está definido por la población y la capacidad económica de los usuarios.

4.3.6. Caudal de diseño sanitario

El total de aguas residuales generadas se calculó en 0.05 l/s/ha. Además, se incorporó un caudal adicional correspondiente a las aguas residuales institucionales, estimado en 0.01 l/s/ha. Con base en estos datos, el caudal medio de aguas residuales se estableció en 0.06 l/s/ha.

También se tuvo en cuenta la presencia de conexiones ilícitas y los caudales de infiltración con valores de 0.2 l/s/ha, obteniendo finalmente un caudal de diseño de 0.57 l/s/ha.

$$\text{Area de drenaje total} = 15.87 \text{ ha}$$

$$\text{Dotacion neta} = 200 \text{ L/hab/día}$$

$$\text{Coeficiente de retorno } C = 0.80$$

$$(274 * 200 * 08)/86400 = 0.51L/hab/d$$

$$Q_d = 0.51/15.87 = 0.032l/s/ha$$

Tabla 13. Contribución de aguas residuales(actual)

Aguas residuales domésticas	0.032 l/s/ha
Aguas residuales institucionales	0.010 l/s/ha
Σ	0.042 l/s/ha

Fuente. elaboración propia

$$H = \frac{18 + \sqrt{0.274}}{4 + \sqrt{0.274}} = 4.09$$

$$Q_{mh} = 4.09 \cdot 0.42 = 0.17 \text{ l/s/ha}$$

$$Q_D = 0.17 + 0.2 + 0.2 = 0.57 \text{ l/s/ha}$$

Tabla 14. Caudal de diseño(actual)

Conexiones erradas o ilícitas	0.20 l/s/ha
Caudal de infiltración	0.20 l/s/ha
Factor de mayoración, Harmon	4.09
Caudal Máximo horario	0.17166 l/s/ha
Caudal de diseño	0.57 l/s/ha

Fuente. Elaboración propia

En el sistema actual el caudal de diseño para el sistema sanitario corresponde a 0.57 l/s/ha.

4.3.7. Caudal de diseño pluvial

Para el sistema pluvial, los caudales se estimaron a través del método racional, el cual es recomendado para áreas con una superficie inferior a 5 km², para obtener este caudal se requiere el coeficiente de escurrimiento, la intensidad de lluvia (mm/h) y el área de drenaje.

El tiempo de concentración se calculó utilizando la fórmula de Kirpich, considerando la trayectoria más larga desde el punto más remoto de la cuenca hasta la sección de estudio. Este cálculo dio como resultado un tiempo de concentración de 4.14 minutos. Sin embargo, la normativa recomienda valores entre 10 y 30 minutos para áreas urbanas, por

lo que se adoptó un tiempo de concentración de 10 minutos. Además, el tiempo de recorrido fue calculado para cada tramo de tubería en función de su longitud. El coeficiente de escorrentía fue establecido en 0.6 para las áreas residenciales.

La intensidad de precipitación fue obtenida a partir de las curvas IDF, la cual debe ser escogida dependiendo del nivel de complejidad del sistema, para el caso de estudio de un sistema medio, la obtención mínima de las curvas IDF se establece en información pluviográfica regional (RAS 2000, 2000), los datos se tomaron de la estación más cercana a la zona de estudio, identificada como la estación Zaruma (código M0180).

Tabla 15. *Intensidad, Duración, Frecuencia*

ESTACIÓN		INTERVALO DE TIEMPO (minutos)	ECUACIONES	R	R ²
CÓDIGO	NOMBRE				
M0180	ZARUMA	5<30	$i = 150.677 * T^{0.16} * t^{-0.3755}$	0.9668	0.935
		30<120	$i = 282.0606 * T^{0.1778} * t^{-0.5799}$	0.9854	0.971
		120<1440	$i = 957.0308 * T^{0.1811} * t^{-0.834}$	0.9965	0.993

Fuente: INAHMI

Los caudales de diseño obtenidos para el sistema pluvial para cada tramo analizado se presentan en *Anexo 6. Condición actual del sistema de alcantarillado.*

4.4. Caudal del sistema combinado

El caudal está constituido por el caudal de aguas servidas, más el caudal de escorrentía pluvial, es decir para la condición actual los caudales que pasan por las tuberías se presentan en la tabla 17.

Tabla 16. *Condición actual del sistema de alcantarillado*

Tramo	Q (l/s)	Diámetro (mm)	Condición	Velocidad	Pendiente
1	10.89	200	Cumple	cumple	Cumple
2	56.16	200	Cumple	cumple	Cumple
3	88.70	200	No cumple	cumple	Cumple
4	104.04	200	No cumple	cumple	Cumple
5	138.74	200	No cumple	cumple	Cumple
6	159.37	200	No cumple	cumple	Cumple
7	192.41	364	Cumple	cumple	Cumple
8	209.86	364	No cumple	cumple	Cumple
9	240.97	364	No cumple	cumple	Cumple
10	283.16	364	No cumple	cumple	Cumple
11	365.02	364	No cumple	cumple	Cumple
12	457.68	364	No cumple	cumple	Cumple
13	541.50	364	No cumple	cumple	Cumple
14	597.40	364	No cumple	cumple	Cumple
15	683.60	364	No cumple	cumple	Cumple
16	772.65	364	No cumple	cumple	Cumple
17	811.09	364	No cumple	cumple	Cumple
18	837.87	200	No cumple	cumple	Cumple
19	956.31	200	No cumple	cumple	Cumple
20	974.69	200	No cumple	cumple	Cumple
21	982.90	200	No cumple	cumple	Cumple
22	961.81	200	No cumple	cumple	Cumple
23	1078.52	200	No cumple	cumple	Cumple
24	1094.58	200	No cumple	cumple	Cumple
25	9.82	200	Cumple	cumple	Cumple
26	45.43	200	Cumple	cumple	Cumple
27	58.85	200	No cumple	cumple	Cumple
28	90.45	200	No cumple	cumple	Cumple
29	158.31	200	No cumple	cumple	Cumple
30	270.55	200	No cumple	cumple	Cumple
31	417.94	200	No cumple	cumple	Cumple
32	525.47	200	No cumple	cumple	Cumple
33	628.13	200	No cumple	cumple	Cumple
34	656.28	200	No cumple	cumple	Cumple

Fuente. Elaboración propia

En la evaluación del sistema de alcantarillado, se estableció como criterio que los diámetros de las tuberías no superen el 90% de su capacidad de operación y que la velocidad mínima del flujo sea de 0.9 m/s. Sin embargo, los resultados indican que 29 tramos están operando por encima de este límite.

Además, dado que se trata de un sistema combinado, la normativa exige un diámetro mínimo de 250 mm. Bajo este criterio, ninguna de las tuberías cumple con el requerimiento, lo que demuestra que el sistema actual no es adecuado para manejar las cargas hidráulicas previstas

Por otro lado, los criterios de pendiente y velocidad mínimas en las tuberías sí se cumplen, ya que los altos caudales circulan a través de diámetros reducidos. Dado que el caudal es directamente proporcional a la velocidad, en todos los tramos analizados se observa que esta supera los 0.9 m/s, garantizando así el arrastre de sólidos y evitando sedimentaciones dentro del sistema.

4.5. Análisis del Sistema de Alcantarillado en Horizontes de Diseño de 5 años a 30 años

Para el análisis del sistema de alcantarillado, se realizó una evaluación considerando un horizonte de diseño de 30 años, con verificaciones cada 5 años. Debido al crecimiento poblacional y al aumento progresivo de los caudales, se plantea una estrategia de optimización basada en la sustitución gradual de los tramos que no cumplen con los criterios de diseño. Cada 5 años, se recalculan los caudales de diseño y se verifica el cumplimiento de los diámetros proyectados, permitiendo ajustar y optimizar el sistema conforme a las necesidades futuras.

4.5.1. Análisis a 5 años

Tabla 17. Evaluación a 5 años

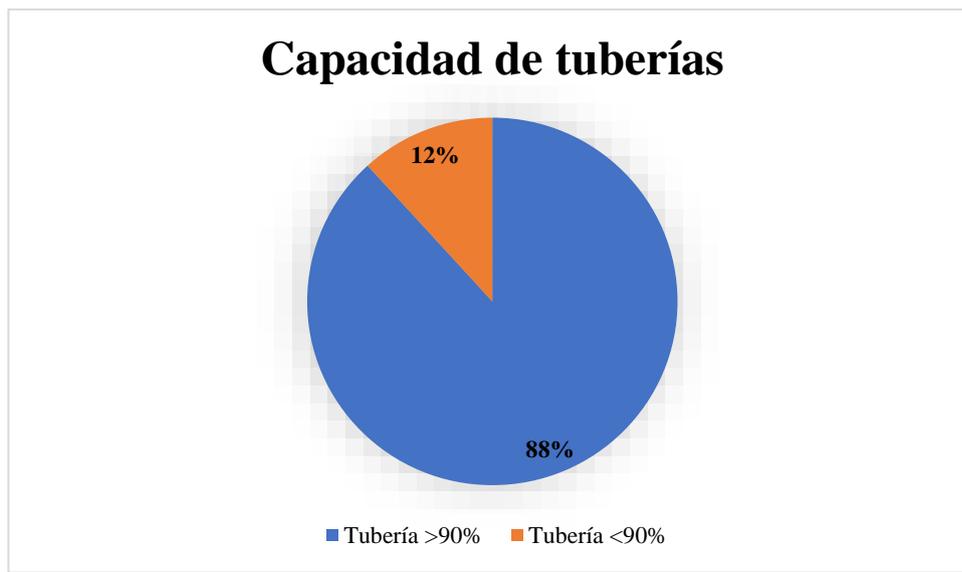
Tramo	Q (l/s)	Diámetro (mm)	Condición	Velocidad	Pendiente
1	13.64	250	Cumple	cumple	Cumple
2	72.21	250	Cumple	cumple	Cumple
3	114.31	300	No cumple	cumple	Cumple
4	134.15	364	No cumple	cumple	Cumple
5	179.05	364	No cumple	cumple	Cumple
6	205.73	364	No cumple	cumple	Cumple
7	248.49	300	No cumple	no cumple	Cumple
8	271.06	500	No cumple	cumple	Cumple
9	311.31	600	No cumple	cumple	Cumple
10	365.93	600	No cumple	cumple	Cumple
11	471.70	600	No cumple	cumple	Cumple
12	591.44	700	No cumple	cumple	Cumple
13	699.77	700	No cumple	cumple	Cumple
14	772.01	700	No cumple	cumple	Cumple
15	883.42	700	No cumple	cumple	Cumple
16	998.45	800	No cumple	cumple	Cumple
17	1048.16	800	No cumple	cumple	Cumple
18	1082.75	500	No cumple	cumple	Cumple
19	1235.83	600	No cumple	cumple	Cumple
20	1259.58	900	No cumple	cumple	Cumple
21	1270.20	900	No cumple	cumple	Cumple
22	1242.89	900	No cumple	cumple	Cumple
23	1393.75	900	No cumple	cumple	Cumple
24	1414.50	500	No cumple	cumple	Cumple
25	11.12	250	Cumple	cumple	Cumple
26	57.13	250	Cumple	cumple	Cumple
27	74.48	250	No cumple	cumple	Cumple
28	115.34	300	No cumple	cumple	Cumple
29	203.06	250	No cumple	cumple	Cumple
30	348.20	364	No cumple	cumple	Cumple
31	538.66	500	No cumple	cumple	Cumple
32	677.62	400	No cumple	cumple	Cumple
33	810.29	400	No cumple	cumple	Cumple
34	846.69	600	No cumple	cumple	Cumple

Fuente. Elaboración propia

Para la reevaluación a los 5 años se cambiaron los diámetros teniendo en consideración el diámetro mínimo a utilizar de 250mm.

En 5 años fallaran el 88% tramos, 4 tramos a causa de sobrecapacidad de tubo lleno y uno de ellos a causa de no cumplir con el criterio de velocidad mínima, en la figura se muestra que solo el 12% de tramos trabaja a menos del 90% de su capacidad.

Figura 22. *Capacidad de tuberías (5 años)*



Fuente. Elaboración propia

4.5.2. Análisis a 10 años

Para esta reevaluación, se realizaron ajustes con el objetivo de cumplir los criterios establecidos a los 5 años. Sin embargo, al proyectar el desempeño del sistema a los 10 años, se encontró los siguiente:

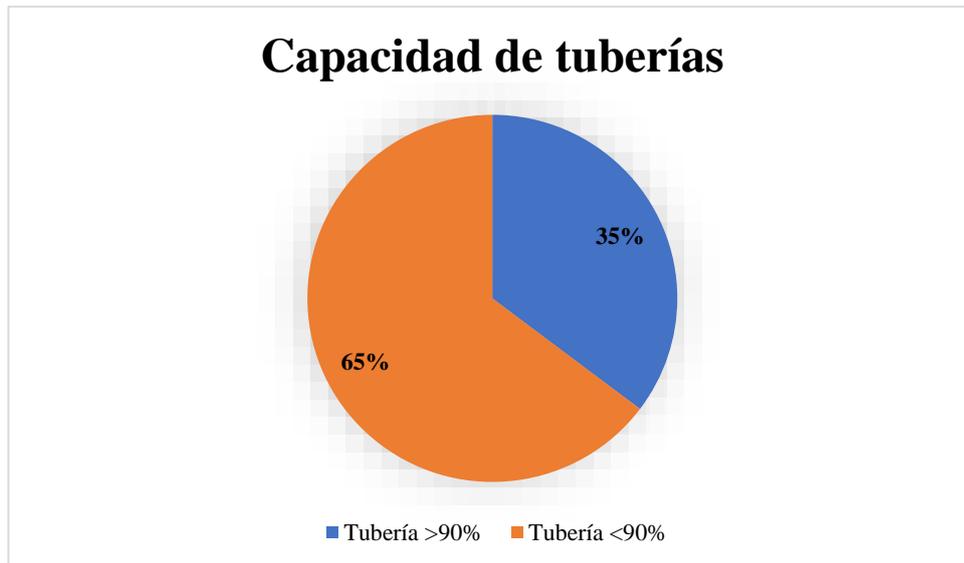
Tabla 18. Evaluación a 10 años

Tramo	Q (l/s)	Diámetro (mm)	Condición	Velocidad	Pendiente
1	15.07	200	Cumple	cumple	Cumple
2	80.50	250	Cumple	cumple	Cumple
3	127.54	364	Cumple	cumple	Cumple
4	149.71	400	Cumple	cumple	Cumple
5	199.87	400	No cumple	cumple	Cumple
6	229.69	500	Cumple	cumple	Cumple
7	277.45	364	Cumple	no cumple	Cumple
8	302.68	600	Cumple	cumple	Cumple
9	347.65	700	Cumple	cumple	Cumple
10	408.69	700	Cumple	cumple	Cumple
11	526.81	700	No cumple	cumple	Cumple
12	660.54	800	No cumple	cumple	Cumple
13	781.53	800	No cumple	cumple	Cumple
14	862.21	900	Cumple	cumple	Cumple
15	986.65	800	Cumple	cumple	Cumple
16	1115.11	950	No cumple	cumple	Cumple
17	1170.64	950	No cumple	cumple	Cumple
18	1209.26	600	Cumple	cumple	Cumple
19	1380.24	700	Cumple	cumple	Cumple
20	1406.77	1000	No cumple	cumple	Cumple
21	1418.63	1000	No cumple	cumple	Cumple
22	1388.10	1000	No cumple	cumple	Cumple
23	1556.60	1100	No cumple	cumple	Cumple
24	1579.78	600	Cumple	cumple	Cumple
25	11.79	250	Cumple	cumple	Cumple
26	63.17	250	Cumple	cumple	Cumple
27	82.55	300	Cumple	cumple	Cumple
28	128.20	364	Cumple	cumple	Cumple
29	226.18	364	Cumple	cumple	Cumple
30	388.31	400	No cumple	cumple	Cumple
31	601.02	600	Cumple	cumple	Cumple
32	756.23	500	Cumple	cumple	Cumple
33	904.39	500	Cumple	cumple	Cumple
34	945.05	700	No cumple	cumple	Cumple

Fuente. Elaboración propia

Se observó que el 65% de los tramos cumplen con los parámetros establecidos, 22 tramos no cumplen, lo que indica la necesidad de nuevas modificaciones, es decir el 35% de la tubería no funciona adecuadamente, aunque se debe tener en consideración que para este periodo el tramo 7 no cumple la condición de velocidad mínima.

Figura 23. *Capacidad de tuberías (10 años)*



Fuente. Elaboración propia

4.5.3. Análisis a 15 años

Tras reajustar los tramos que no cumplían en la evaluación anterior, se volvió a analizar el comportamiento de la red a los 15 años. Los resultados mostraron una mejora, los datos obtenidos se muestran a continuación:

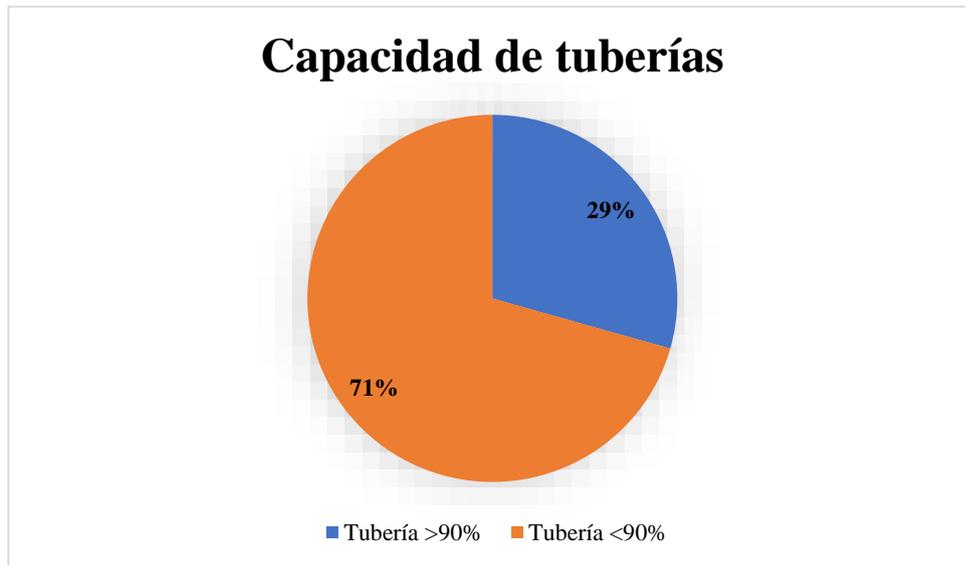
Tabla 19. Evaluación a 15 años

Tramo	Q (l/s)	Diámetro (mm)	Condición	Velocidad	Pendiente
1	15.98	200	Cumple	cumple	Cumple
2	85.80	250	Cumple	cumple	Cumple
3	135.99	364	Cumple	cumple	Cumple
4	159.64	400	Cumple	cumple	Cumple
5	213.17	400	No cumple	cumple	Cumple
6	244.98	500	Cumple	cumple	Cumple
7	295.95	364	Cumple	cumple	Cumple
8	322.86	600	Cumple	cumple	Cumple
9	370.85	700	Cumple	cumple	Cumple
10	436.00	700	Cumple	cumple	Cumple
11	562.02	700	No cumple	cumple	Cumple
12	704.68	800	No cumple	cumple	Cumple
13	833.75	900	Cumple	cumple	Cumple
14	919.83	900	Cumple	cumple	Cumple
15	1052.59	800	Cumple	cumple	Cumple
16	1189.61	1000	Cumple	cumple	Cumple
17	1248.86	950	No cumple	cumple	Cumple
18	1290.06	600	No cumple	cumple	Cumple
19	1472.47	700	Cumple	cumple	Cumple
20	1500.77	1100	Cumple	cumple	Cumple
21	1513.43	1100	Cumple	cumple	Cumple
22	1480.85	1100	Cumple	cumple	Cumple
23	1660.61	1100	No cumple	cumple	Cumple
24	1685.35	600	No cumple	cumple	Cumple
25	12.26	250	Cumple	cumple	Cumple
26	67.07	250	Cumple	cumple	Cumple
27	87.74	300	Cumple	cumple	Cumple
28	136.44	364	Cumple	cumple	Cumple
29	240.98	364	Cumple	cumple	Cumple
30	413.97	400	No cumple	cumple	Cumple
31	640.88	600	Cumple	cumple	Cumple
32	806.47	500	Cumple	cumple	Cumple
33	964.53	500	No cumple	cumple	Cumple
34	1007.92	700	No cumple	cumple	Cumple

Fuente. Elaboración propia

En el nuevo análisis se observó que el 71% de los tramos cumplen con los criterios, y solo existen 10 tramos que aún no cumplen, lo que demuestra que, aunque la optimización ha sido efectiva, todavía es necesario realizar correcciones, ya que esta vez el 29% de las tuberías funcionan a tubo lleno.

Figura 24. *Capacidad de tuberías (15 años)*



4.5.4. Análisis a 20 años

Con base en los ajustes realizados en la evaluación a los 15 años, se proyectó el comportamiento del sistema a los 20 años, obteniendo los siguientes resultados:

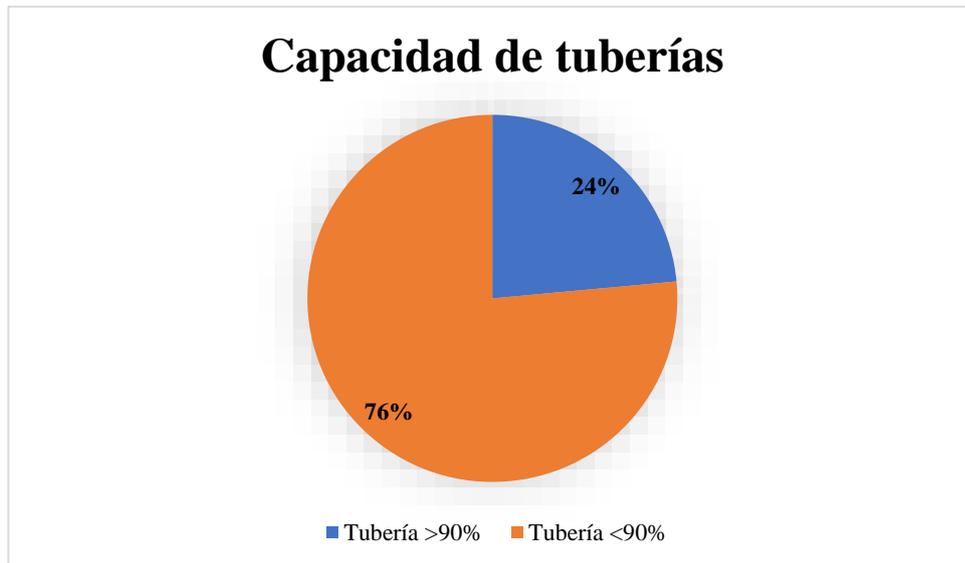
Tabla 20. Evaluación a 20 años

Tramo	Q (l/s)	Diámetro (mm)	Condición	Velocidad	Pendiente
1	16.66	250	Cumple	cumple	Cumple
2	89.77	250	Cumple	cumple	Cumple
3	142.32	364	Cumple	cumple	Cumple
4	167.09	400	No cumple	cumple	Cumple
5	223.14	500	Cumple	cumple	Cumple
6	256.45	500	Cumple	cumple	Cumple
7	309.82	364	Cumple	no cumple	Cumple
8	338.00	600	No cumple	cumple	Cumple
9	388.25	700	Cumple	cumple	Cumple
10	456.48	700	Cumple	cumple	Cumple
11	588.42	800	Cumple	cumple	Cumple
12	737.79	900	Cumple	cumple	Cumple
13	872.93	900	Cumple	cumple	Cumple
14	963.05	900	No cumple	cumple	Cumple
15	1102.05	800	Cumple	cumple	Cumple
16	1245.51	1000	Cumple	cumple	Cumple
17	1307.54	1000	Cumple	cumple	Cumple
18	1350.68	600	No cumple	cumple	Cumple
19	1541.66	700	Cumple	cumple	Cumple
20	1571.29	1100	No cumple	cumple	Cumple
21	1584.55	1100	Cumple	cumple	Cumple
22	1550.42	1100	No cumple	cumple	Cumple
23	1738.64	1200	Cumple	cumple	Cumple
24	1764.54	700	Cumple	cumple	Cumple
25	12.63	250	Cumple	cumple	Cumple
26	70.02	250	Cumple	cumple	Cumple
27	91.66	300	Cumple	cumple	Cumple
28	142.66	364	No cumple	cumple	Cumple
29	252.11	364	Cumple	cumple	Cumple
30	433.24	500	Cumple	cumple	Cumple
31	670.81	600	Cumple	cumple	Cumple
32	844.18	500	Cumple	cumple	Cumple
33	1009.67	500	No cumple	cumple	Cumple
34	1055.10	800	Cumple	cumple	Cumple

Fuente. Elaboración propia

Se obtuvo que el 76% de los tramos cumplen con los parámetros establecidos, mientras que 8 tramos no cumplen, es decir el 24% de las tuberías, lo que indica una tendencia a la estabilización del sistema, además se volvió a observar que en el tramo 7 la condición de velocidad no se cumple.

Figura 25. *Capacidad de tuberías (20 años)*



Fuente. Elaboración propia

4.5.5. Análisis a 25 años

A medida que se realizan ajustes progresivos en el sistema, la cantidad de tramos que cumplen con los requisitos sigue aumentando. En este periodo se encontró lo siguiente:

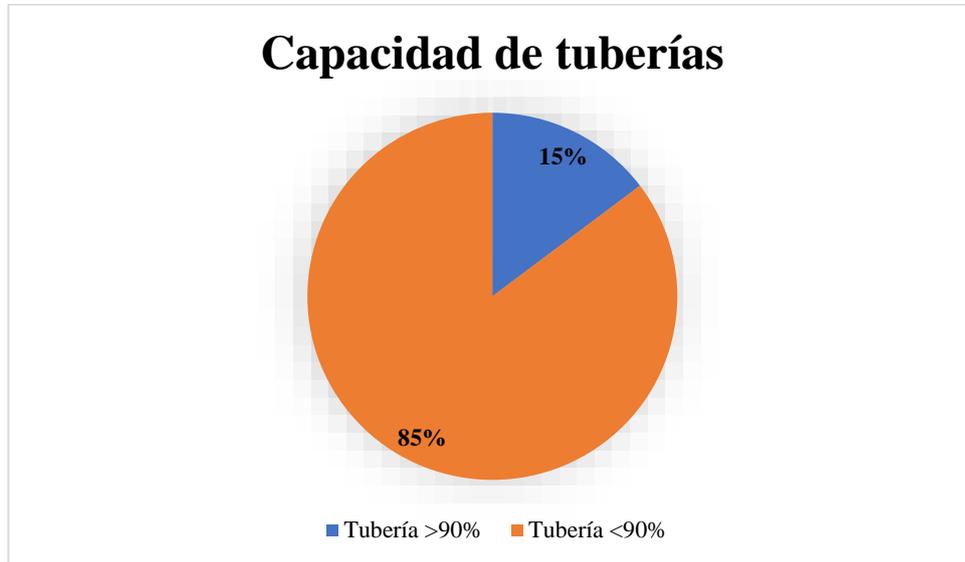
Tabla 21. Evaluación a 25 años

Tramo	Q (l/s)	Diámetro (mm)	Condición	Velocidad	Pendiente
1	17.21	250	Cumple	cumple	Cumple
2	92.98	250	Cumple	cumple	Cumple
3	147.44	364	Cumple	cumple	Cumple
4	173.11	500	Cumple	cumple	Cumple
5	231.19	500	Cumple	cumple	Cumple
6	265.72	500	Cumple	cumple	Cumple
7	321.03	364	Cumple	no cumple	Cumple
8	350.23	700	Cumple	cumple	Cumple
9	402.30	700	Cumple	cumple	Cumple
10	473.04	700	Cumple	cumple	Cumple
11	609.77	800	Cumple	cumple	Cumple
12	764.55	900	Cumple	cumple	Cumple
13	904.59	900	Cumple	cumple	Cumple
14	997.98	950	Cumple	cumple	Cumple
15	1142.02	800	No cumple	cumple	Cumple
16	1290.68	1000	No cumple	cumple	Cumple
17	1354.97	1000	No cumple	cumple	Cumple
18	1399.67	700	Cumple	cumple	Cumple
19	1597.58	700	Cumple	cumple	Cumple
20	1628.29	1200	Cumple	cumple	Cumple
21	1642.02	1100	No cumple	cumple	Cumple
22	1606.66	1200	Cumple	cumple	Cumple
23	1801.71	1200	Cumple	cumple	Cumple
24	1828.54	700	Cumple	cumple	Cumple
25	12.96	250	Cumple	cumple	Cumple
26	72.43	250	Cumple	cumple	Cumple
27	94.85	300	Cumple	cumple	Cumple
28	147.70	400	Cumple	cumple	Cumple
29	261.12	364	Cumple	cumple	Cumple
30	448.83	500	Cumple	cumple	Cumple
31	695.02	600	Cumple	cumple	Cumple
32	874.68	500	No cumple	cumple	Cumple
33	1046.17	600	Cumple	cumple	Cumple
34	1093.25	800	Cumple	cumple	Cumple

Fuente. Elaboración propia

Para este periodo 85% de tramos cumplen con los criterios y que el 15% de los tramos no cumplen, además se volvió a evidenciar que el tramo 7 no cumple la condición de pendiente mínima.

Figura 26. *Capacidad de tuberías (25 años)*



Fuente. Elaboración propia

4.5.6. Análisis a 30 años

Finalmente, tras varios reajustes, la red alcanza un alto nivel de cumplimiento. En esta última evaluación se determinaron los siguientes resultados:

Tabla 22. Evaluación a 30 años

Tramo	Q (l/s)	Diámetro (mm)	Condición	Velocidad	Pendiente
1	17.67	250	Cumple	cumple	Cumple
2	95.69	250	Cumple	cumple	Cumple
3	151.76	364	Cumple	cumple	Cumple
4	178.19	500	Cumple	cumple	Cumple
5	237.99	500	Cumple	cumple	Cumple
6	273.54	500	Cumple	cumple	Cumple
7	330.48	364	No cumple	no cumple	Cumple
8	360.55	700	Cumple	cumple	Cumple
9	414.17	700	Cumple	cumple	Cumple
10	487.02	700	Cumple	cumple	Cumple
11	627.78	800	Cumple	cumple	Cumple
12	787.14	900	Cumple	cumple	Cumple
13	931.32	900	Cumple	cumple	Cumple
14	1027.47	950	Cumple	cumple	Cumple
15	1175.77	900	Cumple	cumple	Cumple
16	1328.82	1200	Cumple	cumple	Cumple
17	1395.01	1200	Cumple	cumple	Cumple
18	1441.03	700	Cumple	cumple	Cumple
19	1644.79	700	Cumple	cumple	Cumple
20	1676.41	1200	Cumple	cumple	Cumple
21	1690.55	1200	Cumple	cumple	Cumple
22	1654.13	1200	Cumple	cumple	Cumple
23	1854.95	1200	Cumple	cumple	Cumple
24	1882.58	700	Cumple	cumple	Cumple
25	13.25	250	Cumple	cumple	Cumple
26	74.48	250	Cumple	cumple	Cumple
27	97.56	300	Cumple	cumple	Cumple
28	151.98	400	Cumple	cumple	Cumple
29	268.75	364	Cumple	cumple	Cumple
30	462.01	500	Cumple	cumple	Cumple
31	715.47	600	Cumple	cumple	Cumple
32	900.44	600	Cumple	cumple	Cumple
33	1077.00	600	Cumple	cumple	Cumple
34	1125.47	800	Cumple	cumple	Cumple

Fuente. Elaboración propia

Aquí se obtuvo que el 97% de los tramos cumplen con los criterios establecidos, Solo 1 tramo no cumple, lo que demuestra la efectividad de los ajustes realizados a lo largo del tiempo, aunque el tramo 7 continua sin cumplir la condición de pendiente mínima.

Figura 27. Capacidad de tuberías (30 años)



Fuente. Elaboración propia

4.6.Propuesta de rediseño

Se planteó un rediseño del sistema de alcantarillado y un sistema pluvial para cumplir con los criterios de velocidad y pendiente mínima, y capacidad de la tubería para el caudal recibido.

El rediseño contempla la modificación de la pendiente en los 16 tramos identificados donde no se alcanza la velocidad mínima requerida para el sistema sanitario, además de la propuesta de un nuevo sistema pluvial con el propósito de evitar problemas como la sobrecarga del sistema durante lluvias intensas, que puede generar desbordamientos, inundaciones y derrames de aguas residuales; la contaminación ambiental, debido a la liberación de aguas sin tratar al entorno; y las dificultades en el tratamiento, ya que el volumen adicional mezclado de aguas residuales sanitarias y pluviales aumenta la carga sobre las plantas de tratamiento, reduciendo su eficiencia.

4.6.1. Propuesta sistema sanitario

Para llevar a cabo el diseño sanitario, se realizó una proyección del crecimiento poblacional basándose en la tasa de crecimiento del Ecuador. Se determinó un incremento del 19,5% de la población durante el periodo de 2010 a 2022. Como punto de partida, se

consideró el año 2026 con una población inicial proyectada de 286 habitantes para el área de estudio. Para el rediseño del sistema de alcantarillado, se estableció un horizonte de 30 años, estimando una población final de 421 habitantes, según los datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (2022).

La ecuación utilizada para calcular la población fue:

$$283 + 283 * (30 * 1.625\%) = 421 \text{ habitantes}$$

El área de drenaje evaluada correspondió a 15.87 hectáreas, con una dotación neta de 200 litros por habitante por día, según lo establecido en el artículo 4.1.4.2 del CPE INEN 5 Parte 9-1. Además, se aplicó un factor de retorno al caudal de aguas residuales domésticas, el cual se encuentra en un rango del 70% al 80%, conforme a Pozo et al. (2020).

Se determinó un caudal total de aguas residuales de 0.05 l/s/ha y, adicionalmente, se consideró un aporte de aguas institucionales de 0.01 l/s/ha. En consecuencia, el caudal medio de aguas residuales se estableció en 0.06 l/s/ha. Al incluir las conexiones ilícitas y los caudales de infiltración, se obtuvo un caudal de diseño final de 0.64 l/s/ha.

$$\text{Area de drenaje total} = 15.87 \text{ ha}$$

$$\text{Dotacion neta} = 200 \text{ L/hab/día}$$

$$\text{Coeficiente de retorno } C = 0.80$$

$$(421 * 200 * 0.8) / 86400 = 0.78 \text{ L/hab/d}$$

$$Q_d = 0.78 / 15.87 = 0.049 \text{ l/s/ha}$$

Tabla 23. Contribución de aguas residuales (Rediseño)

Aguas residuales domésticas	0.049 l/s/ha
Aguas residuales institucionales	0.01 l/s/ha
Σ	0.059 l/s/ha

Fuente. Elaboración propia

$$H = \frac{18 + \sqrt{0.421}}{4 + \sqrt{0.421}} = 4.01$$

$$Q_{mh} = 4.01 \cdot 0.059 = 0.24 \text{ l/s/ha}$$

$$Q_D = 0.24 + 0.2 + 0.2 = 0.64 \text{ l/s/ha}$$

Tabla 24. Caudal de diseño (Rediseño)

Conexiones erradas o ilícitas	0.20 l/s/ha
Caudal de infiltración	0.20 l/s/ha
Factor de mayoración, Harmon	4.01
Caudal Máximo horario	0.24 l/s/ha
Caudal de diseño	0.64 l/s/ha

Fuente. Elaboración propia

Como los diámetros existentes cumplen con los criterios establecidos, se optó por modificar la pendiente de los tramos en los que no se alcanzaba la velocidad mínima requerida. De esta manera, se estableció una pendiente mínima que garantizara el cumplimiento del criterio de tensión tractiva.

Se presenta el presupuesto referencial de la alternativa estudiada

Tabla 25. Presupuesto Referencial Sistema Sanitario

Universidad Técnica de Machala					
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL					
Proyecto: REDISEÑO DE ALCANTARILLADO MARCABELÍ					
TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS					
No.	Rubro / Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio global
1	Replanteo	m	1844.82	2.22	4101.34
2	Rotura de pavimento asfáltico e=5cm	m ²	2595	4.72	12250.16
3	Excavación zanja a máquina H=0.0-2.00 m (en tierra)	m ³	209.84	6.93	1454.95
4	Excavación zanja a máquina H=2.01-4.00 m (en tierra)	m ³	2109.1	6.93	14623.66
5	Rasanteo y preparación zanja	m ²	614.64	8.17	5024.31
6	Entibado de zanja	m ²	3110.28	8.53	26521.98
7	Cama de arena	m ³	30.74	14.20	436.45
8	Tubería de PVC D=200mm	ml	281.86	23.88	6729.64
9	Tubería de PVC D=364mm (Trans.Instal y prueb)	ml	583.1	29.63	17277.84
10	Relleno compactado (material de excavación)	m ³	2318.94	12.26	28425.89
11	Pozo de revisión H.S. f'c=210kg/cm ² con tapa H=0-2.00M	u	20	326.18	6523.59
12	Pozo de revisión H.S. f'c=210kg/cm ² con tapa H=2.01-4.00M	u	14	383.42	5367.89
13	Recapeo de pavimento asfáltico	m ²	2595	13.64	35407.74
				TOTAL:	128737.7

Fuente. Elaboración propia

4.6.2. Propuesta sistema pluvial

Para el sistema pluvial, el tiempo de concentración se calculó utilizando la fórmula de Kirpich, considerando la trayectoria más larga desde el punto más remoto de la cuenca hasta la sección de estudio. Este cálculo dio como resultado un tiempo de concentración de 4.14 minutos. Sin embargo, la normativa recomienda valores entre 10 y 30 minutos para áreas urbanas, por lo que se adoptó un tiempo de concentración de 10 minutos. Además, el tiempo de recorrido fue calculado para cada tramo de tubería en función de su longitud.

La intensidad de precipitación fue obtenida a partir de las curvas IDF de la estación más cercana a la zona de estudio, identificada como la estación Zaruma (código M0180).

Tabla 26. IDF

ESTACIÓN		INTERVALO DE TIEMPO (minutos)	ECUACIONES	R	R ²
CÓDIGO	NOMBRE				
M0180	ZARUMA	5<30	$i = 150.677 * T^{0.16} * t^{-0.3755}$	0.9668	0.935
		30<120	$i = 282.0606 * T^{0.1778} * t^{-0.5799}$	0.9854	0.971
		120<1440	$i = 957.0308 * T^{0.1811} * t^{-0.834}$	0.9965	0.993

Fuente. INAHMI

Las consideraciones para el diseño del sistema pluvial incluyeron garantizar que los diámetros de las tuberías operen a un máximo del 90% de su capacidad y mantener velocidades mínimas de flujo de 0.9 m/s. El coeficiente de escorrentía fue establecido en 0.6 para las áreas residenciales.

Se presenta el presupuesto referencial de la alternativa estudiada para el sistema de alcantarillado pluvial.

Tabla 27. Presupuesto Referencial Sistema Pluvial

Universidad Técnica de Machala					
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL					
Proyecto: REDISEÑO DE ALCANTARILLADO MARCABELÍ					
TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS					
No.	Rubro / Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio global
1	Replanteo	m	1844.82	2.22	4101.34
2	Rotura de pavimento asfaltico e=5cm	m2	2595	4.72	12250.16
3	Excavación zanja a máquina H=0.0-2.00 m (en tierra)	m3	2595	6.93	17992.69
4	Excavación zanja a máquina H=2.01-4.00 m (en tierra)	m3	209.84	6.93	1454.95
5	Rasanteo y preparación zanja	m2	614.64	8.17	5024.31
6	Entibado de zanja	m2	3110.28	8.53	26521.98
7	Cama de arena	m3	30.74	14.20	436.45
8	Tubería de PVC D=250mm (Trans.Instal y prueb)	ml	245.63	29.63	7278.26
9	Tubería de PVC D=300mm (Trans.Instal y prueb)	ml	174.86	44.03	7698.95
10	Tubería de PVC D=400mm (Trans.Instal y prueb)	ml	145.5	71.76	10441.16
11	Tubería de PVC D=500mm (Trans.Instal y prueb)	ml	214.9	90.81	19514.76
12	Tubería de PVC D=600mm (Trans.Instal y prueb)	ml	330	98.75	32588.34
13	Tubería de PVC D=700mm (Trans.Instal y prueb)	ml	252	105.63	26618.4
14	Tubería de PVC D=800mm (Trans.Instal y prueb)	ml	178.5	119.03256	21247.31
15	Tubería de PVC D=900mm (Trans.Instal y prueb)	ml	185.96	122.63256	22804.75
16	Relleno compactado (material de excavación)	m3	2264.394	12.258138	27757.25
17	Pozo de revisión H.S. f'c=210kg/cm2 con tapa H=0-2.00M	u	20	326.17968	6523.59
18	Pozo de revisión H.S. f'c=210kg/cm2 con tapa H=2.01-4.00M	u	14	383.42052	5367.89
19	Sumidero prefabricado (INC. rejilla metálica)	u	64	267.8967	17145.39
20	Recapeo	m2	1844.82	13.6446	25171.83
				TOTAL:	297939.76

Fuente. Elaboración propia

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La evaluación del sistema de alcantarillado permitió identificar deficiencias significativas tanto en su capacidad hidráulica como en su estado estructural, evidenciando limitaciones en su operatividad y sostenibilidad a largo plazo.

El análisis bibliográfico se empleó para validar distintos enfoques de evaluación de sistemas de alcantarillado, considerando parámetros fundamentales como diámetros mínimos, velocidades y pendientes adecuadas, así como profundidades mínimas de pozos de inspección.

A partir del análisis del sistema actual, se determinó que el 100% de los pozos de revisión presentan daños, con tapas fusionadas a la superficie de la carretera, lo que dificulta su acceso y mantenimiento; aunque las cajas de revisión domiciliaria se encuentran en mejor estado, la red en su conjunto muestra deficiencias estructurales y de diseño que, sumadas a la sobrecarga hidráulica en múltiples tramos, hacen al sistema altamente vulnerable frente a inundaciones y al deterioro a largo plazo. Esto resulta especialmente crítico en un contexto de sistema combinado, donde los diámetros mínimos requeridos son de 250 mm, pero gran parte de la red presenta diámetros inferiores, comprometiendo la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta ante eventos de lluvia intensa.

La utilización de métodos de proyección (aritmética, geométrica, exponencial y basada en el crecimiento poblacional del Ecuador) permitió estimar un incremento del 19,5% en la población entre 2010 y 2022, estableciendo como punto de partida para el año 2026 una población proyectada de 274 habitantes en el área de estudio. Las evaluaciones realizadas a intervalos de 5, 10, 15, 20, 25 y 30 años muestran una mejora progresiva en el desempeño del sistema tras las modificaciones implementadas, aunque ciertos tramos, como el tramo 7, continúan sin cumplir las condiciones mínimas de pendiente y velocidad, lo que resalta la necesidad de intervenciones adicionales.

Recomendaciones

Se recomienda separar los sistemas pluvial y sanitario para reducir la sobrecarga en la red combinada. Esta medida permitirá dimensionar adecuadamente cada sistema y evitar que el caudal de aguas residuales y pluviales se mezclen, lo cual genera complicaciones en el tratamiento y aumenta el riesgo de inundaciones.

Se debe proceder a la sustitución de los tramos de tubería que no cumplen con el diámetro mínimo de 250 mm, priorizando aquellos que operan a más del 90% de su capacidad. Además se debe reemplazar los pozos de revisión deteriorados, especialmente aquellas tapas fusionadas a la vía, para garantizar su accesibilidad y facilitar el mantenimiento regular.

Además del rediseño de la red, se recomienda la implementación de medidas complementarias, como la construcción de cámaras de alivio y sistemas de retención temporal de aguas pluviales, que permitan mitigar el impacto de eventos de lluvias extremas y proteger la infraestructura contra descargas de aguas sin tratar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Abebe Wudineh, F. (2015). Evaluation of Sewerage System Sustainability Technically Around Condominiums Areas: A Case Study in Debre Berhan, Ethiopia. *American Journal of Environmental Protection*, 4(6). <https://doi.org/10.11648/j.ajep.20150406.18>
- Adewumi, J. R., & Ajibade, F. O. (2019). Periodic determination of physicochemical and bacteriological characteristics of wastewater effluents for possible reuse as irrigation water. *International Journal of Energy and Water Resources* 2019 3:4, 3(4), 269–276. <https://doi.org/10.1007/S42108-019-00036-6>
- Armando Saltos Sánchez. (2018). admin,+Evaluaci_n_del_sistema_de_alcantarillado_sanitario_y_pluvial(1).
- Atambo, D., Kaushal, V., & Najafi, M. (2022). CONDITION PREDICTION OF SANITARY SEWERAGE PIPELINE SYSTEMS USING MULTINOMIAL LOGISTIC REGRESSION. *Journal of Engineering in Agriculture and the Environment*, 8(3), 9–9. <https://doi.org/10.37017/JEAE.V8I3.37>
- Coelho, F. M., & Azevedo, J. P. S. de. (2022). Design Criteria for Roughness Values under Real Sewer System Operating Conditions. *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice*, 13(3), 04022018. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)PS.1949-1204.0000654](https://doi.org/10.1061/(ASCE)PS.1949-1204.0000654)

Dinh, Q. H., Law, W. C., Burhan, Yeo, S. H., & Seet, G. (2022). A Vision-based Robotic Platform for Large-diameter Sewerage Inspection. *2022 2nd International Conference on Robotics, Automation and Artificial Intelligence*, RAAI 2022, 25–34. <https://doi.org/10.1109/RAAI56146.2022.10092985>

GAD MARCABELI. (2020). PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL MARCABELI 2020.

Gnecco, I., Palla, A., La Barbera, P., Roth, G., & Giannoni, F. (2023). Defining intensity–duration–frequency curves at short durations: a methodological framework. *Hydrological Sciences Journal*, 68(11), 1499–1512. <https://doi.org/10.1080/02626667.2023.2224002>

Gurskis, V., Skominas, R., & Šadzevičius, R. (2021). MULTI-CRITERIA COMPARATIVE ANALYSIS OF WATER-SUPPLY AND SEWERAGE PIPES MANUFACTURED FROM DIFFERENT MATERIALS. *Rural Development: Proceedings of the International Scientific Conference*, 2021(1), 80–86. <https://doi.org/10.15544/RD.2021.014>

Hernández, G., Guzmán, M., & Saldarriaga, J. (2018). DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA APLICABLE A AMÉRICA LATINA PARA EL LEVANTAMIENTO DE CATASTRO DE REDES DE ALCANTARILLADO.

Kammoun, R., McQuaid, N., Lessard, V., Prévost, M., Bichai, F., & Dorner, S. (2023). Comparative study of deterministic and probabilistic assessments of microbial risk associated with combined sewer overflows upstream of drinking water intakes. *Environmental Challenges*, 12, 100735. <https://doi.org/10.1016/J.ENVC.2023.100735>

- Liu, W., Li, P., Li, X., He, Y., An, L., Qu, D., Wang, X., & Sun, Z. (2023). Self-cleaning solar water evaporation device based on polyaniline/TiO₂/natural cellulose fibers for contaminant water. *Science China Materials*, 66(4), 1607–1614. <https://doi.org/10.1007/S40843-022-2282-9/METRICS>
- Liu, X., Ouyang, C., & Zhou, Y. (2023). A Low-Return-Period Rainfall Intensity Formula for Estimating the Design Return Period of the Combined Interceptor Sewers. *Water Resources Management*, 37(1), 289–304. <https://doi.org/10.1007/S11269-022-03369-W/METRICS>
- Livingston, A., Patel, H., Rumao, G., Vaghadia, G., & Godbole, B. J. (2020). Design of Sewer Network for Kophrad Village, Virar-Vasai. *International Journal of Innovations in Engineering and Science*, 5(6). <https://doi.org/10.46335/ijies.2020.5.6.3>
- Mammoliti, E., Fronzi, D., Palpacelli, S., Biagiola, N., & Tazioli, A. (2023). Assessment of urban landslide groundwater characteristics and origin using artificial tracers, hydro-chemical and stable isotope approaches. *Environmental Earth Sciences*, 82(9), 1–16. <https://doi.org/10.1007/S12665-023-10887-2/FIGURES/8>
- Maurer, M. (2022). SANITATION SYSTEMS: Are hybrid systems sustainable or does winner takes all? *Routledge Handbook of Urban Water Governance*, 134–144. <https://doi.org/10.4324/9781003057574-11/SANITATION-SYSTEMS-MAX-MAURER>

McConville, J. R. (2022). CONVENTIONAL SYSTEMS FOR URBAN SANITATION AND WASTEWATER MANAGEMENT IN MIDDLE- AND HIGH-INCOME COUNTRIES. *Routledge Handbook of Urban Water Governance*, 117–133. <https://doi.org/10.4324/9781003057574-10/CONVENTIONAL-SYSTEMS-URBAN-SANITATION-WASTEWATER-MANAGEMENT-MIDDLE-HIGH-INCOME-COUNTRIES-JENNIFER-MCCONVILLE>

Merchan-Sanmartín, B., Aguilar-Aguilar, M., Morante-Carballo, F., Carrion-Mero, P., Guambana-Palma, J., Mestanza-Solano, D., & Berrezueta, E. (2022). Design of Sewerage System and Wastewater Treatment in a Rural Sector: A Case Study. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 17(1). <https://doi.org/10.18280/ijstdp.170105>

Mero, C.-, Suárez-Zamora, P. ;, Aguilar-Aguilar, S. ;, Cruz-Cabrera, M. ;, Hidalgo-Calva, O. ;, Morante-Carballo, K. ;, Sewerage, F. S., Nunzi, J.-M., Ganaoui, M. El, Jouad, M. El, Merchán-Sanmartín, B., Carrión-Mero, P., Suárez-Zamora, S., Aguilar-Aguilar, M., Cruz-Cabrera, O., Hidalgo-Calva, K., & Morante-Carballo, F. (2023). Stormwater Sewerage Masterplan for Flood Control Applied to a University Campus. *Smart Cities 2023, Vol. 6, Pages 1279-1302*, 6(3), 1279–1302. <https://doi.org/10.3390/SMARTCITIES6030062>

Nawrot, T., Blazejewski, R., & Matz, R. (2017). Modeling and design of innovative small diameter gravity sewerage system. *Journal of Ecological Engineering*, 18(3), 162–173. <https://doi.org/10.12911/22998993/70181>

- Ospina Zuniga, O. E., & Ramirez Arcila, H. (2011). Valuation Methodology for Sanitary Systems of Aqueduct and Sewage. *Dyna-Colombia*, 78(167).
- Qian, Y., Zhu, D. Z., & Duin, B. van. (2022). Design Considerations for High-Speed Flow in Sewer Systems. *Journal of Hydraulic Engineering*, 148(9), 03122001. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0002004](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0002004)
- Santamaria, J., Nacional, E. P., Hidalgo, E. X., Ortega Escuela, E. P., Nacional, P., Casa, E. E., & Vera, E. P. (2019). *Evaluación de un separador de caudales para alcantarillado combinado aplicando la metodología CFD*.
- Sutradhar, I., Ching, C., Desai, D., Suprenant, M., Briars, E., Heins, Z., Khalil, A. S., & Zaman, M. H. (2021). Computational Model To Quantify the Growth of Antibiotic-Resistant Bacteria in Wastewater. *MSystems*, 6(3). <https://doi.org/10.1128/MSYSTEMS.00360-21/ASSET/4F34228E-D790-4B77-8137-264EFF2988E4/ASSETS/IMAGES/MEDIUM/MSYSTEMS.00360-21-F010.GIF>
- Teodoro, M. P., Zuhlke, S., & Switzer, D. (2022). Basic Services and Rebuilding Legitimacy. *The Profits of Distrust*, 191–212. <https://doi.org/10.1017/9781009244893.009>
- Vasiliev, I., Luca, L., Barbu, M., Pricopie, A., & Caraman, S. (2021). Mathematical Model of a Collecting and Wastewater Treatment Integrated System. *2021 25th International Conference on System Theory, Control and Computing, ICSTCC 2021 - Proceedings*, 419–424. <https://doi.org/10.1109/ICSTCC52150.2021.9607086>

Xavier, C., Pico, Z., & Burgos, R. Z. (n.d.). Alcantarillado sanitario y pluvial y su incidencia en la salud de la población de la ciudad de Milagro Sanitary and pluvial sewer and its incidence in the health of the people of the city of Milagro. <https://orcid.org/0000-0003-2639-2359>.

Youssef, S., & Nachabe, M. (2023). Rehabilitation Technologies to Abate Infiltration in Sanitary Sewers. *Journal of Environmental Engineering*, 149(6), 04023025. <https://doi.org/10.1061/JOEEDU.EEENG-7177>

Yu, Q., Olesen, S. W., Duvallet, C., & Grad, Y. H. (2024). Assessment of sewer connectivity in the United States and its implications for equity in wastewater-based epidemiology. *MedRxiv*, 2023.05.24.23290486. <https://doi.org/10.1101/2023.05.24.23290486>

Zhang, K., & Parolari, A. J. (2022). Impact of stormwater infiltration on rainfall-derived inflow and infiltration: A physically based surface–subsurface urban hydrologic model. *Journal of Hydrology*, 610, 127938. <https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2022.127938>

ANEXOS

3 Fotografías

Anexo 1



Fuente. Elaboración propia

Anexo 2



Fuente. Elaboración propia

Anexo 3



Fuente. Elaboración propia

Anexo 4



Fuente. Elaboración propia

Anexo 5



Fuente. Elaboración propia

4 Encuestas

ENCUESTA

Encuesta realizada con la finalidad de conocer el estado en que se encuentra el sistema de alcantarillado sanitario y pluvial del cantón Marcabeli.

1. ¿Cuánto tiempo lleva viviendo en este sector?
 - Menos de 1 año
 - Entre 1 y 5 años
 - Más de 5 años

- 2.- ¿Cuántas personas habitan en su casa?

3. ¿Está dividida su vivienda en departamentos? De ser así, ¿Cuántos son?

4. ¿Cuenta su vivienda con acceso al sistema de alcantarillado sanitario?
 - Sí
 - No

5. ¿Dónde desemboca las aguas lluvias?
 - Vía pública
 - Red de alcantarillado

6. ¿Ha notado problemas de obstrucción o malos olores en el alcantarillado sanitario cercano a su vivienda?
 - Frecuentemente
 - Ocasionalmente
 - Nunca

7. ¿Con qué frecuencia el sistema de alcantarillado sanitario requiere mantenimiento o reparaciones en su zona?
 - Muy frecuentemente
 - Algunas veces al año
 - Raramente o nunca

8. En caso de lluvias intensas, ¿el sistema sanitario se mezcla con las aguas pluviales?
 - Sí
 - No

9. ¿En qué nivel de severidad calificaría las inundaciones en su zona durante las lluvias?
- No hay inundaciones
 - Inundaciones leves
 - Inundaciones graves
10. ¿Con qué frecuencia observa que los desagües pluviales están bloqueados por basura u otros materiales?
- Frecuentemente
 - Ocasionalmente
 - Nunca

5 Planilla de calculo

Anexo 6. Condición actual del sistema de alcantarillado

Tramo			Area tributaria - ha		Longitud - m	Qdis	S	S tubería >=Smin''	S terreno	Diametro interno - mm		Q _{LI}	V _{LI}	Qdis/Qllena	V _{parc./V-llena}	y/D	V	y	H	Cota rasante (m)	
No	De	A	Parcial	Σ		l/s	min.			Calculado	Comercial	l/s	m/s				m/s	m	m	DE	A
1	2	3	4	5	6	7	8	9		12	13	14	15	16	17	18	19	21	22	23	24
1	1	2	0.0904	0.090	31.94	10.89	0.0018	0.034	0.0335	98.99	200.00	71.02	2.26	0.15	0.600	0.298	1.36	0.060	0.043	507.670	506.600
2	2	3	0.4550	0.545	94.31	56.16	0.0008	0.046	0.0461	172.49	200.00	83.33	2.65	0.67	0.931	0.672	2.47	0.134	0.119	506.600	502.250
3	3	4	0.3003	0.846	43.62	88.70	0.0007	0.014	0.0138	256.86	200.00	45.51	1.45	1.95	1.042	0.931	1.51	0.186	0.317	502.250	501.650
4	4	5	0.1421	0.988	32.23	104.04	0.0006	0.007	0.0074	305.94	200.00	33.49	1.07	3.11	1.042	0.931	1.11	0.186	0.317	501.650	501.410
5	5	6	0.3706	1.358	79.50	138.74	0.0005	0.010	0.0098	323.67	200.00	38.43	1.22	3.61	1.042	0.931	1.27	0.186	0.317	501.410	500.630
6	6	7	0.1904	1.549	63.67	159.37	0.0005	0.008	0.0082	352.84	200.00	35.07	1.12	4.54	1.042	0.931	1.16	0.186	0.317	500.630	500.110
7	7	8	0.3403	1.889	78.96	192.41	0.0005	0.049	0.0043	270.43	364.00	424.96	4.08	0.45	0.822	0.530	3.36	0.193	0.154	500.110	499.770
8	8	9	0.1104	2.000	25.72	209.86	0.0004	0.004	0.0206	458.59	364.00	113.34	1.09	1.85	1.042	0.931	1.13	0.339	0.577	499.770	499.240
9	9	10	0.3553	2.355	67.71	240.97	0.0004	0.003	0.0214	498.73	364.00	104.06	1.00	2.32	1.042	0.931	1.04	0.339	0.577	499.240	497.790
10	10	11	0.3594	2.714	32.99	283.16	0.0004	0.004	0.0249	509.36	364.00	115.59	1.11	2.45	1.042	0.931	1.16	0.339	0.577	497.790	496.970
11	11	12	0.8482	3.562	64.27	365.02	0.0003	0.003	0.0087	571.62	364.00	109.56	1.05	3.33	1.042	0.931	1.10	0.339	0.577	496.970	496.410
12	12	13	0.9248	4.487	72.46	457.68	0.0003	0.003	0.0086	630.79	364.00	105.63	1.02	4.33	1.042	0.931	1.06	0.339	0.577	496.410	495.790
13	13	14	0.7942	5.281	63.12	541.50	0.0003	0.003	0.0097	660.48	364.00	110.56	1.06	4.90	1.042	0.931	1.11	0.339	0.577	495.790	495.180

14	14	15	0.4952	5.777	48.00	597.40	0.0003	0.003	-0.0040	685.26	364.00	110.56	1.06	5.40	1.042	0.931	1.11	0.339	0.577	495.180	495.370
15	15	16	0.7100	6.487	16.08	683.60	0.0003	0.009	-0.0504	601.88	364.00	178.80	1.72	3.82	1.042	0.931	1.79	0.339	0.577	495.370	496.180
16	16	17	1.1624	7.649	90.13	772.65	0.0002	0.003	-0.0411	754.66	364.00	110.56	1.06	6.99	1.042	0.931	1.11	0.339	0.577	496.180	499.880
17	17	18	0.1566	7.806	39.78	811.09	0.0002	0.004	-0.0365	750.85	364.00	117.63	1.13	6.89	1.042	0.931	1.18	0.339	0.577	499.880	501.330
18	18'	19	0.4025	8.208	71.00	837.87	0.0002	0.051	-0.0510	466.40	200.00	87.61	2.79	9.56	1.042	0.931	2.91	0.186	0.317	501.330	504.950
19	19'	20	0.9862	9.194	38.13	956.31	0.0002	0.042	-0.0420	508.25	200.00	79.52	2.53	12.03	1.042	0.931	2.64	0.186	0.317	504.950	506.550
20	18	21	0.1096	9.304	25.98	974.69	0.0002	0.003	0.0385	835.48	200.00	21.53	0.69	45.26	1.042	0.931	0.71	0.186	0.317	501.330	500.330
21	21	22	0.0349	9.339	18.24	982.90	0.0002	0.003	0.2314	827.81	200.00	22.26	0.71	44.16	1.042	0.931	0.74	0.186	0.317	500.330	496.110
22	22	23	0.2029	9.542	94.04	961.81	0.0002	0.003	0.0039	841.31	200.00	20.86	0.66	46.11	1.042	0.931	0.69	0.186	0.317	496.110	495.740
23	23	24	0.8853	10.427	47.70	1,078.52	0.0002	0.003	-0.0447	875.41	200.00	21.04	0.67	51.26	1.042	0.931	0.70	0.186	0.317	495.740	497.870
24	25'	1	0.1427	10.570	45.64	1,094.58	0.0002	0.082	0.0822	471.45	200.00	111.22	3.54	9.84	1.042	0.931	3.69	0.186	0.317	511.420	507.670
25	26'	25	0.1890	10.759	24.78	9.82	0.0019	0.170	0.1703	70.22	200.00	160.12	5.10	0.06	0.473	0.196	2.41	0.039	0.026	515.640	511.420
26	26'	27	0.3905	11.149	94.60	45.43	0.0009	0.076	0.0757	145.18	200.00	106.75	3.40	0.43	0.810	0.516	2.75	0.103	0.082	515.640	508.480
27	27	28	0.1145	11.264	48.59	58.85	0.0008	0.019	0.0187	207.86	200.00	53.10	1.69	1.11	1.042	0.931	1.76	0.186	0.317	508.480	507.570
28	28	29	0.1092	11.373	13.82	90.45	0.0007	0.009	-0.0702	277.86	200.00	37.64	1.20	2.40	1.042	0.931	1.25	0.186	0.317	507.570	508.540
29	29'	30	0.4869	11.860	54.38	158.31	0.0005	0.066	-0.0656	238.12	200.00	99.42	3.16	1.59	1.042	0.931	3.30	0.186	0.317	508.540	512.110
30	30	31	0.4313	12.291	66.00	270.55	0.0004	0.040	0.0400	319.46	200.00	77.60	2.47	3.49	1.042	0.931	2.57	0.186	0.317	512.110	509.470
31	31	32	1.5507	13.842	116.20	417.94	0.0003	0.024	0.0239	414.11	200.00	60.01	1.91	6.96	1.042	0.931	1.99	0.186	0.317	509.470	506.690
32	32	33	0.9156	14.757	55.78	525.47	0.0003	0.065	0.0653	373.83	200.00	99.12	3.16	5.30	1.042	0.931	3.29	0.186	0.317	506.690	503.050
33	33	34	1.0257	15.783	65.65	628.13	0.0003	0.079	0.0794	385.31	200.00	109.31	3.48	5.75	1.042	0.931	3.63	0.186	0.317	503.050	497.840
34	34	10	0.0853	15.868	13.80	656.28	0.0003	0.011	0.0036	568.63	200.00	40.45	1.29	16.22	1.042	0.931	1.34	0.186	0.317	497.840	497.790

Fuente. Elaboración propia

Anexo 7. Evaluación alcantarillado T=5años

Tramo			Area tributaria - ha		Longitud - m	Qdis	S	S tubería >=Smin''	S terreno	Diametro interno - mm		Q _{li}	V _{li}	Qdis/Qllena	Vparc./V-llena	y/D	V	y	H
No	De	A	Parcial	Σ		l/s	min.			Calculado	Comercial	l/s	m/s				m/s	m	m
1	2	3	4	5	6	7	8	9		12	13	14	15	16	17	18	19	21	22
1	1	2	0.0904	0.0904	31.94	13.64	0.0016	0.034	0.0335	114.70	250.00	108.95	2.22	0.13	0.580	0.280	1.29	0.070	0.049
2	2	3	0.4550	0.5454	94.31	72.21	0.0007	0.046	0.0461	201.80	250.00	127.84	2.60	0.56	0.880	0.601	2.29	0.150	0.126
3	3	4	0.3003	0.8457	43.62	114.31	0.0006	0.014	0.0138	300.75	300.00	113.55	1.61	1.01	1.042	0.920	1.67	0.276	0.434
4	4	5	0.1421	0.9878	32.23	134.15	0.0006	0.007	0.0074	358.29	364.00	139.92	1.34	0.96	1.036	0.876	1.39	0.319	0.401
5	5	6	0.3706	1.3584	79.50	179.05	0.0005	0.010	0.0098	379.18	364.00	160.56	1.54	1.12	1.042	0.931	1.61	0.339	0.577
6	6	7	0.1904	1.5488	63.67	205.73	0.0004	0.008	0.0082	413.40	364.00	146.53	1.41	1.40	1.042	0.931	1.47	0.339	0.577
7	7	8	0.3403	1.8891	78.96	248.49	0.0004	0.049	0.0043	316.89	300.00	214.71	3.04	1.16	0.117	0.037	0.35	0.011	0.475
8	8	9	0.1104	1.9995	25.72	271.06	0.0004	0.004	0.0206	537.41	500.00	223.61	1.14	1.21	1.042	0.931	1.19	0.466	0.792
9	9	10	0.3553	2.3548	67.71	311.31	0.0004	0.003	0.0214	584.49	600.00	333.83	1.18	0.93	1.027	0.852	1.21	0.511	0.597
10	10	11	0.3594	2.7142	32.99	365.93	0.0003	0.004	0.0249	597.02	600.00	370.82	1.31	0.99	1.040	0.900	1.36	0.540	0.759
11	11	12	0.8482	3.5624	64.27	471.70	0.0003	0.003	0.0087	669.99	600.00	351.47	1.24	1.34	1.042	0.931	1.30	0.559	0.950

12	12	13	0.9248	4.4872	72.46	591.44	0.0003	0.003	0.0086	739.35	700.00	511.18	1.33	1.16	1.042	0.931	1.38	0.652	1.109
13	13	14	0.7942	5.2814	63.12	699.77	0.0003	0.003	0.0097	774.14	700.00	535.01	1.39	1.31	1.042	0.931	1.45	0.652	1.109
14	14	15	0.4952	5.7766	48.00	772.01	0.0002	0.003	-0.0040	803.19	700.00	535.01	1.39	1.44	1.042	0.931	1.45	0.652	1.109
15	15	16	0.7100	6.4866	16.08	883.42	0.0002	0.009	-0.0504	705.47	700.00	865.26	2.25	1.02	1.042	0.931	2.34	0.652	1.109
16	16	17	1.1624	7.6490	90.13	998.45	0.0002	0.003	-0.0411	884.53	800.00	763.85	1.52	1.31	1.042	0.931	1.58	0.745	1.267
17	17	18	0.1566	7.8056	39.78	1,048.16	0.0002	0.004	-0.0365	880.07	800.00	812.75	1.62	1.29	1.042	0.931	1.68	0.745	1.267
18	18'	19	0.4025	8.2081	71.00	1,082.75	0.0002	0.051	-0.0510	546.67	500.00	853.47	4.35	1.27	1.042	0.931	4.53	0.466	0.792
19	19'	20	0.9862	9.1943	38.13	1,235.83	0.0002	0.042	-0.0420	595.73	600.00	1,259.62	4.45	0.98	1.039	0.892	4.63	0.535	0.721
20	18	21	0.1096	9.3039	25.98	1,259.58	0.0002	0.003	0.0385	979.27	900.00	1,005.70	1.58	1.25	1.042	0.931	1.65	0.838	1.426
21	21	22	0.0349	9.3388	18.24	1,270.20	0.0002	0.003	0.2314	970.28	900.00	1,039.42	1.63	1.22	1.042	0.931	1.70	0.838	1.426
22	22	23	0.2029	9.5417	94.04	1,242.89	0.0002	0.003	0.0039	986.08	900.00	974.18	1.53	1.28	1.042	0.931	1.60	0.838	1.426
23	23	24	0.8853	10.4270	47.70	1,393.75	0.0002	0.003	-0.0447	1,026.06	900.00	982.57	1.54	1.42	1.042	0.931	1.61	0.838	1.426
24	25'	1	0.1427	10.5697	45.64	1,414.50	0.0002	0.082	0.0822	552.58	500.00	1,083.41	5.52	1.31	1.042	0.931	5.75	0.466	0.792
25	26'	25	0.1890	10.7587	24.78	11.12	0.0018	0.170	0.1703	78.32	250.00	245.65	5.00	0.05	0.453	0.182	2.27	0.046	0.029
26	26'	27	0.3905	11.1492	94.60	57.13	0.0008	0.076	0.0757	168.44	250.00	163.77	3.34	0.35	0.760	0.460	2.54	0.115	0.089
27	27	28	0.1145	11.2637	48.59	74.48	0.0007	0.019	0.0187	241.73	250.00	81.47	1.66	0.91	1.021	0.835	1.69	0.209	0.235
28	28	29	0.1092	11.3729	13.82	115.34	0.0006	0.009	-0.0702	324.05	300.00	93.90	1.33	1.23	1.042	0.931	1.38	0.279	0.475
29	29'	30	0.4869	11.8598	54.38	203.06	0.0005	0.066	-0.0656	278.32	250.00	152.52	3.11	1.33	1.042	0.931	3.24	0.233	0.396
30	30	31	0.4313	12.2911	66.00	348.20	0.0004	0.040	0.0400	373.87	364.00	324.22	3.12	1.07	1.042	0.931	3.25	0.339	0.577

31	31	32	1.5507	13.8418	116.20	538.66	0.0003	0.024	0.0239	484.89	500.00	584.58	2.98	0.92	1.024	0.843	3.05	0.422	0.483
32	32	33	0.9156	14.7574	55.78	677.62	0.0003	0.065	0.0653	437.82	400.00	532.55	4.24	1.27	1.042	0.931	4.42	0.372	0.634
33	33	34	1.0257	15.7831	65.65	810.29	0.0002	0.079	0.0794	451.32	400.00	587.27	4.67	1.38	1.042	0.931	4.87	0.372	0.634
34	34	10	0.0853	15.8684	13.80	846.69	0.0002	0.011	0.0036	666.08	600.00	640.81	2.27	1.32	1.042	0.931	2.36	0.559	0.950

Fuente. Elaboración propia

Anexo 8. Evaluación alcantarillado T=10 años

Tramo			Area tributaria - ha		Longitud - m	Qdis	S	S tubería >=Smin``	S terreno	Diametro interno - mm		Q _U	V _U	Qdis/Qllena	Vparc./V-llena	y/D	V	y	H
No	De	A	Parcial	Σ		l/s	min.			Calculado	Comercial	l/s	m/s				m/s	m	m
1	2	3	4	5	6	7	8	9		12	13	14	15	16	17	18	19	21	22
1	1	2	0.0904	0.0904	31.94	15.07	0.0015	0.034	0.0335	119.05	200.00	60.09	1.91	0.25	0.695	0.386	1.33	0.077	0.057
2	2	3	0.4550	0.5454	94.31	80.50	0.0007	0.046	0.0461	210.20	250.00	127.84	2.60	0.63	0.913	0.645	2.38	0.161	0.140
3	3	4	0.3003	0.8457	43.62	127.54	0.0006	0.014	0.0138	313.36	364.00	190.16	1.83	0.67	0.931	0.672	1.70	0.245	0.217
4	4	5	0.1421	0.9878	32.23	149.71	0.0005	0.007	0.0074	373.35	400.00	179.94	1.43	0.83	0.993	0.778	1.42	0.311	0.313
5	5	6	0.3706	1.3584	79.50	199.87	0.0005	0.010	0.0098	395.15	400.00	206.48	1.64	0.97	1.038	0.884	1.71	0.354	0.460
6	6	7	0.1904	1.5488	63.67	229.69	0.0004	0.008	0.0082	430.83	500.00	341.65	1.74	0.67	0.931	0.672	1.62	0.336	0.298
7	7	8	0.3403	1.8891	78.96	277.45	0.0004	0.049	0.0043	330.27	364.00	359.58	3.46	0.77	0.117	0.037	0.40	0.013	0.255
8	8	9	0.1104	1.9995	25.72	302.68	0.0004	0.004	0.0206	560.11	600.00	363.62	1.29	0.83	0.993	0.778	1.28	0.467	0.470

9	9	10	0.3553	2.3548	67.71	347.65	0.0004	0.003	0.0214	609.19	700.00	503.56	1.31	0.69	0.941	0.686	1.23	0.480	0.430
10	10	11	0.3594	2.7142	32.99	408.69	0.0003	0.004	0.0249	622.28	700.00	559.36	1.45	0.73	0.958	0.710	1.39	0.497	0.458
11	11	12	0.8482	3.5624	64.27	526.81	0.0003	0.003	0.0087	698.34	700.00	530.17	1.38	0.99	1.040	0.900	1.43	0.630	0.886
12	12	13	0.9248	4.4872	72.46	660.54	0.0003	0.003	0.0086	770.63	800.00	729.83	1.45	0.91	1.021	0.835	1.48	0.668	0.752
13	13	14	0.7942	5.2814	63.12	781.53	0.0002	0.003	0.0097	806.89	800.00	763.85	1.52	1.02	1.042	0.931	1.58	0.745	1.267
14	14	15	0.4952	5.7766	48.00	862.21	0.0002	0.003	-0.0040	837.18	900.00	1,045.72	1.64	0.82	0.990	0.770	1.63	0.693	0.690
15	15	16	0.7100	6.4866	16.08	986.65	0.0002	0.009	-0.0504	735.32	800.00	1,235.36	2.46	0.80	0.984	0.756	2.42	0.605	0.591
16	16	17	1.1624	7.6490	90.13	1,115.11	0.0002	0.003	-0.0411	921.95	950.00	1,207.90	1.70	0.92	1.024	0.843	1.74	0.801	0.918
17	17	18	0.1566	7.8056	39.78	1,170.64	0.0002	0.004	-0.0365	917.31	950.00	1,285.22	1.81	0.91	1.021	0.835	1.85	0.793	0.893
18	18'	19	0.4025	8.2081	71.00	1,209.26	0.0002	0.051	-0.0510	569.80	600.00	1,387.84	4.91	0.87	1.007	0.804	4.94	0.482	0.511
19	19'	20	0.9862	9.1943	38.13	1,380.24	0.0002	0.042	-0.0420	620.93	700.00	1,900.05	4.94	0.73	0.958	0.710	4.73	0.497	0.458
20	18	21	0.1096	9.3039	25.98	1,406.77	0.0002	0.003	0.0385	1,020.71	1,000.00	1,331.95	1.70	1.06	1.042	0.931	1.77	0.931	1.584
21	21	22	0.0349	9.3388	18.24	1,418.63	0.0002	0.003	0.2314	1,011.34	1,000.00	1,376.60	1.75	1.03	1.042	0.931	1.83	0.931	1.584
22	22	23	0.2029	9.5417	94.04	1,388.10	0.0002	0.003	0.0039	1,027.80	1,000.00	1,290.21	1.64	1.08	1.042	0.931	1.71	0.931	1.584
23	23	24	0.8853	10.4270	47.70	1,556.60	0.0002	0.003	-0.0447	1,069.48	1,100.00	1,677.90	1.77	0.93	1.027	0.852	1.81	0.937	1.095
24	25'	1	0.1427	10.5697	45.64	1,579.78	0.0002	0.082	0.0822	575.96	600.00	1,761.75	6.23	0.90	1.018	0.826	6.34	0.496	0.549
25	26'	25	0.1890	10.7587	24.78	11.79	0.0017	0.170	0.1703	80.06	250.00	245.65	5.00	0.05	0.453	0.182	2.27	0.046	0.029
26	26'	27	0.3905	11.1492	94.60	63.17	0.0008	0.076	0.0757	174.91	250.00	163.77	3.34	0.39	0.787	0.488	2.63	0.122	0.095
27	27	28	0.1145	11.2637	48.59	82.55	0.0007	0.019	0.0187	251.24	300.00	132.48	1.87	0.62	0.908	0.639	1.70	0.192	0.165

28	28	29	0.1092	11.3729	13.82	128.20	0.0006	0.009	-0.0702	337.15	364.00	157.26	1.51	0.82	0.990	0.770	1.50	0.280	0.279
29	29'	30	0.4869	11.8598	54.38	226.18	0.0004	0.066	-0.0656	289.81	364.00	415.37	3.99	0.54	0.870	0.588	3.47	0.214	0.177
30	30	31	0.4313	12.2911	66.00	388.31	0.0003	0.040	0.0400	389.47	400.00	416.93	3.32	0.93	1.027	0.852	3.41	0.341	0.398
31	31	32	1.5507	13.8418	116.20	601.02	0.0003	0.024	0.0239	505.23	600.00	950.59	3.36	0.63	0.913	0.645	3.07	0.387	0.335
32	32	33	0.9156	14.7574	55.78	756.23	0.0002	0.065	0.0653	456.21	500.00	965.58	4.92	0.78	0.975	0.743	4.79	0.372	0.357
33	33	34	1.0257	15.7831	65.65	904.39	0.0002	0.079	0.0794	470.30	500.00	1,064.79	5.42	0.85	1.001	0.791	5.43	0.396	0.408
34	34	10	0.0853	15.8684	13.80	945.05	0.0002	0.011	0.0036	694.10	700.00	966.62	2.51	0.98	1.039	0.892	2.61	0.624	0.841

Fuente. Elaboración propia

Anexo 9. Evaluación alcantarillado T=15 años

Tramo			Area tributaria - ha		Longitud - m	Qdis	S	S tubería >=Smin''	S terreno	Diametro interno - mm		Q _U	V _U	Qdis/Qllena	Vparc./V-llena	y/D	V	y	H
No	De	A	Parcial	Σ		l/s	min.			Calculado	Comercial	l/s	m/s				m/s	m	m
1	2	3	4	5	6	7	8	9		12	13	14	15	16	17	18	19	21	22
1	1	2	0.0904	0.0904	31.94	15.98	0.0015	0.034	0.0335	121.69	200.00	60.09	1.91	0.27	0.706	0.400	1.35	0.080	0.060
2	2	3	0.4550	0.5454	94.31	85.80	0.0007	0.046	0.0461	215.28	250.00	127.84	2.60	0.67	0.931	0.672	2.42	0.168	0.149
3	3	4	0.3003	0.8457	43.62	135.99	0.0005	0.014	0.0138	320.99	364.00	190.16	1.83	0.72	0.955	0.705	1.75	0.257	0.234
4	4	5	0.1421	0.9878	32.23	159.64	0.0005	0.007	0.0074	382.45	400.00	179.94	1.43	0.89	1.015	0.820	1.45	0.328	0.357

5	5	6	0.3706	1.3584	79.50	213.17	0.0004	0.010	0.0098	404.81	400.00	206.48	1.64	1.03	1.042	0.931	1.71	0.372	0.634
6	6	7	0.1904	1.5488	63.67	244.98	0.0004	0.008	0.0082	441.37	500.00	341.65	1.74	0.72	0.955	0.705	1.66	0.353	0.322
7	7	8	0.3403	1.8891	78.96	295.95	0.0004	0.049	0.0043	338.36	364.00	359.58	3.46	0.82	0.990	0.770	3.42	0.280	0.279
8	8	9	0.1104	1.9995	25.72	322.86	0.0004	0.004	0.0206	573.84	600.00	363.62	1.29	0.89	1.015	0.820	1.31	0.492	0.535
9	9	10	0.3553	2.3548	67.71	370.85	0.0003	0.003	0.0214	624.13	700.00	503.56	1.31	0.74	0.961	0.719	1.26	0.503	0.466
10	10	11	0.3594	2.7142	32.99	436.00	0.0003	0.004	0.0249	637.56	700.00	559.36	1.45	0.78	0.975	0.743	1.42	0.520	0.499
11	11	12	0.8482	3.5624	64.27	562.02	0.0003	0.003	0.0087	715.48	700.00	530.17	1.38	1.06	1.042	0.931	1.44	0.652	1.109
12	12	13	0.9248	4.4872	72.46	704.68	0.0003	0.003	0.0086	789.55	800.00	729.83	1.45	0.97	1.038	0.884	1.51	0.707	0.919
13	13	14	0.7942	5.2814	63.12	833.75	0.0002	0.003	0.0097	826.71	900.00	1,045.72	1.64	0.80	0.984	0.756	1.62	0.680	0.665
14	14	15	0.4952	5.7766	48.00	919.83	0.0002	0.003	-0.0040	857.73	900.00	1,045.72	1.64	0.88	1.011	0.813	1.66	0.732	0.784
15	15	16	0.7100	6.4866	16.08	1,052.59	0.0002	0.009	-0.0504	753.38	800.00	1,235.36	2.46	0.85	1.001	0.791	2.46	0.633	0.652
16	16	17	1.1624	7.6490	90.13	1,189.61	0.0002	0.003	-0.0411	944.58	1,000.00	1,384.95	1.76	0.86	1.005	0.798	1.77	0.798	0.833
17	17	18	0.1566	7.8056	39.78	1,248.86	0.0002	0.004	-0.0365	939.83	950.00	1,285.22	1.81	0.97	1.038	0.884	1.88	0.840	1.092
18	18'	19	0.4025	8.2081	71.00	1,290.06	0.0002	0.051	-0.0510	583.78	600.00	1,387.84	4.91	0.93	1.027	0.852	5.04	0.511	0.597
19	19'	20	0.9862	9.1943	38.13	1,472.47	0.0002	0.042	-0.0420	636.18	700.00	1,900.05	4.94	0.77	0.972	0.738	4.80	0.517	0.490
20	18	21	0.1096	9.3039	25.98	1,500.77	0.0002	0.003	0.0385	1,045.77	1,100.00	1,717.38	1.81	0.87	1.007	0.804	1.82	0.884	0.937
21	21	22	0.0349	9.3388	18.24	1,513.43	0.0002	0.003	0.2314	1,036.17	1,100.00	1,774.96	1.87	0.85	1.001	0.791	1.87	0.870	0.897
22	22	23	0.2029	9.5417	94.04	1,480.85	0.0002	0.003	0.0039	1,053.04	1,100.00	1,663.57	1.75	0.89	1.015	0.820	1.78	0.902	0.981

23	23	24	0.8853	10.4270	47.70	1,660.61	0.0002	0.003	-0.0447	1,095.74	1,100.00	1,677.90	1.77	0.99	1.040	0.900	1.84	0.990	1.392
24	25'	1	0.1427	10.5697	45.64	1,685.35	0.0002	0.082	0.0822	590.11	600.00	1,761.75	6.23	0.96	1.036	0.876	6.46	0.526	0.662
25	26'	25	0.1890	10.7587	24.78	12.26	0.0017	0.170	0.1703	81.23	250.00	245.65	5.00	0.05	0.453	0.182	2.27	0.046	0.029
26	26'	27	0.3905	11.1492	94.60	67.07	0.0008	0.076	0.0757	178.88	250.00	163.77	3.34	0.41	0.802	0.504	2.68	0.126	0.099
27	27	28	0.1145	11.2637	48.59	87.74	0.0007	0.019	0.0187	257.05	300.00	132.48	1.87	0.66	0.927	0.666	1.74	0.200	0.176
28	28	29	0.1092	11.3729	13.82	136.44	0.0005	0.009	-0.0702	345.13	364.00	157.26	1.51	0.87	1.007	0.804	1.52	0.293	0.310
29	29'	30	0.4869	11.8598	54.38	240.98	0.0004	0.066	-0.0656	296.78	364.00	415.37	3.99	0.58	0.890	0.615	3.55	0.224	0.189
30	30	31	0.4313	12.2911	66.00	413.97	0.0003	0.040	0.0400	398.93	400.00	416.93	3.32	0.99	1.040	0.900	3.45	0.360	0.506
31	31	32	1.5507	13.8418	116.20	640.88	0.0003	0.024	0.0239	517.54	600.00	950.59	3.36	0.67	0.931	0.672	3.13	0.403	0.357
32	32	33	0.9156	14.7574	55.78	806.47	0.0002	0.065	0.0653	467.35	500.00	965.58	4.92	0.84	0.997	0.785	4.90	0.393	0.399
33	33	34	1.0257	15.7831	65.65	964.53	0.0002	0.079	0.0794	481.80	500.00	1,064.79	5.42	0.91	1.021	0.835	5.54	0.418	0.470
34	34	10	0.0853	15.8684	13.80	1,007.92	0.0002	0.011	0.0036	711.07	700.00	966.62	2.51	1.04	1.042	0.931	2.62	0.652	1.109

Fuente. Elaboración propia

Anexo 10. Evaluación alcantarillado T=20 años

Tramo			Area tributaria - ha		Longitud - m	Qdis	S	S tubería >=Smin``	S terreno	Diametro interno - mm		Q _U	V _U	Qdis/Qllena	Vparc./V-llena	y/D	V	y	H
No	De	A	Parcial	Σ	l/s	min.				Calculado	Comercial	l/s	m/s				m/s	m	m
1	2	3	4	5	6	7	8	9		12	13	14	15	16	17	18	19	21	22

1	1	2	0.0904	0.0904	31.94	16.66	0.0015	0.034	0.0335	123.62	250.00	108.95	2.22	0.15	0.600	0.298	1.33	0.075	0.053
2	2	3	0.4550	0.5454	94.31	89.77	0.0007	0.046	0.0461	218.96	250.00	127.84	2.60	0.70	0.945	0.692	2.46	0.173	0.156
3	3	4	0.3003	0.8457	43.62	142.32	0.0005	0.014	0.0138	326.52	364.00	190.16	1.83	0.75	0.965	0.724	1.76	0.264	0.246
4	4	5	0.1421	0.9878	32.23	167.09	0.0005	0.007	0.0074	389.05	400.00	179.94	1.43	0.93	1.027	0.852	1.47	0.341	0.398
5	5	6	0.3706	1.3584	79.50	223.14	0.0004	0.010	0.0098	411.81	500.00	374.37	1.91	0.60	0.900	0.626	1.72	0.313	0.267
6	6	7	0.1904	1.5488	63.67	256.45	0.0004	0.008	0.0082	449.01	500.00	341.65	1.74	0.75	0.965	0.724	1.68	0.362	0.339
7	7	8	0.3403	1.8891	78.96	309.82	0.0004	0.049	0.0043	344.23	364.00	359.58	3.46	0.86	0.117	0.037	0.40	0.013	0.303
8	8	9	0.1104	1.9995	25.72	338.00	0.0004	0.004	0.0206	583.78	600.00	363.62	1.29	0.93	1.027	0.852	1.32	0.511	0.597
9	9	10	0.3553	2.3548	67.71	388.25	0.0003	0.003	0.0214	634.96	700.00	503.56	1.31	0.77	0.972	0.738	1.27	0.517	0.490
10	10	11	0.3594	2.7142	32.99	456.48	0.0003	0.004	0.0249	648.63	700.00	559.36	1.45	0.82	0.990	0.770	1.44	0.539	0.537
11	11	12	0.8482	3.5624	64.27	588.42	0.0003	0.003	0.0087	727.91	800.00	756.93	1.51	0.78	0.975	0.743	1.47	0.594	0.570
12	12	13	0.9248	4.4872	72.46	737.79	0.0002	0.003	0.0086	803.26	900.00	999.14	1.57	0.74	0.961	0.719	1.51	0.647	0.599
13	13	14	0.7942	5.2814	63.12	872.93	0.0002	0.003	0.0097	841.06	900.00	1,045.72	1.64	0.83	0.993	0.778	1.63	0.700	0.705
14	14	15	0.4952	5.7766	48.00	963.05	0.0002	0.003	-0.0040	872.63	900.00	1,045.72	1.64	0.92	1.024	0.843	1.68	0.759	0.869
15	15	16	0.7100	6.4866	16.08	1,102.05	0.0002	0.009	-0.0504	766.46	800.00	1,235.36	2.46	0.89	1.015	0.820	2.49	0.656	0.714
16	16	17	1.1624	7.6490	90.13	1,245.51	0.0002	0.003	-0.0411	960.99	1,000.00	1,384.95	1.76	0.90	1.018	0.826	1.80	0.826	0.915
17	17	18	0.1566	7.8056	39.78	1,307.54	0.0002	0.004	-0.0365	956.15	1,000.00	1,473.61	1.88	0.89	1.015	0.820	1.90	0.820	0.892
18	18'	19	0.4025	8.2081	71.00	1,350.68	0.0002	0.051	-0.0510	593.92	600.00	1,387.84	4.91	0.97	1.038	0.884	5.10	0.530	0.689
19	19'	20	0.9862	9.1943	38.13	1,541.66	0.0002	0.042	-0.0420	647.23	700.00	1,900.05	4.94	0.81	0.987	0.763	4.87	0.534	0.527

20	18	21	0.1096	9.3039	25.98	1,571.29	0.0002	0.003	0.0385	1,063.93	1,100.00	1,717.38	1.81	0.91	1.021	0.835	1.85	0.919	1.034
21	21	22	0.0349	9.3388	18.24	1,584.55	0.0002	0.003	0.2314	1,054.17	1,100.00	1,774.96	1.87	0.89	1.015	0.820	1.90	0.902	0.981
22	22	23	0.2029	9.5417	94.04	1,550.42	0.0002	0.003	0.0039	1,071.32	1,100.00	1,663.57	1.75	0.93	1.027	0.852	1.80	0.937	1.095
23	23	24	0.8853	10.4270	47.70	1,738.64	0.0002	0.003	-0.0447	1,114.77	1,200.00	2,116.09	1.87	0.82	0.990	0.770	1.85	0.924	0.920
24	25'	1	0.1427	10.5697	45.64	1,764.54	0.0002	0.082	0.0822	600.36	700.00	2,657.48	6.91	0.66	0.927	0.666	6.40	0.466	0.410
25	26'	25	0.1890	10.7587	24.78	12.63	0.0017	0.170	0.1703	82.15	250.00	245.65	5.00	0.05	0.453	0.182	2.27	0.046	0.029
26	26'	27	0.3905	11.1492	94.60	70.02	0.0007	0.076	0.0757	181.79	250.00	163.77	3.34	0.43	0.810	0.516	2.70	0.129	0.102
27	27	28	0.1145	11.2637	48.59	91.66	0.0007	0.019	0.0187	261.30	300.00	132.48	1.87	0.69	0.941	0.686	1.76	0.206	0.184
28	28	29	0.1092	11.3729	13.82	142.66	0.0005	0.009	-0.0702	350.94	364.00	157.26	1.51	0.91	1.021	0.835	1.54	0.304	0.342
29	29'	30	0.4869	11.8598	54.38	252.11	0.0004	0.066	-0.0656	301.84	364.00	415.37	3.99	0.61	0.903	0.632	3.60	0.230	0.197
30	30	31	0.4313	12.2911	66.00	433.24	0.0003	0.040	0.0400	405.80	500.00	755.95	3.85	0.57	0.885	0.608	3.41	0.304	0.255
31	31	32	1.5507	13.8418	116.20	670.81	0.0003	0.024	0.0239	526.47	600.00	950.59	3.36	0.71	0.951	0.699	3.20	0.419	0.380
32	32	33	0.9156	14.7574	55.78	844.18	0.0002	0.065	0.0653	475.43	500.00	965.58	4.92	0.87	1.007	0.804	4.95	0.402	0.426
33	33	34	1.0257	15.7831	65.65	1,009.67	0.0002	0.079	0.0794	490.13	500.00	1,064.79	5.42	0.95	1.033	0.868	5.60	0.434	0.532
34	34	10	0.0853	15.8684	13.80	1,055.10	0.0002	0.011	0.0036	723.37	800.00	1,380.06	2.75	0.76	0.969	0.732	2.66	0.586	0.550

Fuente. Elaboración propia

Anexo 11. Evaluación alcantarillado T=25 años

Tramo			Area tributaria - ha		Longitud - m	Qdis	S	S tubería >=Smin''	S terreno	Diametro interno - mm		Q _U	V _U	Qdis/Qllena	Vparc./V-llena	y/D	V	y	H
No	De	A	Parcial	Σ		l/s	min.			Calculado	Comercial	l/s	m/s				m/s	m	m
1	2	3	4	5	6	7	8	9		12	13	14	15	16	17	18	19	21	22
1	1	2	0.0904	0.0904	31.94	17.21	0.0014	0.034	0.0335	125.13	250.00	108.95	2.22	0.16	0.613	0.308	1.36	0.077	0.055
2	2	3	0.4550	0.5454	94.31	92.98	0.0007	0.046	0.0461	221.86	250.00	127.84	2.60	0.73	0.958	0.710	2.49	0.178	0.164
3	3	4	0.3003	0.8457	43.62	147.44	0.0005	0.014	0.0138	330.88	364.00	190.16	1.83	0.78	0.975	0.743	1.78	0.270	0.260
4	4	5	0.1421	0.9878	32.23	173.11	0.0005	0.007	0.0074	394.24	500.00	326.24	1.66	0.53	0.865	0.582	1.44	0.291	0.240
5	5	6	0.3706	1.3584	79.50	231.19	0.0004	0.010	0.0098	417.32	500.00	374.37	1.91	0.62	0.908	0.639	1.73	0.320	0.275
6	6	7	0.1904	1.5488	63.67	265.72	0.0004	0.008	0.0082	455.03	500.00	341.65	1.74	0.78	0.975	0.743	1.70	0.372	0.357
7	7	8	0.3403	1.8891	78.96	321.03	0.0004	0.049	0.0043	348.84	364.00	359.58	3.46	0.89	0.117	0.037	0.40	0.013	0.325
8	8	9	0.1104	1.9995	25.72	350.23	0.0004	0.004	0.0206	591.62	700.00	548.50	1.43	0.64	0.918	0.651	1.31	0.456	0.398
9	9	10	0.3553	2.3548	67.71	402.30	0.0003	0.003	0.0214	643.48	700.00	503.56	1.31	0.80	0.984	0.756	1.29	0.529	0.517
10	10	11	0.3594	2.7142	32.99	473.04	0.0003	0.004	0.0249	657.36	700.00	559.36	1.45	0.85	1.001	0.791	1.45	0.554	0.571
11	11	12	0.8482	3.5624	64.27	609.77	0.0003	0.003	0.0087	737.70	800.00	756.93	1.51	0.81	0.987	0.763	1.49	0.610	0.602
12	12	13	0.9248	4.4872	72.46	764.55	0.0002	0.003	0.0086	814.06	900.00	999.14	1.57	0.77	0.972	0.738	1.53	0.664	0.630
13	13	14	0.7942	5.2814	63.12	904.59	0.0002	0.003	0.0097	852.38	900.00	1,045.72	1.64	0.87	1.007	0.804	1.66	0.724	0.767
14	14	15	0.4952	5.7766	48.00	997.98	0.0002	0.003	-0.0040	884.37	950.00	1,207.90	1.70	0.83	0.993	0.778	1.69	0.739	0.744

15	15	16	0.7100	6.4866	16.08	1,142.02	0.0002	0.009	-0.0504	776.78	800.00	1,235.36	2.46	0.92	1.024	0.843	2.52	0.674	0.773
16	16	17	1.1624	7.6490	90.13	1,290.68	0.0002	0.003	-0.0411	973.91	1,000.00	1,384.95	1.76	0.93	1.027	0.852	1.81	0.852	0.995
17	17	18	0.1566	7.8056	39.78	1,354.97	0.0002	0.004	-0.0365	969.02	1,000.00	1,473.61	1.88	0.92	1.024	0.843	1.92	0.843	0.966
18	18'	19	0.4025	8.2081	71.00	1,399.67	0.0002	0.051	-0.0510	601.91	700.00	2,093.46	5.44	0.67	0.931	0.672	5.06	0.470	0.417
19	19'	20	0.9862	9.1943	38.13	1,597.58	0.0002	0.042	-0.0420	655.93	700.00	1,900.05	4.94	0.84	0.997	0.785	4.92	0.550	0.559
20	18	21	0.1096	9.3039	25.98	1,628.29	0.0002	0.003	0.0385	1,078.24	1,200.00	2,165.89	1.92	0.75	0.965	0.724	1.85	0.869	0.812
21	21	22	0.0349	9.3388	18.24	1,642.02	0.0002	0.003	0.2314	1,068.35	1,100.00	1,774.96	1.87	0.93	1.027	0.852	1.92	0.937	1.095
22	22	23	0.2029	9.5417	94.04	1,606.66	0.0002	0.003	0.0039	1,085.73	1,200.00	2,098.02	1.86	0.77	0.972	0.738	1.80	0.886	0.840
23	23	24	0.8853	10.4270	47.70	1,801.71	0.0002	0.003	-0.0447	1,129.76	1,200.00	2,116.09	1.87	0.85	1.001	0.791	1.87	0.949	0.978
24	25'	1	0.1427	10.5697	45.64	1,828.54	0.0002	0.082	0.0822	608.43	700.00	2,657.48	6.91	0.69	0.941	0.686	6.50	0.480	0.430
25	26'	25	0.1890	10.7587	24.78	12.96	0.0017	0.170	0.1703	82.94	250.00	245.65	5.00	0.05	0.453	0.182	2.27	0.046	0.029
26	26'	27	0.3905	11.1492	94.60	72.43	0.0007	0.076	0.0757	184.10	250.00	163.77	3.34	0.44	0.816	0.523	2.72	0.131	0.104
27	27	28	0.1145	11.2637	48.59	94.85	0.0006	0.019	0.0187	264.68	300.00	132.48	1.87	0.72	0.955	0.705	1.79	0.212	0.193
28	28	29	0.1092	11.3729	13.82	147.70	0.0005	0.009	-0.0702	355.54	400.00	202.22	1.61	0.73	0.958	0.710	1.54	0.284	0.262
29	29'	30	0.4869	11.8598	54.38	261.12	0.0004	0.066	-0.0656	305.85	364.00	415.37	3.99	0.63	0.913	0.645	3.64	0.235	0.203
30	30	31	0.4313	12.2911	66.00	448.83	0.0003	0.040	0.0400	411.21	500.00	755.95	3.85	0.59	0.895	0.620	3.45	0.310	0.263
31	31	32	1.5507	13.8418	116.20	695.02	0.0003	0.024	0.0239	533.52	600.00	950.59	3.36	0.73	0.958	0.710	3.22	0.426	0.392
32	32	33	0.9156	14.7574	55.78	874.68	0.0002	0.065	0.0653	481.80	500.00	965.58	4.92	0.91	1.021	0.835	5.02	0.418	0.470
33	33	34	1.0257	15.7831	65.65	1,046.17	0.0002	0.079	0.0794	496.70	600.00	1,731.47	6.12	0.60	0.900	0.626	5.51	0.376	0.320

34	34	10	0.0853	15.8684	13.80	1,093.25	0.0002	0.011	0.0036	733.07	800.00	1,380.06	2.75	0.79	0.980	0.750	2.69	0.600	0.580
----	----	----	--------	---------	-------	----------	--------	-------	--------	--------	--------	----------	------	------	-------	-------	------	-------	-------

Fuente. Elaboración propia

Anexo 12. Evaluación alcantarillado T=30 años

Tramo			Area tributaria - ha		Longitud - m	Qdis	S	S tuberia >=Smin``	S terreno	Diametro interno - mm		Q _U	V _U	Qdis/Qllena	Vparc./V-llena	y/D	V	y	H
No	De	A	Parcial	Σ		l/s	min.			Calculado	Comercial	l/s	m/s				m/s	m	m
1	2	3	4	5	6	7	8	9		12	13	14	15	16	17	18	19	21	22
1	1	2	0.0904	0.0904	31.94	17.67	0.0014	0.034	0.0335	126.39	250.00	108.95	2.22	0.16	0.613	0.308	1.36	0.077	0.055
2	2	3	0.4550	0.5454	94.31	95.69	0.0006	0.046	0.0461	224.26	250.00	127.84	2.60	0.75	0.965	0.724	2.51	0.181	0.169
3	3	4	0.3003	0.8457	43.62	151.76	0.0005	0.014	0.0138	334.48	364.00	190.16	1.83	0.80	0.984	0.756	1.80	0.275	0.269
4	4	5	0.1421	0.9878	32.23	178.19	0.0005	0.007	0.0074	398.54	500.00	326.24	1.66	0.55	0.875	0.594	1.45	0.297	0.247
5	5	6	0.3706	1.3584	79.50	237.99	0.0004	0.010	0.0098	421.89	500.00	374.37	1.91	0.64	0.918	0.651	1.75	0.326	0.284
6	6	7	0.1904	1.5488	63.67	273.54	0.0004	0.008	0.0082	460.00	500.00	341.65	1.74	0.80	0.984	0.756	1.71	0.378	0.370
7	7	8	0.3403	1.8891	78.96	330.48	0.0004	0.049	0.0043	352.66	364.00	359.58	3.46	0.92	0.117	0.037	0.40	0.013	0.352
8	8	9	0.1104	1.9995	25.72	360.55	0.0003	0.004	0.0206	598.10	700.00	548.50	1.43	0.66	0.927	0.666	1.32	0.466	0.410
9	9	10	0.3553	2.3548	67.71	414.17	0.0003	0.003	0.0214	650.54	700.00	503.56	1.31	0.82	0.990	0.770	1.30	0.539	0.537
10	10	11	0.3594	2.7142	32.99	487.02	0.0003	0.004	0.0249	664.58	700.00	559.36	1.45	0.87	1.007	0.804	1.46	0.563	0.596
11	11	12	0.8482	3.5624	64.27	627.78	0.0003	0.003	0.0087	745.80	800.00	756.93	1.51	0.83	0.993	0.778	1.50	0.622	0.626
12	12	13	0.9248	4.4872	72.46	787.14	0.0002	0.003	0.0086	823.00	900.00	999.14	1.57	0.79	0.980	0.750	1.54	0.675	0.653

13	13	14	0.7942	5.2814	63.12	931.32	0.0002	0.003	0.0097	861.74	900.00	1,045.72	1.64	0.89	1.015	0.820	1.67	0.738	0.803
14	14	15	0.4952	5.7766	48.00	1,027.47	0.0002	0.003	-0.0040	894.08	950.00	1,207.90	1.70	0.85	1.001	0.791	1.71	0.751	0.774
15	15	16	0.7100	6.4866	16.08	1,175.77	0.0002	0.009	-0.0504	785.31	900.00	1,691.22	2.66	0.70	0.945	0.692	2.51	0.623	0.561
16	16	17	1.1624	7.6490	90.13	1,328.82	0.0002	0.003	-0.0411	984.61	1,200.00	2,252.08	1.99	0.59	0.895	0.620	1.78	0.744	0.631
17	17	18	0.1566	7.8056	39.78	1,395.01	0.0002	0.004	-0.0365	979.66	1,200.00	2,396.25	2.12	0.58	0.890	0.615	1.89	0.738	0.622
18	18'	19	0.4025	8.2081	71.00	1,441.03	0.0002	0.051	-0.0510	608.52	700.00	2,093.46	5.44	0.69	0.941	0.686	5.12	0.480	0.430
19	19'	20	0.9862	9.1943	38.13	1,644.79	0.0002	0.042	-0.0420	663.14	700.00	1,900.05	4.94	0.87	1.007	0.804	4.97	0.563	0.596
20	18	21	0.1096	9.3039	25.98	1,676.41	0.0002	0.003	0.0385	1,090.08	1,200.00	2,165.89	1.92	0.77	0.972	0.738	1.86	0.886	0.840
21	21	22	0.0349	9.3388	18.24	1,690.55	0.0002	0.003	0.2314	1,080.08	1,200.00	2,238.51	1.98	0.76	0.969	0.732	1.92	0.878	0.826
22	22	23	0.2029	9.5417	94.04	1,654.13	0.0002	0.003	0.0039	1,097.66	1,200.00	2,098.02	1.86	0.79	0.980	0.750	1.82	0.900	0.870
23	23	24	0.8853	10.4270	47.70	1,854.95	0.0002	0.003	-0.0447	1,142.17	1,200.00	2,116.09	1.87	0.88	1.011	0.813	1.89	0.976	1.045
24	25'	1	0.1427	10.5697	45.64	1,882.58	0.0002	0.082	0.0822	615.11	700.00	2,657.48	6.91	0.71	0.951	0.699	6.57	0.489	0.443
25	26'	25	0.1890	10.7587	24.78	13.25	0.0016	0.170	0.1703	83.63	250.00	245.65	5.00	0.05	0.453	0.182	2.27	0.046	0.029
26	26'	27	0.3905	11.1492	94.60	74.48	0.0007	0.076	0.0757	186.04	250.00	163.77	3.34	0.45	0.822	0.530	2.74	0.133	0.106
27	27	28	0.1145	11.2637	48.59	97.56	0.0006	0.019	0.0187	267.49	300.00	132.48	1.87	0.74	0.961	0.719	1.80	0.216	0.200
28	28	29	0.1092	11.3729	13.82	151.98	0.0005	0.009	-0.0702	359.37	400.00	202.22	1.61	0.75	0.965	0.724	1.55	0.290	0.271
29	29'	30	0.4869	11.8598	54.38	268.75	0.0004	0.066	-0.0656	309.17	364.00	415.37	3.99	0.65	0.922	0.658	3.68	0.240	0.210
30	30	31	0.4313	12.2911	66.00	462.01	0.0003	0.040	0.0400	415.70	500.00	755.95	3.85	0.61	0.903	0.632	3.48	0.316	0.271
31	31	32	1.5507	13.8418	116.20	715.47	0.0003	0.024	0.0239	539.36	600.00	950.59	3.36	0.75	0.965	0.724	3.24	0.434	0.406

32	32	33	0.9156	14.7574	55.78	900.44	0.0002	0.065	0.0653	487.07	600.00	1,570.14	5.55	0.57	0.885	0.608	4.91	0.365	0.306
33	33	34	1.0257	15.7831	65.65	1,077.00	0.0002	0.079	0.0794	502.14	600.00	1,731.47	6.12	0.62	0.908	0.639	5.56	0.383	0.330
34	34	10	0.0853	15.8684	13.80	1,125.47	0.0002	0.011	0.0036	741.10	800.00	1,380.06	2.75	0.82	0.990	0.770	2.72	0.616	0.614

Anexo 13. Alcantarillado Sanitario

Tramo			Area tributaria - ha		Longitud - m	Qdis	S	S tubería >=Smin``	S terreno	Diametro interno - mm		Q _{LI}	V _{LI}	Qdis/Qllena	Vparc./V-llena	y/D	V	y	H
No	De	A	Parcial	Σ		l/s	min.			Calculado	Comercial	l/s	m/s				m/s	m	m
1	2	3	4	5	6	7	8	9		12	13	14	15	16	17	18	19	21	22
1	1	2	0.0904	0.0904	31.94	1.50	0.0045	0.0335	0.0335	50.12	200.00	60.09	1.91	0.02	0.362	0.124	0.69	0.025	0.013
2	2	3	0.4550	0.5454	94.31	1.50	0.0045	0.0461	0.0461	47.20	200.00	70.51	2.24	0.02	0.362	0.124	0.81	0.025	0.013
3	3	4	0.3003	0.8457	43.62	1.50	0.0045	0.0138	0.0138	59.22	200.00	38.51	1.23	0.04	0.427	0.165	0.52	0.033	0.020
4	4	5	0.1421	0.9878	32.23	1.50	0.0045	0.0090	0.0074	64.13	200.00	31.15	0.99	0.05	0.453	0.182	0.45	0.036	0.023
5	5	6	0.3706	1.3584	79.50	1.50	0.0045	0.0098	0.0098	63.10	200.00	32.52	1.04	0.05	0.453	0.182	0.47	0.036	0.023
6	6	7	0.1904	1.5488	63.67	1.50	0.0045	0.0090	0.0082	64.08	200.00	31.21	0.99	0.05	0.453	0.182	0.45	0.036	0.023
7	7	8	0.3403	1.8891	78.96	1.50	0.0045	0.0612	0.0043	44.77	364.00	400.89	3.85	0.00	0.117	0.037	0.45	0.013	0.000
8	8	9	0.1104	1.9995	25.72	1.50	0.0045	0.0098	0.0206	63.13	364.00	160.37	1.54	0.01	0.292	0.092	0.45	0.033	0.015
9	9	10	0.3553	2.3548	67.71	1.51	0.0045	0.0098	0.0214	63.24	364.00	160.35	1.54	0.01	0.292	0.092	0.45	0.033	0.015

10	10	11	0.3594	2.7142	32.99	1.74	0.0042	0.0098	0.0249	66.70	364.00	160.37	1.54	0.01	0.292	0.092	0.45	0.033	0.015
11	11	12	0.8482	3.5624	64.27	2.28	0.0037	0.0098	0.0087	73.86	364.00	160.37	1.54	0.01	0.292	0.092	0.45	0.033	0.015
12	12	13	0.9248	4.4872	72.46	2.87	0.0033	0.0064	0.0086	87.29	364.00	129.36	1.24	0.02	0.362	0.124	0.45	0.045	0.024
13	13	14	0.7942	5.2814	63.12	3.38	0.0031	0.0052	0.0097	96.34	364.00	117.07	1.12	0.03	0.400	0.148	0.45	0.054	0.031
14	14	15	0.4952	5.7766	48.00	3.70	0.0030	0.0052	-0.0040	99.68	364.00	116.90	1.12	0.03	0.400	0.148	0.45	0.054	0.031
15	15	16	0.7100	6.4866	16.08	4.15	0.0028	0.0071	-0.0504	98.21	364.00	136.60	1.31	0.03	0.400	0.148	0.53	0.054	0.031
16	16	17	1.1624	7.6490	90.13	4.90	0.0026	0.0041	-0.0411	115.80	364.00	103.80	1.00	0.05	0.453	0.182	0.45	0.066	0.042
17	17	18	0.1566	7.8056	39.78	5.00	0.0026	0.0040	-0.0365	117.22	364.00	102.53	0.99	0.05	0.453	0.182	0.45	0.066	0.042
18	18'	19	0.4025	8.2081	71.00	5.25	0.0025	0.0510	-0.0510	74.12	200.00	74.13	2.36	0.07	0.492	0.210	1.16	0.042	0.028
19	19'	20	0.9862	9.1943	38.13	5.88	0.0024	0.0420	-0.0420	80.20	200.00	67.28	2.14	0.09	0.520	0.232	1.11	0.046	0.032
20	18	21	0.1096	9.3039	25.98	5.95	0.0024	0.0035	0.0385	128.37	200.00	19.42	0.62	0.31	0.732	0.431	0.45	0.086	0.066
21	21	22	0.0349	9.3388	18.24	5.98	0.0024	0.0035	0.2314	128.55	200.00	19.42	0.62	0.31	0.732	0.431	0.45	0.086	0.066
22	22	23	0.2029	9.5417	94.04	6.11	0.0023	0.0035	0.0039	129.59	200.00	19.42	0.62	0.31	0.732	0.431	0.45	0.086	0.066
23	23	24	0.8853	10.4270	47.70	6.67	0.0023	0.0033	-0.0447	135.46	200.00	18.86	0.60	0.35	0.760	0.460	0.46	0.092	0.071
24	25'	1	0.1427	10.5697	45.64	6.76	0.0022	0.0822	0.0822	74.52	200.00	94.11	3.00	0.07	0.492	0.210	1.47	0.042	0.028
25	26'	25	0.1890	10.7587	24.78	6.89	0.0022	0.1703	0.1703	65.43	200.00	135.49	4.31	0.05	0.453	0.182	1.95	0.036	0.023
26	26'	27	0.3905	11.1492	94.60	7.14	0.0022	0.0757	0.0757	77.20	200.00	90.33	2.88	0.08	0.505	0.220	1.45	0.044	0.030
27	27	28	0.1145	11.2637	48.59	7.21	0.0022	0.0187	0.0187	100.70	200.00	44.93	1.43	0.16	0.613	0.308	0.88	0.062	0.044
28	28	29	0.1092	11.3729	13.82	7.28	0.0022	0.0094	-0.0702	114.99	200.00	31.85	1.01	0.23	0.680	0.370	0.69	0.074	0.055

29	29'	30	0.4869	11.8598	54.38	7.59	0.0021	0.0657	-0.0656	81.15	200.00	84.12	2.68	0.09	0.520	0.232	1.39	0.046	0.032
30	30	31	0.4313	12.2911	66.00	7.87	0.0021	0.0400	0.0400	90.25	200.00	65.66	2.09	0.12	0.570	0.270	1.19	0.054	0.038
31	31	32	1.5507	13.8418	116.20	8.86	0.0020	0.0239	0.0239	103.91	200.00	50.78	1.62	0.17	0.624	0.315	1.01	0.063	0.046
32	32	33	0.9156	14.7574	55.78	9.44	0.0019	0.0653	0.0653	88.18	200.00	83.87	2.67	0.11	0.553	0.258	1.48	0.052	0.036
33	33	34	1.0257	15.7831	65.65	10.10	0.0019	0.0794	0.0794	87.17	200.00	92.49	2.94	0.11	0.553	0.258	1.63	0.052	0.036
34	34	10	0.0853	15.8684	13.80	10.16	0.0019	0.0109	0.0036	126.81	200.00	34.23	1.09	0.30	0.729	0.424	0.79	0.085	0.064

Fuente. Elaboración propia

Anexo 14. Alcantarillado Pluvial

Tramo			Area tributaria - ha		Longitud - m	Qdis	S	S tubería >=Smin''	S terreno	Diametro interno - mm		Q _l	V _l	Qdis/Qllena	Vparc./V-llena	y/D	V	y	H
No	De	A	Parcial	Σ		l/s	min.			Calculado	Comercial	l/s	m/s				m/s	m	m
1	2	3	4	5	6	7	8	9		12	13	14	15	16	17	18	19	21	22
1	1	2	0.0904	0.0904	31.94	15.71	0.0015	0.0335	0.0335	113.58	250.00	128.76	2.62	0.12	0.570	0.270	1.50	0.068	0.047
2	2	3	0.4550	0.5454	94.31	91.48	0.0007	0.0461	0.0461	207.12	250.00	151.08	3.08	0.61	0.903	0.632	2.78	0.158	0.136
3	3	4	0.3003	0.8457	43.62	145.94	0.0005	0.0138	0.0138	309.59	300.00	134.19	1.90	1.09	1.042	0.931	1.98	0.279	0.475
4	4	5	0.1421	0.9878	32.23	171.61	0.0005	0.0100	0.0074	349.28	364.00	191.59	1.84	0.90	1.018	0.826	1.87	0.301	0.333
5	5	6	0.3706	1.3584	79.50	229.69	0.0004	0.0110	0.0098	382.72	400.00	258.40	2.06	0.89	1.015	0.820	2.09	0.328	0.357
6	6	7	0.1904	1.5488	63.67	264.22	0.0004	0.0090	0.0082	418.52	364.00	182.11	1.75	1.45	1.042	0.931	1.82	0.339	0.577
7	7	8	0.3403	1.8891	78.96	319.53	0.0004	0.0612	0.0043	314.01	364.00	473.78	4.55	0.67	0.931	0.672	4.24	0.245	0.217

8	8	9	0.1104	1.9995	25.72	348.73	0.0004	0.0098	0.0206	457.52	500.00	441.90	2.25	0.79	0.980	0.750	2.21	0.375	0.363
9	9	10	0.3553	2.3548	67.71	400.80	0.0003	0.0100	0.0214	480.08	500.00	446.70	2.28	0.90	1.018	0.826	2.32	0.413	0.458
10	10	11	0.3594	2.7142	32.99	471.33	0.0003	0.0100	0.0249	510.17	600.00	726.38	2.57	0.65	0.922	0.658	2.37	0.395	0.346
11	11	12	0.8482	3.5624	64.27	607.52	0.0003	0.0098	0.0087	563.39	600.00	718.58	2.54	0.85	1.001	0.791	2.54	0.475	0.489
12	12	13	0.9248	4.4872	72.46	761.72	0.0002	0.0100	0.0086	610.78	700.00	1,095.70	2.85	0.70	0.945	0.692	2.69	0.484	0.436
13	13	14	0.7942	5.2814	63.12	901.26	0.0002	0.0100	0.0097	650.55	700.00	1,095.70	2.85	0.82	0.990	0.770	2.82	0.539	0.537
14	14	15	0.4952	5.7766	48.00	994.34	0.0002	0.0100	-0.0040	674.98	700.00	1,095.70	2.85	0.91	1.021	0.835	2.91	0.585	0.658
15	15	16	0.7100	6.4866	16.08	1,137.94	0.0002	0.0140	-0.0504	666.59	700.00	1,296.44	3.37	0.88	1.011	0.813	3.41	0.569	0.610
16	16	17	1.1624	7.6490	90.13	1,285.86	0.0002	0.0100	-0.0411	743.30	800.00	1,564.35	3.11	0.82	0.990	0.770	3.08	0.616	0.614
17	17	18	0.1566	7.8056	39.78	1,350.05	0.0002	0.0100	-0.0365	757.00	800.00	1,564.35	3.11	0.86	1.005	0.798	3.13	0.638	0.666
18	18'	19	0.4025	8.2081	71.00	1,394.50	0.0002	0.0510	-0.0510	564.58	600.00	1,640.18	5.80	0.85	1.001	0.791	5.81	0.475	0.489
19	19'	20	0.9862	9.1943	38.13	1,591.79	0.0002	0.0420	-0.0420	615.26	700.00	2,245.51	5.83	0.71	0.951	0.699	5.55	0.489	0.443
20	18	21	0.1096	9.3039	25.98	1,622.43	0.0002	0.0100	0.0385	811.01	900.00	2,141.62	3.37	0.76	0.969	0.732	3.26	0.659	0.619
21	21	22	0.0349	9.3388	18.24	1,636.14	0.0002	0.0100	0.2314	813.57	900.00	2,141.62	3.37	0.76	0.969	0.732	3.26	0.659	0.619
22	22	23	0.2029	9.5417	94.04	1,600.65	0.0002	0.0100	0.0039	806.91	900.00	2,141.62	3.37	0.75	0.965	0.724	3.25	0.652	0.609
23	23	24	0.8853	10.4270	47.70	1,795.14	0.0002	0.0100	-0.0447	842.37	900.00	2,141.62	3.37	0.84	0.997	0.785	3.36	0.707	0.718
24	25'	1	0.1427	10.5697	45.64	1,821.88	0.0002	0.0822	0.0822	570.70	600.00	2,082.07	7.36	0.88	1.011	0.813	7.44	0.488	0.523
25	26'	25	0.1890	10.7587	24.78	6.18	0.0023	0.1703	0.1703	59.01	250.00	290.32	5.91	0.02	0.362	0.124	2.14	0.031	0.017
26	26'	27	0.3905	11.1492	94.60	65.40	0.0008	0.0757	0.0757	166.44	250.00	193.55	3.94	0.34	0.755	0.452	2.98	0.113	0.087

27	27	28	0.1145	11.2637	48.59	87.76	0.0007	0.0190	0.0187	240.81	800.00	2,156.31	4.29	0.04	0.427	0.165	1.83	0.132	0.082
28	28	29	0.1092	11.3729	13.82	140.54	0.0005	0.0110	-0.0702	318.33	300.00	119.98	1.70	1.17	1.042	0.931	1.77	0.279	0.475
29	29'	30	0.4869	11.8598	54.38	253.65	0.0004	0.0657	-0.0656	284.16	300.00	293.11	4.15	0.87	1.007	0.804	4.18	0.241	0.256
30	30	31	0.4313	12.2911	66.00	441.09	0.0003	0.0400	0.0400	383.73	400.00	492.74	3.92	0.90	1.018	0.826	3.99	0.330	0.366
31	31	32	1.5507	13.8418	116.20	686.30	0.0003	0.0270	0.0239	487.56	600.00	1,193.57	4.22	0.57	0.885	0.608	3.74	0.365	0.306
32	32	33	0.9156	14.7574	55.78	865.38	0.0002	0.0653	0.0653	450.73	500.00	1,141.14	5.81	0.76	0.969	0.732	5.63	0.366	0.344
33	33	34	1.0257	15.7831	65.65	1,036.23	0.0002	0.0794	0.0794	464.87	500.00	1,258.39	6.41	0.82	0.990	0.770	6.34	0.385	0.384
34	34	10	0.0853	15.8684	13.80	1,083.25	0.0002	0.0120	0.0036	673.58	700.00	1,200.27	3.12	0.90	1.018	0.826	3.17	0.578	0.641

Fuente. Elaboración propia