



Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería Civil

Modelación del Alcantarillado ubicado entre las Avenidas Hurtado de Mendoza, González Suárez, Guapondelig y Los Andes en el cantón Cuenca de la provincia del Azuay.

Trabajo previo a la obtención del grado académico de:

INGENIERO CIVIL

Autores:

JOSUÉ HUMBERTO GARCÍA VÁSQUEZ

MARÍA JULIANA RIVEROS COELLO

Director:

JOSUÉ BERNARDO LARRIVA VÁSQUEZ

CUENCA – ECUADOR

2023

DEDICATORIA

Quiero dedicar mi trabajo de tesis a mi familia,
quienes han sido mi principal fuente de apoyo
y fortaleza a lo largo de estos años.

- Josué García

Quiero dedicar estas palabras a mi familia, quienes han sido mi apoyo a lo largo de mi carrera. Su presencia ha sido un faro en mi camino, guiándome con amor y sabiduría en cada obstáculo que he superado. A mis padres, gracias por vuestro amor inmenso y por brindarme la mejor educación y valores. Por su dedicación y sacrificio son un ejemplo para mí, y siempre estaré agradecido/a por vuestro constante aliento y confianza en mí. A mis abuelos, por su sabiduría y cariño son un tesoro invaluable. Por su historias y enseñanzas han dejado huellas profundas en mi corazón, y siempre llevaré conmigo vuestro legado.

-Juliana Riveros.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mi familia por su apoyo y amor incondicional. Su presencia y respaldo han sido fundamentales en mi vida, brindándome fuerza y motivación en cada logro que obtengo. Estoy realmente agradecido/a por su comprensión, paciencia y sacrificio. Sin ustedes, no sería quien soy hoy.

-Juliana Riveros.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
TABLA DE CONTENIDO.....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	vi
INDICE DE TABLAS.....	x
INDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES.....	1
PROBLEMÁTICA Y JUSTIFICACIÓN	2
OBJETIVOS.....	3
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
ALCANCE.....	3
CAPÍTULO I.....	4
1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	4
1.1.1 Clima y precipitaciones.....	5
1.2 ÁREA DE ESTUDIO	6
1.2.1 Información Demográfica.....	8
1.2.2 Información Catastral.....	8
1.3 MARCO TEÓRICO	11
1.3.1 Sistema de alcantarillado	11
1.3.2 Flujo Uniforme Permanente	12
1.3.3 Velocidades.....	14
1.3.4 Diámetros	15
1.3.5 Caudal Sanitario	16
1.3.6 Caudal de Infiltración	16
1.3.7 Pozos de revisión.....	16
1.3.8 Pozos de caída o salto	16
1.3.9 Colectores	16
1.3.10 Conexión domiciliaria	16

1.3.11 Período de retorno	17
1.3.12 Storm Water Management Model	17
CAPÍTULO II	17
2.1 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO	17
2.1.1 Caudales	18
2.1.2 Características de la interfaz	18
2.1.3 Ajuste de datos	19
2.1.4 Trazo de pozos, descargas e introducción de datos	23
2.1.5 Trazo de tuberías e introducción de datos	27
2.1.6 Introducción de datos de lluvia	30
2.1.7 Trazo de cuencas o áreas de aporte e introducción de propiedades	32
2.1.8 Ejecución de la simulación.....	35
2.1.9 Gráficos.....	36
2.1.10 Perfiles	37
CAPÍTULO III.....	39
3.1 Resultados	39
3.1.1 Simulación del escenario N° 1 - Período de retorno de 3 años (flujo laminar)	39
3.1.2 Simulación del escenario N° 2 - Período de retorno de 5 años (flujo laminar)	46
3.1.3 Simulación del escenario N° 3 - Período de retorno de 10 años (flujo laminar)	51
3.1.4 Simulación del escenario N° 4 - Período de retorno de 10 años (flujo cinemático)	57
3.1.5. Simulación del escenario N° 5 - Período de retorno de 10 años (flujo dinámico).....	63
3.1.6 Comparación de los períodos de retorno de 3,5 y 10 años	72
3.1.7 Comparación de resultados a Flujo Laminar, Onda Cinemática y Onda Dinámica.....	77
CONCLUSIONES	82
RECOMENDACIONES	83
BIBLIOGRAFÍA	84
ANEXOS	86

INDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1. 1. Ubicación de la provincia del Azuay.....	4
Figura 1. 2. Ubicación del cantón Cuenca.	5
Figura 1. 3. Promedio mensual de lluvia en Cuenca.	5
Figura 1. 4. Ubicación geográfica general del área de estudio.	6
Figura 1. 5. Ubicación geográfica del área específica de estudio.	6
Figura 1. 6. Ubicación de las avenidas límite de la zona de estudio.	7
Figura 1. 7. Área de aporte del sistema de alcantarillado de la zona de estudio.	8
Figura 1. 8. Catastro de los colectores en la Av. González Suárez desde la Av. Huayna Cápac, hasta la av. Guapondelig.	9
Figura 1. 9. Avenida González Suarez tramo P1 - P2.	9
Figura 1. 10. Avenida González Suarez tramo P3 – P4.	9
Figura 1. 11. Avenida González Suarez tramos P6 - P7.	9
Figura 1. 12. Avenida González Suarez tramos P9 – P10.....	9

CAPÍTULO II

Figura 2. 1. Interfaz gráfica de SWMM.	18
Figura 2. 2. Coordenadas A y B que se debe introducir al programa.	19
Figura 2. 3. Procedimiento de ajuste de datos de SWMM.	20
Figura 2. 4. Ajuste de las coordenadas del colector de la Av. Huayna – Cápac, Gonzales Suarez y Guapondelig.	20
Figura 2. 5. Selección de la pestaña Proyecto.	21
Figura 2. 6. Ingreso de datos de las etiquetas.	21
Figura 2. 7. Ingreso de datos de las Subcuencas.	22
Figura 2. 8. Selección del tipo de flujo.	22
Figura 2. 9. Trazo de pozos.....	23
Figura 2. 10. Introducción de datos en pozos.	24
Figura 2. 11. Introducción de datos del caudal.....	25
Figura 2. 12. Introducción de cota de fondo y profundidad máxima del pozo.	26
Figura 2. 13. Introducción de datos de descarga en el software.....	27
Figura 2. 14. Trazo de tuberías o conducto en el software.	27
Figura 2. 15. Ventana de Editor de Sección Transversal en SWMM.	28
Figura 2. 16. Colocación de rugosidad de la tubería.	29
Figura 2. 17. Ingreso de valores de lluvia en el software.....	30
Figura 2. 18. Ingreso de datos de lluvia en el software SWMM.	30
Figura 2. 19. Ingreso de datos de lluvia en el software SWMM.	31
Figura 2. 20. Selección de formato de lluvia en SWMM.	32
Figura 2. 21. Trazado de cuencas o áreas de aporte en el software SWMM.....	32
Figura 2. 22. Ajuste de cuencas o área de aporte en SWMM.	33
Figura 2. 23. Ingreso de datos de las propiedades de la cuenca en SWMM.	34

Figura 2. 24. Áreas de aporte.	34
Figura 2. 25. Ejecución de la simulación.	36
Figura 2. 26. Pasos para generación de gráfico en SWMM 5.0.	37
Figura 2. 27. Generación de gráfico de caudal de la tubería.	37
Figura 2. 28. Pasos de generación de perfil del sistema de alcantarillado en SWMM 5.0....	38
Figura 2. 29. Gráfico de perfil en SWMM 5.0.	38

CAPÍTULO III

Figura 3. 2. Precipitación – duración de los tres períodos de retorno.	39
Figura 3. 3. Hietograma de precipitación, período de retorno 3 años.	40
Figura 3. 4. Niveles de pozos y caudales del tramo general en el período de retorno de 3 años.	40
Figura 3. 5. Perfil hidráulico general del tramo analizado en la Av. González Suárez en el minuto 40.	41
Figura 3. 6. Acercamiento del perfil hidráulico desde P10 hasta D2 en el minuto 40, periodo de retorno 3 años.	41
Figura 3. 7. Gráfico de caudales en tuberías T11, T12 y T13 en el período de retorno de 3 años.	42
Figura 3. 8. Gráfico de capacidad en tuberías T11, T12 y T13 en el período de retorno de 3 años.	43
Figura 3. 9. Gráfico de velocidades en tuberías T11, T12 y T13 en el período de retorno de 3 años.	44
Figura 3. 10. Gráfico de los niveles de los pozos P11, P12 y P13 en el período de retorno de 3 años.	45
Figura 3. 11. Hietograma de precipitación, periodo de retorno 5 años.	46
Figura 3. 12. Perfil hidráulico general del tramo analizado en el minuto 40 del periodo de retorno de 5 años.	47
Figura 3. 13. Acercamiento del perfil hidráulico desde P9 hasta D en el minuto 40, periodo de retorno 5 años.	47
Figura 3. 14. Gráfico de caudales en tuberías T11, T12 y T13 en el período de retorno de 5 años.	47
Figura 3. 15. Gráfico de capacidad en tuberías T11, T12 y T13 en el período de retorno de 5 años	49
Figura 3. 16. Gráfico de velocidades en tuberías T11, T12 y T13 en el período de retorno de 5 años	50
Figura 3. 17. Gráfico de los niveles de los pozos P11, P12 y P13 en el período de retorno de 5 años	51
Figura 3. 18. Hietograma de precipitación, período de retorno 10 años.	52
Figura 3. 19. Capacidad de las tuberías del tramo general en el período de retorno de 10 años en flujo laminar.	52
Figura 3. 20. Capacidad de las tuberías del tramo general en el período de retorno de 10 años.	53
Figura 3. 21. Acercamiento del perfil hidráulico desde P8 hasta D2 en el minuto 40, periodo de retorno 10 años.	54

Figura 3. 22. Acercamiento del modelo desde P9 hasta D2 en el minuto 40, periodo de retorno 10 años.	54
Figura 3. 23. Caudales de las tuberías del tramo general en el período de retorno de 10 años.	55
Figura 3. 24. Velocidades de las tuberías del tramo general en el período de retorno de 10 años.	56
Figura 3. 25. Gráfico de los niveles de los pozos P11, P12 y P13 en el período de retorno de 10 años.	57
Figura 3. 26. Perfil hidráulico general del tramo analizado en el minuto 40 del periodo de retorno de 10 años por onda cinemática.	58
Figura 3. 27. Acercamiento del perfil hidráulico desde P9 hasta D en el minuto 40, periodo de retorno 10 años por onda cinemática.	58
Figura 3. 28. Acercamiento del modelo desde P9 hasta D2 en el minuto 40, periodo de retorno 10 años.	59
Figura 3. 29. Caudales de las tuberías del tramo general en el período de retorno de 10 años por onda cinemática.	60
Figura 3. 30. Capacidad de las tuberías del tramo general en el período de retorno de 10 años por onda cinemática.	61
Figura 3. 31. Velocidades de las tuberías del tramo general en el período de retorno de 10 años por onda cinemática.	62
Figura 3. 32. Gráfico de los niveles de los pozos P11, P12 y P13 en el período de retorno de 10 años por onda cinemática.	63
Figura 3. 33. Perfil hidráulico general del tramo analizado en el minuto 40 del periodo de retorno de 10 años por onda dinámica.	63
Figura 3. 34. Acercamiento del perfil hidráulico desde P9 hasta D en el minuto 40, periodo de retorno 10 años por onda dinámica.	64
Figura 3. 35. Capacidad de las tuberías del tramo general en el período de retorno de 10 años por onda dinámica.	64
Figura 3. 36. Gráfico de los caudales de las tuberías T11, T12 y T13 en el período de retorno de 10 años por onda dinámica.	65
Figura 3. 37. Gráfico de la capacidad en las tuberías T11, T12 y T13 en el período de retorno de 10 años por onda dinámica.	66
Figura 3. 38. Gráfico de las velocidades en las tuberías T11, T12 y T13 en el período de retorno de 10 años por onda dinámica.	67
Figura 3. 39. Gráfico de los niveles en los pozos T11, T12 y T13 en el período de retorno de 10 años por onda dinámica.	68
Figura 3. 40. Acercamiento del perfil hidráulico desde P1 hasta P8 en el minuto 40, periodo de retorno 10 años por onda dinámica.	69
Figura 3. 41. Gráfico de los caudales de las tuberías T3, T4, T5, T6 por onda dinámica.	70
Figura 3. 42. Gráfico de la capacidad de las tuberías T3, T4, T5, T6 por onda dinámica.	71
Figura 3. 43. Gráfico de los caudales de las tuberías T11 para 3,5,10 años.	73
Figura 3. 44. Gráfico de los caudales de las tuberías T12 para 3,5,10 años.	73
Figura 3. 45. Gráfico de los caudales de las tuberías T13 para 3,5,10 años.	74
Figura 3. 46. Gráfico de las velocidades de las tuberías T11 para 3,5,10 años.	75
Figura 3. 47. Gráfico de las velocidades de las tuberías T12 para 3,5,10 años.	76
Figura 3. 48. Gráfico de las velocidades de las tuberías T13 para 3,5,10 años.	76

Figura 3. 49. Gráfico de los caudales de las tuberías T11 para Flujo laminar, Onda cinemática y Onda dinámica.77

Figura 3. 50. Gráfico de los caudales de las tuberías T12 para Flujo laminar, Onda cinemática y Onda dinámica.78

Figura 3. 51. Gráfico de los caudales de las tuberías T13 para Flujo laminar, Onda cinemática y Onda dinámica.78

Figura 3. 52. Gráfico de los caudales de las tuberías T11 para Flujo laminar, Onda cinemática y Onda dinámica.79

Figura 3. 53. Gráfico de los caudales de las tuberías T12 para Flujo laminar, Onda cinemática y Onda dinámica.80

Figura 3. 54. Gráfico de los caudales de las tuberías T13 para Flujo laminar, Onda cinemática y Onda dinámica.80

Figura 3. 55. Gráfico de las velocidades de las tuberías T11 para Flujo laminar, Onda cinemática y Onda dinámica.81

Figura 3. 56. Gráfico de las velocidades de las tuberías T12 para Flujo laminar, Onda cinemática y Onda dinámica.81

Figura 3. 57. Gráfico de las velocidades de las tuberías T13 para Flujo laminar, Onda cinemática y Onda dinámica.81

INDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

Tabla 1. 1. Coordenadas de la Av. Huayna – Cápac.....	7
Tabla 1. 2. Coordenadas de la Av. Guapondelig.....	7
Tabla 1. 3. Datos de las tuberías en Av. González Suárez desde la Av. Huayna Cápac hasta la Av. Guapondelig.	10
Tabla 1. 4. Cotas de los pozos de los colectores en Av. González Suárez desde la Av. Huayna Cápac hasta la Av. Guapondelig.....	11
Tabla 1. 5. Coeficiente de rugosidad “n” de la fórmula de Manning.	14
Tabla 1. 6. Velocidades máximas y mínimas.....	15

CAPÍTULO II

Tabla 2. 1. Coordenadas (x, y) de los pozos de la Av. Huayna – Cápac, Gonzales Suarez y Guapondelig.	24
Tabla 2. 2. Caudales de los colectores Av. Huayna - Cápac, Gonzales Suarez y Guapondelig.	25
Tabla 2. 3. Datos cota de fondo y profundidad máxima de los pozos.....	26
Tabla 2. 4. Datos de tubería para la evaluación de la Av. Huayna – Cápac, Gonzales Suarez y Guapondelig.	29
Tabla 2. 5. Datos de las subcuencas de la Av. Huayna – Cápac, Gonzales Suarez y Guapondelig.	35

CAPÍTULO III

Tabla 3. 2. Hietograma de precipitación, incremento de 10 minutos método de bloques alternos.	39
Tabla 3. 3. Caudales de las tuberías T11, T12, T13 en el período de retorno de 3 años.	42
Tabla 3. 4. Capacidad de las tuberías T11, T12, T13 en el período de retorno de 3 años.	43
Tabla 3. 5. Velocidades de las tuberías T11, T12, T13 en el período de retorno de 3 años.	44
Tabla 3. 6. Niveles de los pozos P11, P12 y P13 en el período de retorno de 3 años.	45
Tabla 3. 7. Hietograma de precipitación, incremento de 10 minutos método de bloques alternos.	46
Tabla 3. 8. Caudales de las tuberías T11, T12, T13 en el período de retorno de 5 años.	48
Tabla 3. 9. Capacidad de las tuberías T11, T12, T13 en el período de retorno de 5 años.	48
Tabla 3. 10. Velocidades de las tuberías T11, T12, T13 en el período de retorno de 5 años. ...	49
Tabla 3. 11. Niveles de los pozos P11, P12 y P13 en el período de retorno de 5 años.	50
Tabla 3. 12. Hietograma de precipitación, incremento de 10 minutos método de bloques alternos.	51
Tabla 3. 13. Capacidad de las tuberías T11, T12, T13 en el período de retorno de 10 años. ...	53
Tabla 3. 14. Caudales de las tuberías T11, T12, T13 en el período de retorno de 10 años.	55
Tabla 3. 15. Velocidades de las tuberías T11, T12, T13 en el período de retorno de 10 años. .	56
Tabla 3. 16. Niveles de los pozos P11, P12 y P13 en el período de retorno de 10 años.	57
Tabla 3. 17. Caudales de las tuberías T11, T12, T13 en el período de retorno de 10 años por onda cinemática.	59

Tabla 3. 18. Capacidad de las tuberías T11, T12, T13 en el período de retorno de 10 años por onda cinemática.	60
Tabla 3. 19. Velocidades de las tuberías T11, T12, T13 en el período de retorno de 10 años por onda cinemática.	61
Tabla 3. 20. Niveles de los pozos P11, P12 y P13 en el período de retorno de 10 años por onda cinemática.	62
Tabla 3. 21. Caudales de las Tuberías T11, T12 y T13 en el período de retorno de 10 años por onda dinámica.	65
Tabla 3. 22. Capacidad de las Tuberías T11, T12 y T13 en el período de retorno de 10 años por onda dinámica.	66
Tabla 3. 23. Velocidades de las Tuberías T11, T12 y T13 en el período de retorno de 10 años por onda dinámica.	67
Tabla 3. 24. Niveles de los Pozos P11, P12 y P13 en el período de retorno de 10 años por onda dinámica.	68
Tabla 3. 25 .Caudales de Tuberías T3, T4, T5, T6, T7 en el período de retorno de 10 años por onda dinámica.	69
Tabla 3. 26. Capacidad de Tuberías T3, T4, T5, T6, T7 en el período de retorno de 10 años por onda dinámica.	70
Tabla 3. 27. Velocidades de Tuberías T3, T4, T5, T6, T7 en el período de retorno de 10 años por onda dinámica.	71
Tabla 3. 28. Niveles de pozo de los pozos P4, P5, P6, P7 en el período de retorno de 10 años por onda dinámica.	72
Tabla 3. 29. Comparación de caudales con períodos de retorno de 3, 5, 10 años	73
Tabla 3. 30. Comparación de la capacidad para períodos de retorno de 3, 5, 10 años	74
Tabla 3. 31. Comparación de velocidades para períodos de retorno de 3, 5, 10 años	75
Tabla 3. 32. Comparación de caudales de las tuberías T11, T12, T13 a Flujo laminar, Onda cinemática y Onda dinámica.	77
Tabla 3. 33. Comparación de la Capacidad de las tuberías T11, T12, T13 a Flujo laminar, Onda cinemática y Onda.....	79
Tabla 3. 34. Comparación de Velocidades de las tuberías T11, T12, T13 a Flujo laminar, Onda cinemática y Onda.	80

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Cálculo alcantarillado sanitario.	86
Anexo 2. Cálculo alcantarillado pluvial.	87
Anexo 3. Cálculo de la altura de los pozos de alcantarillado.	88
Anexo 4. Constantes para el cálculo de períodos de retorno.	88
Anexo 5. Valores de C para zonas urbanas.	88
Anexo 6. Áreas de aporte.	89
Anexo 7. Velocidades del sistema de alcantarillado con un período de retorno de 3 años.	89
Anexo 8. Caudales del sistema de alcantarillado con un período de retorno de 3 años.	90
Anexo 9. Capacidad de las tuberías del sistema de alcantarillado con un período de retorno de 3 años.	91
Anexo 10. Niveles de los pozos del sistema de alcantarillado para un período de 3 años.	92
Anexo 11. Velocidades del sistema de alcantarillado con un período de retorno de 5 años.	92
Anexo 12. Caudales del sistema de alcantarillado con un período de retorno de 5 años.	93
Anexo 13. Capacidad de las tuberías del sistema de alcantarillado con un período de retorno de 5 años.	94
Anexo 14. Niveles de los pozos del sistema de alcantarillado para un período de 5 años.	95
Anexo 15. Velocidades del sistema de alcantarillado con un período de retorno de 10 años.	95
Anexo 16. Caudales del sistema de alcantarillado con un período de retorno de 10 años.	96
Anexo 17. Capacidad de las tuberías del sistema de alcantarillado con un período de retorno de 10 años.	97
Anexo 18. Niveles de los pozos del sistema de alcantarillado para un período de 10 años.	98
Anexo 19. Velocidades del sistema de alcantarillado con un período de retorno de 10 años Onda Cinemático.	98
Anexo 20. Caudales del sistema de alcantarillado con un período de retorno de 10 años Onda cinemática.	99
Anexo 21. Capacidad de las tuberías del sistema de alcantarillado con un período de retorno de 10 años Onda cinemática.	100
Anexo 22. Niveles de los pozos del sistema de alcantarillado para un período de 10 años Onda cinemática.	100
Anexo 23. Velocidades del sistema de alcantarillado con un período de retorno de 10 años Onda dinámico.	101
Anexo 24. Caudales del sistema de alcantarillado con un período de retorno de 10 años Onda dinámica.	101
Anexo 25. Capacidad de las tuberías del sistema de alcantarillado con un período de retorno de 10 años Onda dinámica.	102

RESUMEN

En el actual trabajo se presenta la modelación y simulación hidráulica para analizar el comportamiento del colector de alcantarillado de la avenida González Suárez, desde la avenida Huayna Cápac hasta la avenida Guapondelig, en la ciudad de Cuenca. Para el modelo se utilizó el software SWMM y se analizaron lluvias con períodos de retorno de 3, 5 y 10 años. En cuanto a la evaluación, se utilizaron los métodos de flujo uniforme, cinemático y dinámico. A lo largo de la tesis, se muestran las diferencias relevantes con respecto a los distintos períodos de retorno y se determinan las tuberías que presentan problemas en su capacidad hidráulica para el período de 10 años.

Palabras clave: alcantarillado, modelación hidráulica, SWMM, evaluación, flujo.

ABSTRACT

This degree work presents the hydraulic modeling and simulation to analyze the behavior of the sewer collector of González Suárez Avenue, from Huayna Cápac Avenue to Guapondelig Avenue in the city of Cuenca. The SWMM software was used for the model and rainfall with return periods of 3, 5 and 10 years were analyzed. Throughout the thesis, the relevant differences in relation to the different return periods are shown and the pipes that present problems in their hydraulic capacity for the 10-year period are determined.

Keywords: sewer, hydraulic modeling, SWMM, evaluation, flow.



Este certificado se encuentra en el repositorio digital de la Universidad del Azuay, para verificar su autenticidad escanee el código QR

INTRODUCCIÓN

Los métodos de diseño y análisis de sistemas de alcantarillados han ido cambiando con la aparición de nuevas tecnologías, las mismas que no solo simplifican estos procesos, sino que los vuelven más confiables y precisos.

En los últimos años se han venido desarrollando diferentes opciones de softwares enfocados a simular el comportamiento hidráulico de los sistemas de redes existentes. Estas herramientas resultan beneficiosas al ser elementos de juicio para la evaluación y toma de decisiones. Mediante la modelación se pueden desarrollar acciones ligadas a la operación y mantenimiento de dichas redes, así como para su planificación o corrección.

De esta forma, el actual trabajo hace uso de esta herramienta para poder realizar la modelación del alcantarillado ubicado entre las avenidas Hurtado de Mendoza, González Suárez, Guapondelig y Los Andes en el cantón Cuenca de la provincia del Azuay. Durante el proceso de modelación se muestra un procedimiento teórico y metodológico que simplifica el modelo hidráulico del área de estudio y posteriormente se identificaron y analizaron los posibles problemas que puede presentar el tramo modelado para poder establecer recomendaciones y acciones preventivas en el sistema.

ANTECEDENTES

Según la Empresa Pública Municipal de Teléfonos, Agua Potable y Alcantarillado (ETAPA, 2023), el sistema de alcantarillado que funciona en la actualidad en la ciudad de Cuenca se construyó en base a los criterios de los Planes Maestros de 1968 y 1985. Sin embargo, en los Estudios de Factibilidad en el año de 1985 los sistemas no actuaban de acuerdo a lo planificado debido que se detectó un número alto de conexiones ilícitas y descargas sanitarias que vertían a los colectores pluviales y viceversa.

En el 2003 se realizó un diseño y evaluación final de los colectores utilizando el método racional modificado.

Actualmente la mayor parte del sistema de alcantarillado es de tipo combinado contando con colectores e interceptores que conducen las aguas a la planta de tratamiento (ETAPA, 2023). En la ciudad de Cuenca existen 80 km de redes de interceptores de forma variada como la sección cajón o sección baúl de diferentes dimensiones.

PROBLEMÁTICA Y JUSTIFICACIÓN

Debido a la constante migración rural-urbana y al continuo crecimiento poblacional, uno de los grandes desafíos que ha prevalecido en las ciudades con respecto al saneamiento básico, es el satisfacer la demanda del servicio de evacuación de aguas residuales y pluviales. Factores como el cambio climático, hacinamiento, la creación de grandes superficies impermeables como edificios, calles o áreas pavimentadas y su relación con el incremento del riesgo de inundaciones, han venido incidiendo de manera negativa en el correcto funcionamiento de estos sistemas. Esto ha provocado que no solo incumplan con la necesidad de servicio requerida, sino que también se generen otras afecciones graves como la interrupción del tráfico, devaluación de propiedades, grandes pérdidas económicas e incluso pérdida de vidas humanas.

En la ciudad de Cuenca los inconvenientes con el sistema de alcantarillado sanitario y pluvial en las épocas de lluvia son constantes. Así es el caso particular de la zona de la Av. González Suárez, que durante precipitaciones abundantes se ve afectada eventualmente debido al colapso de los sistemas de drenaje y las graves inundaciones.

Para los ingenieros civiles siempre ha sido un tema primordial el resguardar la seguridad de la población, como es el caso del control de inundación o el diseño de sistemas de saneamiento considerando siempre factores claves en el caso de presentarse un evento extremo. Debido a esto, el trabajo busca realizar una valoración del estado actual y proponer mejoras al sistema hidráulico de alcantarillado y pluvial por medio de la modelación digital en la zona comprendida entre las Av. Hurtado de Mendoza, González Suárez, Guapondelig y Los Andes en la ciudad de Cuenca.

Con el avance acelerado de la tecnología, se han implementado modelos matemáticos numéricos de libre acceso, que han permitido predecir de una manera más precisa los resultados de un sistema de drenaje. De esta manera, el estudio se desarrollará con el empleo del modelo Storm Water Management Model (SWMM) y con este se pretende obtener resultados de gran utilidad para el uso y gestión de las entidades pertinentes a cargo de este servicio básico y así asegurar que la población dirigida tenga acceso a un servicio más eficiente y acorde a las condiciones actuales.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar un modelo hidráulico actualizado del sistema de alcantarillado de la zona comprendida entre las Av. Hurtado de Mendoza, González Suárez, Guapondelig y Los Andes en la ciudad de Cuenca, con el fin de establecer mejoras mediante el uso del software EPA Storm Water Management Model.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recolectar la información base como la cartografía, topografía y catastros de redes existentes del sistema de alcantarillado (sanitario y pluvial), así como otros aspectos económicos o demográficos de la zona de estudio.
- Elaborar un modelo digital con el software EPA Storm Water Management Model para conocer el comportamiento hidráulico del sistema de alcantarillado de la zona de estudio.
- Analizar los resultados de la modelación para la formulación de una propuesta con ajustes o recomendaciones para el sistema de alcantarillado.

ALCANCE

- Conceptualización de los temas necesarios para el desarrollo de la investigación.
- Desarrollo de los parámetros requeridos para la evaluación del sistema de alcantarillado.
- Interpretación de los resultados que se mostrara en el software mediante la simulación.

CAPÍTULO I

LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.

La zona de estudio se encuentra ubicada en el cantón Cuenca. El territorio de este cantón abarca una superficie de 8.639 km² y está situada entre la latitud: 2° 53' 57" sur y longitud 79° 00' 55" oeste, a una altitud de 2583 metros aproximadamente sobre el nivel del mar. Se encuentra localizada geográficamente en la parte sur del Ecuador, en la provincia de Azuay. Esta provincia limita al Este con Morona Santiago y Zamora Chinchipe, mientras que al Oeste limita con Guayas y El Oro (Centro Iberoamericano de Desarrollo Estratégico Urbano [CIDEU], 2023).

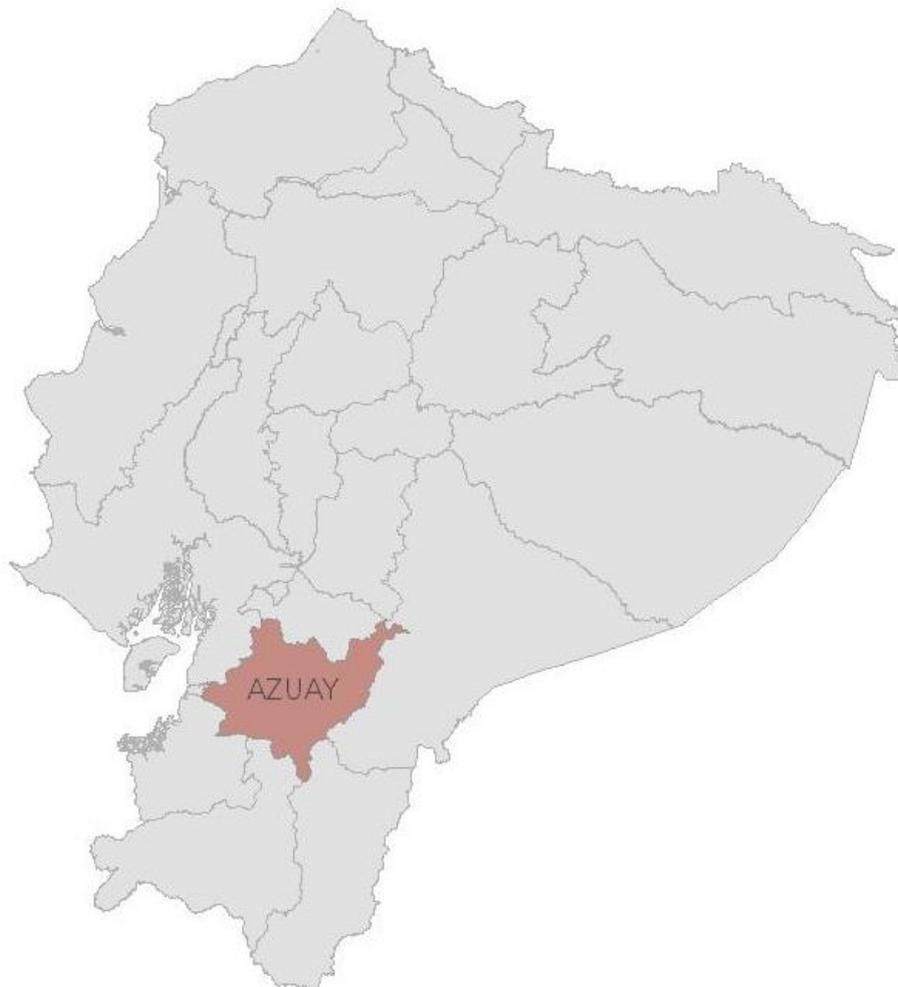


Figura 1. 1. Ubicación de la provincia del Azuay.
Fuente: (Instituto Geográfico Militar, 2011).



Figura 1. 2. Ubicación del cantón Cuenca.
Fuente: (Instituto Geográfico Militar, 2011).

1.1.1 Clima y precipitaciones

El clima de Cuenca es variable, con una temperatura diaria promedio máximo de 16°C y una mínima de 10°C . Para que se considere un día lluvioso, se requiere que haya una precipitación líquida de al menos 1 milímetro equivalente. Durante el año, la región experimenta dos temporadas distintas: la temporada más lluviosa, que dura tres meses y tiene una probabilidad del 34% de días con precipitaciones, y la temporada más seca, que dura ocho meses (Weather Spark, 2023).

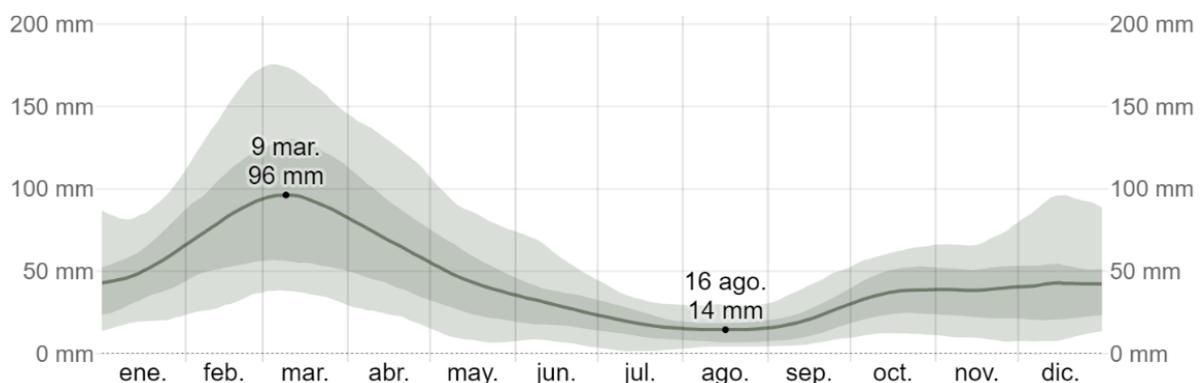


Figura 1. 3. Promedio mensual de lluvia en Cuenca.
Fuente: (Weather Sparks, 2023).

1.2 ÁREA DE ESTUDIO

La zona general de estudio está comprendida entre las Av. Huayna – Cápac, González Suárez y Guapondelig. Con una distancia de 750 metros como se indica en la Figura 1.4.

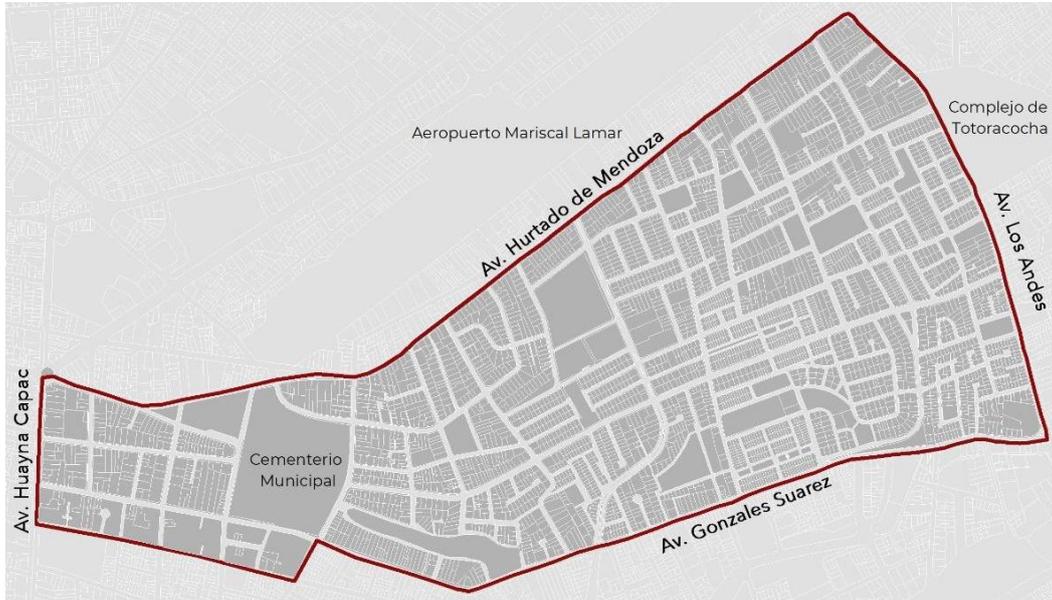


Figura 1. 4. Ubicación geográfica general del área de estudio.
Fuente: (Gad Municipal de Cuenca, 2023).

De esta zona se toma un área específica para el desarrollo de la modelación. El área seleccionada está distribuida a lo largo del tramo que corresponde a la av. González Suárez, iniciando en la av. Huayna Cápac y cuyo fin se determina en la intercepción con la av. Guapondelig (Ver Figura 1.5).

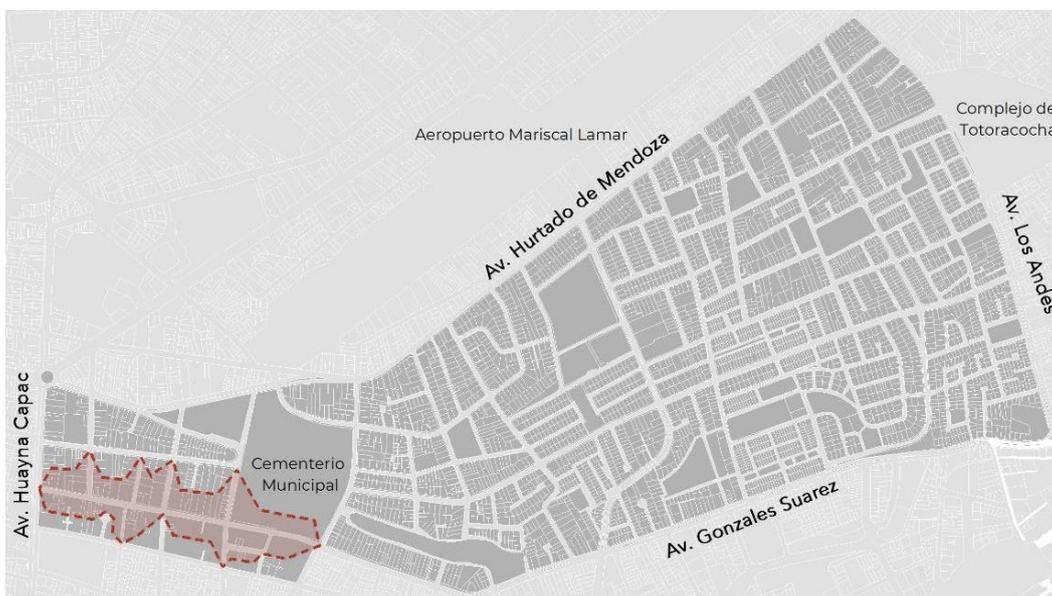


Figura 1. 5. Ubicación geográfica del área específica de estudio.
Fuente: (Gad Municipal de Cuenca, 2023).

El área específica de estudio tiene una altura entre 2530 – 2518 metros sobre el nivel del mar y se encuentra situada en las coordenadas UTM indicadas en la Tabla 1.1 y Tabla 1.2.



Figura 1. 6. Ubicación de las avenidas límite de la zona de estudio.
Fuente: (Gad Municipal de Cuenca, 2023).

Tabla 1. 1. Coordenadas de la Av. Huayna – Cápac

Zona	17 M
Coordenadas Este	722685.21 m E
Coordenadas Norte	9679502.26 m S

Fuente: (QGIS, 2023).

Tabla 1. 2. Coordenadas de la Av. Guapondelig

Zona	17 M
Coordenadas Este	723355.09 m E
Coordenadas Norte	9679363.21 m S

Fuente: (QGIS, 2023).

1.2.1 Información Demográfica

Con el propósito de obtener el dato de la población, se ha llevado a cabo una evaluación del área de contribución y la densidad poblacional, utilizando la información proporcionada por ETAPA EP y los registros catastrales disponibles.

La obtención de este dato es esencial para comprender el funcionamiento actual y futuro del sistema de alcantarillado y para calcular la capacidad necesaria.



Figura 1. 7. Área de aporte del sistema de alcantarillado de la zona de estudio.
Fuente: (Google Earth, 2023).

Para la recopilación de información demográfica, se ha calculado la densidad poblacional de cada tubería que forma parte de los colectores, y se ha multiplicado por el área de aporte correspondiente.

En base a la información detallada, nuestra área de aporte cuenta con 182 viviendas en la zona asignada lo que equivale a una población aproximada de 728 personas.

1.2.2 Información Catastral

La información catastral brindada por el departamento de Información Geográfica ETAPA EP facilita conocer la dirección del flujo y magnitud de las velocidades, también nos indica donde se encuentran ubicados los pozos de revisión debido a su carta topográfica otorgando la ubicación exacta de los colectores desde las “Avenida Huayna – Cápac, Gonzales Suarez y Guapondelig.”

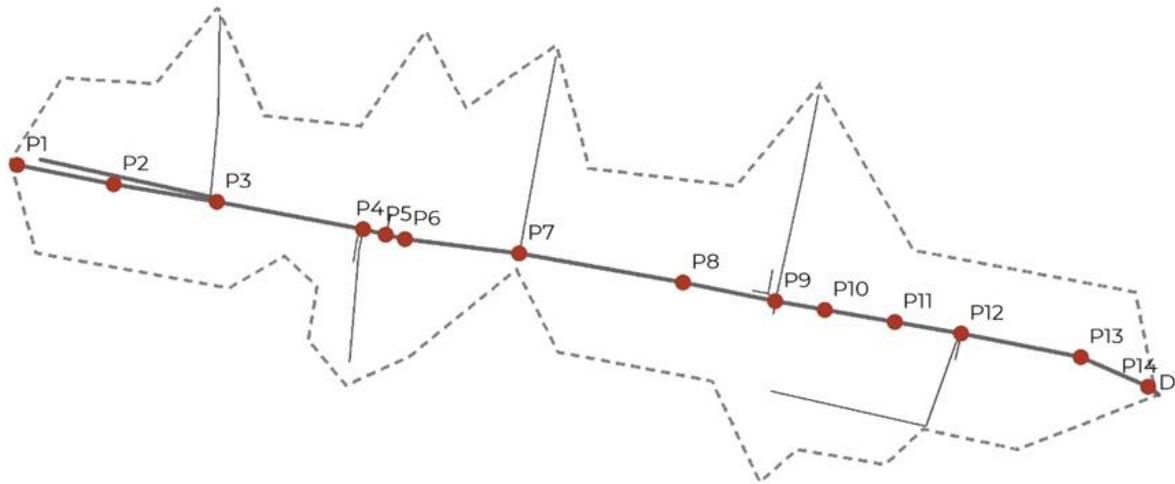


Figura 1. 8. Catastro de los colectores en la Av. González Suárez desde la Av. Huayna - Cápac, hasta la av. Guapondelig.
Fuente: (ETAPA, 2023).



Figura 1. 9. Avenida González Suarez tramo P1 - P2.
Fuente: (Google Maps, 2015).

Figura 1. 10. Avenida González Suarez tramo P3 – P4.
Fuente: (Google Maps, 2015)



Figura 1. 11. Avenida González Suarez tramos P6 - P7.
Fuente: (Google Maps, 2015).

Figura 1. 12. Avenida González Suarez tramos P9 – P10.
Fuente: (Google Maps, 2015).

A partir de esta información se representa detalladamente los datos de longitud, diámetro de tubería y ubicación, los cuales se muestran en la Tabla 1.3 y 1.4 correspondientemente.

Tabla 1. 3. Datos de las tuberías en Av. González Suárez desde la Av. Huayna Cápac hasta la Av. Guapondelig.

Tramos	Diámetro	Material	Longitud	Principal	Aporte
P1 - P2	400	PVC	57,21	X	
P2 - P3	500	PVC	60,74	X	
P15 - P16	300	PVC	101,24		X
P17 - P18	300	PVC	57,5		X
P18 - P16	300	PVC	49		X
P16 - P3	300	PVC	4,73		X
P3 - P4	600	PVC	90,7	X	
P19 - P20	300	HS	655,397		X
P20 - P4	300	HS	12,914		X
P21 - P4	200	HS	60,568		X
P4 - P5	600	PVC	15,2	X	
P22 - P5	300	HS	12,94		X
P5 - P6	600	PVC	10	X	
P6 - P7	600	PVC	50,8	X	
P23 - P24	300	PVC	49,25		X
P24 - P7	300	PVC	687,441		X
P7 - P8	800	PVC	97,4	X	
P8 - P9	800	PVC	56,03	X	
P25 - P26	300	PVC	50,35		X
P26 - P9	300	PVC	72,96		X
P27 - P9	300	PVC	8,26		X
P28 - P9	300	PVC	8,18		X
P9 - P10	900	PVC	29,23	X	
P10 - P11	900	PVC	41,31	X	
P11 - P12	900	PVC	39,2	X	
P29 - P30	300	PVC	92,6		X
P30 - P31	300	PVC	53,25		X
P31 - P12	300	PVC	6,02		X
P32 - P12	300	PVC	6,73		X
P12 - P13	900	PVC	71,45	X	
P13 - P14	1000	PVC	43,55	X	

Fuente: (Etapa EP, 2023).

Tabla 1. 4. Cotas de los pozos de los colectores en Av. González Suárez desde la Av. Huayna Cápac hasta la Av. Guapondelig.

Cota Tapa	Cota Fondo
2527,67	2525,26
2525,75	2523,75
2524,31	2522,31
2523,58	2520,96
2523,35	2520,75
2523,2	2520,6
2,522,484	2,519,884
2521,28	2518,6
2520,51	2517,79
2519,51	2516,85
2518,51	2515,91
2517,89	2515,37
2517,7	2515,02
2516,74	2514,06

Fuente: (Etapa EP, 2023).

1.3 MARCO TEÓRICO

1.3.1 Sistema de alcantarillado

Los sistemas de alcantarillado son obras civiles necesarias para las urbes debido a la interacción constante que mantiene el ser humano con el agua (Butler y Davies, 2004). Además del abastecimiento de agua potable, el desalojo de las aguas residuales resulta fundamental en cualquier desarrollo urbano.

El sistema de alcantarillado se basa en una serie de redes subterráneas de tuberías y otras obras complementarias que se encargan de recolectar, conducir y evacuar las aguas superficiales, efecto de la presencia de lluvias, así como las aguas residuales (Sistema Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado [SIAPA], 2014; Vega 2015). El propósito de estos sistemas es minimizar posibles problemas a la población o al medio ambiente (Butler y Davies, 2004).

a. Sistema de alcantarillado separado

Es aquel que se compone de dos sistemas de tuberías, en las cuales se recolecta y transporta de manera separada las aguas residuales y las producidas por la lluvia (Comisión Nacional del Agua, 2019). El agua recolectada por la tubería de agua lluvia por lo general es drenada de forma directa a los cuerpos de agua. En el caso de las aguas residuales, esta red se conecta a una planta de tratamiento antes de descargarla al medio natural (Vega, 2015).

Las desventajas de este sistema suelen atribuirse a mayores costos constructivos, operativos y de mantenimiento frente a un sistema combinado. Además de ciertos inconvenientes con la dificultad al momento de controlar conexiones erradas o por fenómenos de infiltración y flujo directo del agua lluvia al sistema de aguas residuales (Butler y Davies, 2004; Vega, 2015).

b. Sistema de alcantarillado combinado

Sistema de evacuación mixta que se basa en la recolección y disposición de aguas residuales y la adición de escorrentía superficial producto de las precipitaciones en la misma tubería (Cabrera, 2020). Debido a su disposición, su tratamiento posterior resulta un poco más complejo (SIAPA, 2014). El destino de este caudal son las plantas de tratamiento de agua residual, previo a su descarga al medio natural. Según Butler y Davies (2004), el agua producto de las precipitaciones puede representar entre cincuenta y cien veces el volumen promedio de agua residual, y por esta razón se han diseñado estructuras especiales de alivio ubicadas aguas arriba de las plantas de tratamiento.

1.3.2 Flujo Uniforme Permanente

Se considera flujo uniforme permanente cuando la altura del agua no varía con respecto al espacio y tiempo. Pero es importante destacar que un flujo uniforme puede ser tanto permanente como no permanente. Sin embargo, la condición de flujo uniformemente no permanente es prácticamente inexistente en la vida real, por lo cual se considera únicamente el flujo uniformemente permanente como un caso de estudio válido (Caivinagua, 2020).

Ecuación 1. Área mojada, A:

$$A = \frac{D^2}{8} (\theta - \text{sen } \theta)$$

Ecuación 2. Perímetro mojado, P:

$$P = \frac{D}{2} \theta$$

Ecuación 3. Radio hidráulico, R:

$$R = \frac{A}{P} = \frac{D}{4} \left(1 - \frac{\text{sen } \theta}{\theta} \right)$$

Ecuación 4. Ancho superior, T:

$$T = 2\sqrt{d(D - d)}$$

Ecuación 5. Profundidad hidráulica, H:

$$H = \frac{A}{T} = \frac{D}{8} \left(\frac{\theta - \text{sen } \theta}{\text{sen}(\frac{\theta}{2})} \right)$$

Ecuación 6. Factor de sección, Z:

$$\frac{Q}{\sqrt{g}} = A\sqrt{H} = \frac{\sqrt{2}}{32} \frac{(\theta - \text{sen } \theta)^{1.5}}{(\text{sen}(\frac{\theta}{2}))^{0.5}} D^2$$

Ecuación 7.

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

En la cual:

V = velocidad media en la sección en (m/seg)

R = radio hidráulica en (m)

A = área de la sección de flujo en (m²)

P = perímetro mojado en (m)

R = radio hidráulico para una sección llena

Ecuación 8. Ecuación de Manning:

$$Q = \frac{A^{5/3} \times S^{1/2}}{n \times P^{2/3}}$$

El principal inconveniente con el que nos encontramos al aplicar la ecuación de Manning al momento de estimar el caudal de una corriente, es determinar el coeficiente de rugosidad "n", ya que al no existir un método exacto depende de la experticia del profesional encargado (Osío, et al, 2000).

Tabla 1. 5. Coeficiente de rugosidad "n" de la fórmula de Manning.

Material	n
PVC y Polietileno de alta densidad	0,009
Asbesto Cemento	0,01
Hierro fundido nuevo	0,013
Hierro fundido usado	0,17
Concreto liso	0,012
Concreto Rugoso	0,014
Mampostería con mortero de cemento	0,02
Acero soldado con revestimiento interior a base de epoxy	0,011
Acero sin revestimiento	0,014
Acero galvanizado nuevo usado	0,014

Fuente: (Comisión Estatal de Aguas, 2013).

1.3.3 Velocidades

La velocidad en una red de tuberías está principalmente determinada por las pendientes en la zona de diseño, y también está estrechamente relacionada con las características del material

utilizado en el diseño, específicamente su rugosidad. Es importante tener en cuenta que la velocidad del fluido debe mantenerse dentro de un rango óptimo, evitando que sea inferior a 0,45 m/s o superior a 0,6 m/s. De esta manera, se prevendrán posibles acumulaciones no deseadas dentro de las tuberías, como el gas sulfhídrico en el líquido (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], s.f).

Tabla 1. 6. Velocidades máximas y mínimas.

Material	Velocidad máxima (m/seg)	Velocidad mínima (m/seg)
Hormigón simple con uniones de mortero	4	
Hormigón simple con uniones de neopreno para nivel freático alto	3,5 - 4	0,45 - 0,6
Asbesto cemento	4,5 - 5	
plástico	4,5	

Fuente: (Morocho y Rivera, 2018).

Existen dos razones relevantes que indican porque es un factor importante la magnitud de la velocidad en aguas servidas, los cuales son:

- Según Aldás (2011), las velocidades bajas llegan a provocar obstrucción debido que se sedimentan los sólidos en las tuberías, además causa una acumulación de gas sulfhídrico en el líquido.
- Las velocidades altas llegan a erosionar el material (Aldás, 2011).

1.3.4 Diámetros

Cuando se trabaja con tuberías parcialmente llenas, es importante considerar los diámetros internos reales en lugar de los nominales. El diseño debe basarse en los diámetros disponibles en el mercado y en los materiales que estén disponibles para el sistema en cuestión. Además, es fundamental que cumpla con todas las especificaciones constructivas y económicas establecidas por el diseñador, de modo que pueda funcionar de manera eficiente (Empresas Públicas de Medellín [ESP], 2009).

1.3.5 Caudal Sanitario

El caudal sanitario es esencial para el diseño de la red de colectores que comprende varios aportes de una manera aproximada con fin de obtener un diseño ajustado a una condición real. Los colectores de aguas servidas reciben aporte de tres procedencias diferentes como desecho doméstico, población y consumo per cápita (Dávila. J, 2013).

1.3.6 Caudal de Infiltración

El caudal de infiltración cuenta con la presencia de aguas subterráneas que penetran a través de las imperfecciones de las juntas de la tubería o colectores que aportan al caudal normal de circulación en el sistema de alcantarillado sanitario. (INEN, 1990)

1.3.7 Pozos de revisión

Son estructuras que permiten el acceso al interior para la limpieza y revisión de los conductos de un sistema de alcantarillado. (INEN, 1990)

1.3.8 Pozos de caída o salto

Son estructuras especiales utilizadas cuando excedan los 0.6 metros de altura entre la tubería de llegada y salida. Se utiliza como dispositivo para conducir el agua hacia el fondo del pozo de revisión también facilita la limpieza de los colectores. (Dávila. J, 2013)

1.3.9 Colectores

Los colectores son utilizados para grandes caudales o velocidades altas. Son conductos no circulares de hormigón simple, armado o ciclópeo de varias dimensiones y formas. (INEN,1990)

1.3.10 Conexión domiciliaria

Son tramos de tuberías y accesorios que llevan las aguas lluvias y negras proveniente de una vivienda a una alcantarilla de manera separada. La tubería que la conforma tiene un diámetro menor a 150 mm que conectan a la rama principal del sistema a una profundidad menor de 0.7 metros con una pendiente entre 2 – 25 %. (Dávila. J, 2013)

1.3.11 Período de retorno

El período de retorno de un evento como las lluvias, se define como el lapso o número de años que, en promedio, se estima que se igualará o excederá, es decir la frecuencia con la que se presenta un evento en particular (Mélize y Reason, 2007).

1.3.12 Storm Water Management Model

EPA SWMM es una herramienta informática que brinda la posibilidad de modelar de manera dinámica la simulación de precipitaciones, pudiendo ser utilizada para un solo evento o para efectuar simulaciones continuas durante largos períodos de tiempo. Este software permite simular tanto la cantidad como la calidad del agua evacuada en sistemas de alcantarillado pluvial y urbano. Es importante destacar que EPA SWMM es una de las opciones más completas en cuanto a la modelación de alcantarillado, ya que su análisis hidráulico es muy eficiente y rápido. Además, es la patente utilizada en otros programas de modelación y evaluación de sistemas de alcantarillado (United States Environmental Protection Agency [EPA], 2015).

CAPÍTULO II

2.1 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO

La creación de un modelo hidráulico es un procedimiento esencial para el estudio y análisis de sistemas de flujo de agua. Este modelo se utiliza con el propósito de simular y comprender el comportamiento hidráulico de diversas estructuras, como ríos, canales, sistemas de drenaje, redes de tuberías y otros sistemas relacionados.

El primer paso en la construcción de un modelo hidráulico consiste en recopilar datos precisos y detallados del área o sistema que se desea representar. Esto implica obtener información topográfica, características geométricas, propiedades de los materiales de las tuberías y datos hidrológicos relevantes, tales como caudales y condiciones de flujo. Posteriormente, se procede a crear una representación física y matemática del sistema utilizando diferentes herramientas, como Excel, a fin de comparar y contrastar los resultados obtenidos con los del modelo. La construcción de estos modelos involucra la definición de la geometría del sistema, las condiciones de contorno, las propiedades del flujo y los parámetros de calibración, como el coeficiente de rugosidad.

Una vez que el modelo hidráulico ha sido construido, se realiza un proceso de ajuste y validación utilizando datos reales del sistema. Esto implica modificar los parámetros del modelo de manera que los resultados simulados se correspondan con las observaciones y mediciones del comportamiento hidráulico real. La calibración y validación son etapas esenciales para asegurar la precisión y confiabilidad del modelo.

2.1.1 Caudales

El cálculo de caudales se realizó mediante el método racional, el propósito del mismo es contar con una guía de referencia para comparar los resultados finales proporcionados por el software de cálculo, con respecto al caudal que fluye a través de los mismos.

Según el método racional el caudal total 1285,34 L/seg del colector de la Av. Huayna – Cápac, González Suárez y Guapondelig.

2.1.2 Características de la interfaz

El Software SWMM posee una interfaz gráfica sencilla e intuitiva. Sus características son comunes a los programas que operan en entornos de Windows. Este contiene un Menú principal, barras de herramientas y estado, panel de navegación y la ventana de mapa de área de estudio, la cual es el lugar donde se grafica el modelo hidráulico.

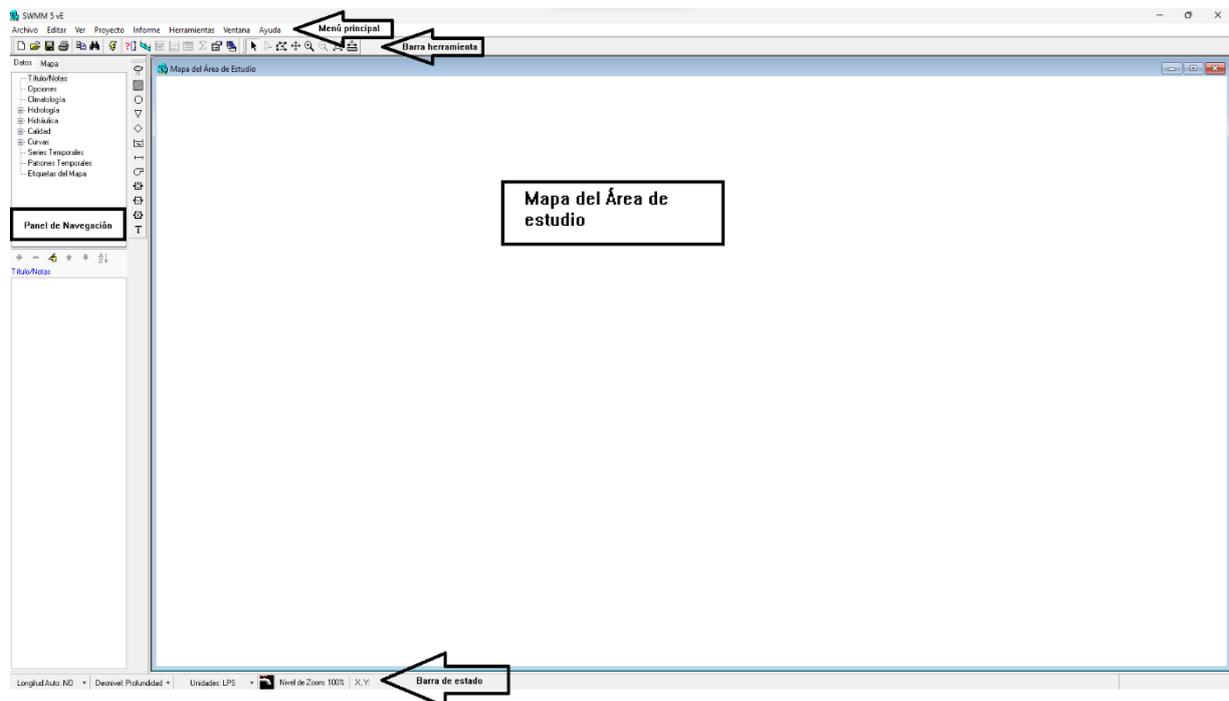


Figura 2. 1. Interfaz gráfica de SWMM.
Fuente: (SWMM 5.0).

Figura 2. 3. Procedimiento de ajuste de datos de SWMM.
Fuente: (SWMM 5.0).

Las coordenadas ingresadas para el colector de la Av. Huayna – Cápac, González Suárez y Av. Guapondelig se indica en la Figura 2.4.

Figura 2. 4. Ajuste de las coordenadas del colector de la Av. Huayna – Cápac, González Suárez y Guapondelig.
Fuente: (SWMM 5.0).

- Por último, se da clic en **Aceptar**.
3. Para cambiar la "longitud automática", se encuentra en la parte inferior de la barra de estado con el fin del ingreso de las coordenadas de los pozos, el programa realiza el cálculo automático de las longitudes de las tuberías. De igual manera, se seleccionan las unidades de caudal que se trabajarán, en este caso, litros por segundo (LPS).
 4. Se ingresan los valores necesarios que el programa utilice.

- Se selecciona la pestaña **Proyecto** (Project) ubicada en la barra de menú principal como se indica en la siguiente Figura 2.5.

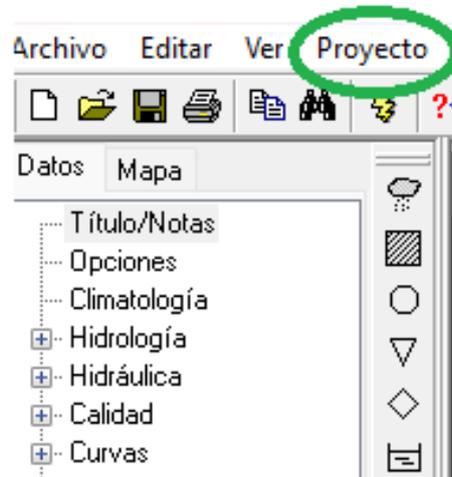


Figura 2. 5. Selección de la pestaña Proyecto.
Fuente: (SWMM 5.0).

- Luego, se selecciona la opción **Valores por defecto** (Defaults).
- Se abrirá la ventana **Valores predeterminados** y se comienzan a llenar las etiquetas necesarias en la modelación seleccionando la pestaña **Identificación de etiquetas** (ID Labels) como indica la Figura 2.6.

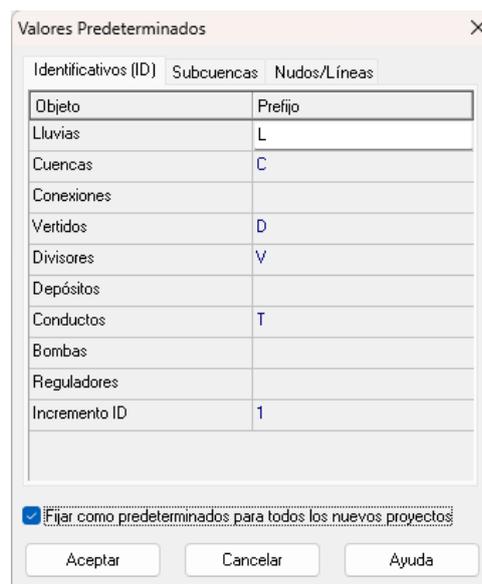


Figura 2. 6. Ingreso de datos de las etiquetas.
Fuente: (SWMM 5.0).

- Se selecciona la pestaña **Subcuencas** (Subcatchments). En la Figura 2.7 indica cómo llenar los valores necesarios para graficar las áreas de aporte o cuencas.

Propiedad	Valor predeterminado
Area	1
Ancho	100
Pendiente (%)	0.5
Área Impermeable (%)	25
Coef. n (Impermeable)	0.02
Coef. n (Permeable)	0.1
Alm. Dep. (Impermeable)	0.05
Alm. Dep. (Permeable)	0.05
(%) Área Imperm. sin Alm.Dep.	25
Modelo de infiltración	CURVE_NUMBER

Fijar como predeterminados para todos los nuevos proyectos

Aceptar Cancelar Ayuda

Figura 2. 7. Ingreso de datos de las Subcuencas.
Fuente: (SWMM 5.0).

- De igual manera se ingresan los valores necesarios que aparezcan en las tuberías.

En la Figura 2.8 se indica la selección del tipo de flujo que se desea evaluar como **Flujo Uniforme** (Steady Flow), **Onda Cinemática** (Kinematic Wave) y **Onda Dinámica** (Dynamic Wave).

Opción	Valor predeterminado
Cota Fondo del Nudos	0
Profundidad Max. Nudos	0
Área Inund. Nudos	0
Longitud Conductos	100
Geometría Conductos	CIRCULAR
n Manning Conductos	0.014
Unidades de caudal	LPS
Desnivel Líneas	DEPTH
Modelo cálculo hidráulico	Flujo Uniforme
Ecuación Tub. Forzada	

Fijar como predeterminados para todos los nuevos proyectos

Aceptar Cancelar Ayuda

Figura 2. 8. Selección del tipo de flujo.
Fuente: (SWMM 5.0).

- Finalmente se da clic en **Aceptar**.

2.1.4 Trazo de pozos, descargas e introducción de datos

1. En la barra de herramientas se encuentra la opción pozo como se observa en la Figura 2.9, se da clic izquierdo y se grafica en el área de mapa de estudio el pozo.

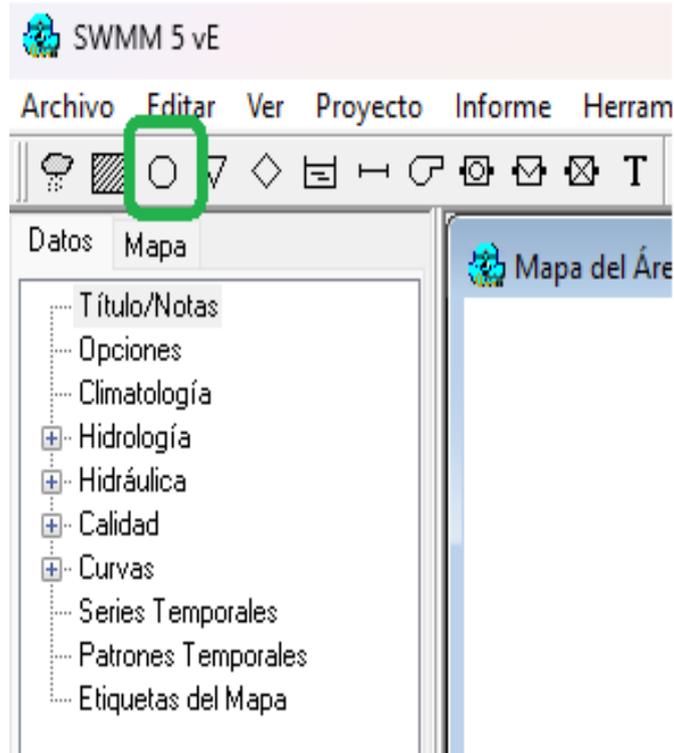


Figura 2. 9. Trazo de pozos.
Fuente: (SWMM 5.0).

2. Se da doble clic en el pozo para el ingreso de datos, aparecerá la ventana **Propiedades** (Propiets), por defecto la etiqueta indica **P** en la identificación del pozo.

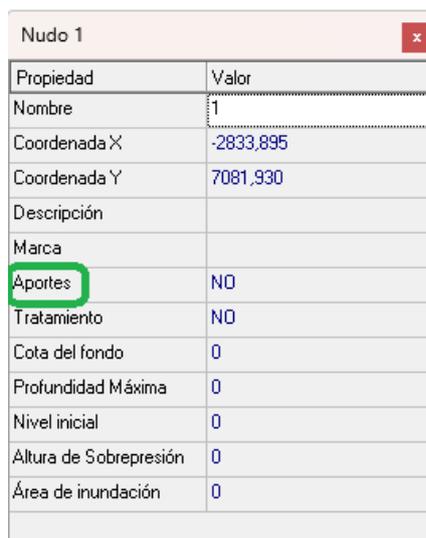
Las coordenadas (x, y) de los pozos de la Av. Huayna – Cápac, González Suárez y Guapondelig se muestran a continuación:

Tabla 2. 1. Coordenadas (x, y) de los pozos de la Av. Huayna – Cápac, González Suárez y Guapondelig.

Pozos	Coordenadas	
	X	Y
P1	722694,90	9679501,91
P2	722751,04	9679490,85
P3	722810,91	9679480,63
P4	722896,14	9679464,54
P5	722909,34	9679461,13
P6	722920,42	9679458,68
P7	722987,01	9679450,17
P8	723082,46	9679433,41
P9	723136,06	9679422,43
P10	723164,85	9679417,17
P11	723205,54	9679410,06
P12	723244,27	9679403,28
P13	723313,93	9679389,66
P14	723353,07	9679372,29

Fuente: (ETAPA EP).

- Después, se introducen los datos de caudales externos en la opción **Aportes** (Inflows).



Propiedad	Valor
Nombre	1
Coordenada X	-2833,895
Coordenada Y	7081,930
Descripción	
Marca	
Aportes	NO
Tratamiento	NO
Cota del fondo	0
Profundidad Máxima	0
Nivel inicial	0
Altura de Sobrepresión	0
Área de inundación	0

Figura 2. 10. Introducción de datos en pozos.

Fuente: (SWMM 5.0).

- Se abrirá una nueva pestaña como lo indica la Figura 2.11 y en la ventana **Directo** (Direct) se colocan los datos del caudal en la opción **Valor Medio** (Baseline).

Figura 2. 11. Introducción de datos del caudal.
Fuente: (SWMM 5.0).

Tabla 2. 2. Caudales de los colectores Av. Huayna – Cápac, González Suárez y Guapondelig.

Pozo	Tubería	Qd (m ³ /s)
P1		
P2	T1	0.26
P3	T2	0.8
P4	T3	1.32
P5	T4	1.35
P6	T5	1.45
P7	T6	1.72
P8	T7	2.01
P9	T8	2.32
P10	T9	2.37
P11	T10	2.48
P12	T11	2.96
P13	T12	3.12
P14	T13	3.19

Fuente: (ETAPA EP).

- En el Anexo 1 se encuentra el cálculo del caudal sanitario más el caudal de infiltración de los diferentes colectores.
- Se ingresa la cota de fondo en la opción *Cota de fondo* (Invert EL) y la profundidad máxima del pozo como se muestra en la Figura 2.12.

Nudo 1	
Propiedad	Valor
Nombre	1
Coordenada X	722694.8995
Coordenada Y	9679501.912
Descripción	
Marca	
Aportes	NO
Tratamiento	NO
Cota del fondo	2525.26
Profundidad Máxima	1.8
Nivel inicial	0
Altura de Sobrepresión	0
Área de inundación	0

Figura 2. 12. Introducción de cota de fondo y profundidad máxima del pozo.
Fuente: (SWMM 5.0).

La Tabla 2.3 contiene los datos de cota de fondo y profundidad máxima de cada pozo del colector de la Av. Huayna – Cápac, González Suárez y Guapondelig.

Tabla 2. 3. Datos cota de fondo y profundidad máxima de los pozos.

Pozo	Tramo	Cota Fondo	Profundidad Máxima
1	0	2525,26	
2	T1	2523,75	1,83
3	T2	2522,31	1,84
4	T3	2520,96	1,84
5	T4	2520,75	1,84
6	T5	2520,6	1,84
7	T6	2519,884	1.83
8	T7	2518,6	1,96
9	T8	2517,79	1,98
10	T9	2516,85	1,97
11	T10	2515,91	1,97
12	T11	2515,37	1,97
13	T12	2515,02	2
14	T13	2514,06	2

Fuente: (ETAPA EP).

3. Se ingresan los datos de descarga seleccionando la opción descarga como se muestra en la Figura 2.13.

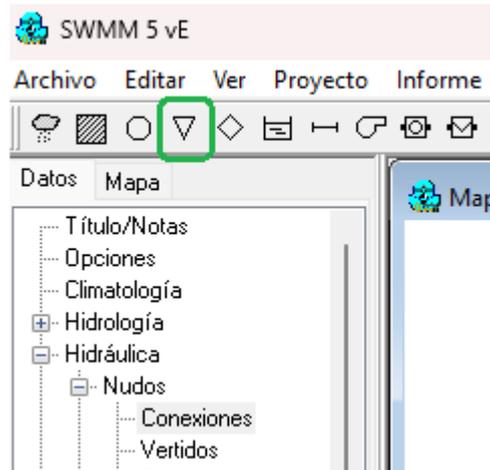


Figura 2. 13. Introducción de datos de descarga en el software.
Fuente: (SWMM 5.0).

- Se colocan los datos del punto de descarga y profundidad máxima en la ventana propiedades tal como se indica en el proceso de ingreso de datos de los pozos.

2.1.5 Trazo de tuberías e introducción de datos

1. En la barra de herramientas se encuentra la opción de conducto, se selecciona y realiza el trazo de pozo a pozo en la dirección del flujo como se indica en la Figura 2.14.

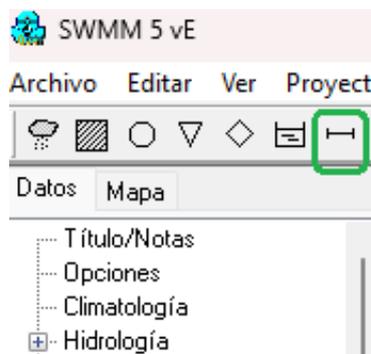


Figura 2. 14. Trazo de tuberías o conducto en el software.
Fuente: (SWMM 5.0).

2. Después de graficar la tubería se da doble clic sobre la misma y se abrirá la ventana de propiedades.
 - Se asigna la geometría de la tubería en la opción **Forma** (Shape).

- Luego, aparecerá una nueva ventana como indica la Figura 2.15, en la cual se selecciona la geometría. En el caso de que se escoja una geometría circular se colocan los datos de los diferentes diámetros en unidades metros en la opción **Máxima profundidad** (Maximum Height).
- Por último, se da clic en **Aceptar**.

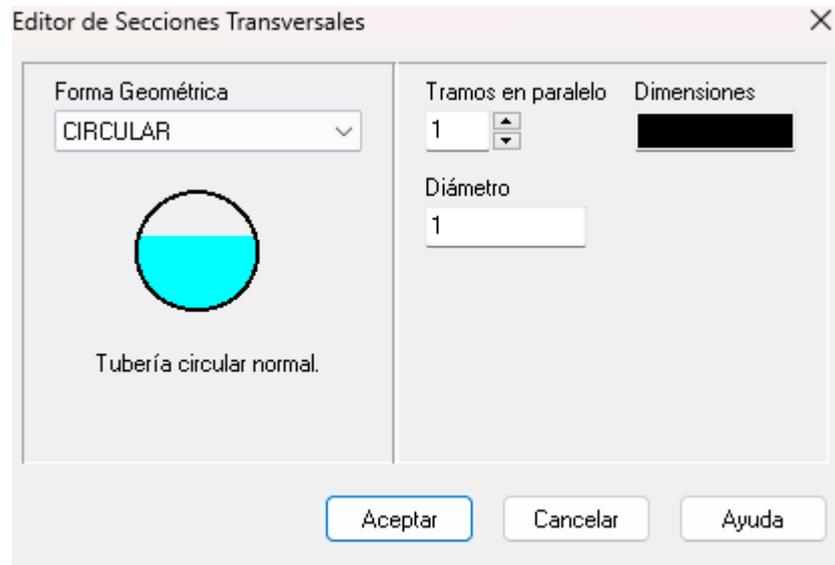


Figura 2. 15. Ventana de Editor de Sección Transversal en SWMM.
Fuente: (SWMM 5.0).

- En cambio, si el canal es trapezoidal se seleccionará **Trapezoide** (Trapezoidal). En el caso de que ésta sea la opción, se colocan los datos de la profundidad máxima en **Máxima profundidad** (Maximum Height), la medida de ancho base en **Ancho de medida** (Bottom Width) y la pendiente izquierda y derecha del canal en **Left y Right Slope** respectivamente.
- En la opción de **Rugosidad** (Roughness) se coloca la rugosidad de la tubería como en la Figura 2.16.

Conducto T1	
Propiedad	Valor
Nombre	T1
Nudo inicial	2
Nudo final	3
Descripción	
Marca	
Forma	CIRCULAR
Altura (Prof.Máx.)	1
Longitud	100
Coef. Manning (n)	0.014
Desnivel Entrada	0
Desnivel Salida	0
Caudal inicial	0
Caudal máximo	0
Coef. Pérd. Entrada	0
Coef. Pérd. Salida	0
Coef. Pérd. Medio	0
Compuerta antirretorno	NO
Código Paso Inferior	

Figura 2. 16. Colocación de rugosidad de la tubería.
Fuente: (SWMM 5.0).

- Finalmente, se ingresa el desnivel de entrada y salida en la opción **Desnivel Entrada** (Inlet Offset) y **Desnivel Salida** (Outlet Offset) de la tubería correspondientemente.

En la Tabla 2.4 se muestran los valores necesarios de las tuberías para la evaluación de la Av. Huayna – Cápac, González Suárez y Guapondelig.

Tabla 2. 4. Datos de tubería para la evaluación de la Av. Huayna – Cápac, González Suárez y Guapondelig.

Pozo	Tramo	Tipo	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Rugosidad	Desnivel entrada	Desnivel salida
1							
2	T1	Circular	57.21	400	0.014	0	0
3	T2	Circular	60.74	500	0.014	0	0
4	T3	Circular	90.7	600	0.014	0	0
5	T4	Circular	15.2	600	0.014	0	0
6	T5	Circular	10	600	0.014	0	0
7	T6	Circular	50.8	600	0.014	0	0.051
8	T7	Circular	97.4	800	0.014	0	0
9	T8	Circular	56.03	800	0.014	0	0
10	T9	Circular	29.28	900	0.014	0	0
11	T10	Circular	41.31	900	0.014	0	0
12	T11	Circular	39.2	900	0.014	0	0
13	T12	Circular	71.45	900	0.014	0	0
14	T13	Circular	43.55	1000	0.014	0	0

Fuente: (ETAPA EP).

2.1.6 Introducción de datos de lluvia

1. Para ingresar los valores de lluvia, se selecciona en el panel de navegación la opción *Series Temporales* (Time Serie) y se da clic en el +.

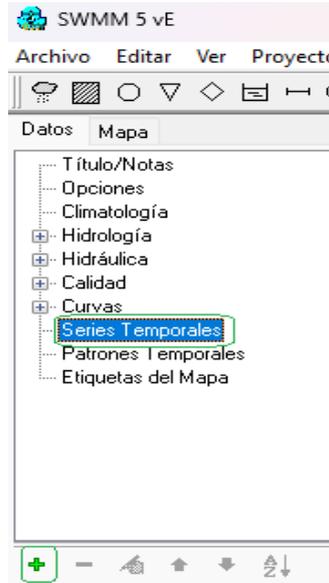


Figura 2. 17. Ingreso de valores de lluvia en el software.
Fuente: (SWMM 5.0).

- En la ventana *Editor de Series Temporales* (Time Series Name) se ingresará el hietograma y se ingresan los valores de minutos, horas y lluvia en cada lapso de tiempo.

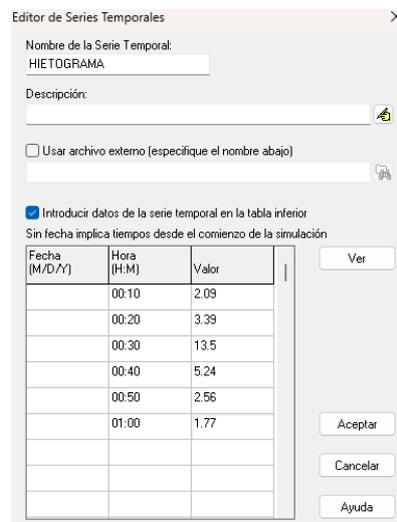


Figura 2. 18. Ingreso de datos de lluvia en el software SWMM.
Fuente: (SWMM 5.0).

- Se da clic en *Aceptar*.

2. Se asocia la serie cargada con una lluvia, la cual se selecciona en la barra de herramientas.
3. Se da doble clic sobre la lluvia graficada, se abrirá la ventana de propiedades y se asigna el intervalo de tiempo del hietograma cargado en el **Nombre de la Serie** (Series Name) y **Intervalo de lluvia** (Time Interval) los datos de lluvia ingresado en el paso 1.

Pluviómetro L1	
Propiedad	Valor
Nombre	L1
Coordenada X	5612,009
Coordenada Y	8279,446
Descripción	
Marca	
Formato de lluvia	INTENSITY
Intervalo de lluvia	1:00
Factor de corrección de ne	1.0
Origen de datos	TIMESERIES
SERIE TEMPORAL:	
- Nombre de la Serie	Hietograma
ARCHIVO:	
- Nombre del Fichero	*
- ID Estación	*
- Unidades de lluvia	MM

Figura 2. 19. Ingreso de datos de lluvia en el software SWMM.
Fuente: (SWMM 5.0).

- En la opción **Formato de lluvia** (Rain Format) se da clic y se despliega el menú con diferentes opciones como **Intensity** para hietogramas, **Volume** para pluviograma y **Cumulative** para pluviograma acumulado. En esta situación, se selecciona la opción de **Cumulative** en la que cada cantidad de precipitación representa el volumen de agua de lluvia acumulada durante un lapso de tiempo, medido en milímetros (mm).

Propiedad	Valor
Nombre	L1
Coordenada X	-8793954.613
Coordenada Y	-322656.130
Descripción	
Marca	
Formato de lluvia	VOLUME
Intervalo de lluvia	0:10
Factor de corrección de nevadas	1.0
Origen de datos	TIMESERIES
SERIE TEMPORAL:	
- Nombre de la Serie	HIETOGRAMA
ARCHIVO:	
- Nombre del Fichero	*
- ID Estación	*
- Unidades de lluvia	MM

Figura 2. 20. Selección de formato de lluvia en SWMM.
Fuente: (SWMM 5.0).

2.1.7 Trazo de cuencas o áreas de aporte e introducción de propiedades

1. Para el ingreso de la cuenca, se selecciona la opción que se encuentra en la barra de herramientas como en la Figura 2.21.

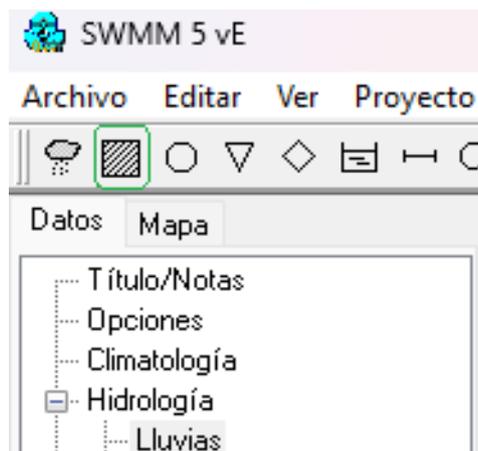


Figura 2. 21. Trazado de cuencas o áreas de aporte en el software SWMM.
Fuente: (SWMM 5.0).

- Se da clic en la opción y se grafica en el mapa del área de estudio, se dibuja hasta obtener la forma deseada de la cuenca. Por último, se aplasta la tecla **ENTER** o clic derecho.

- Para ajustar la forma de la cuenca, se selecciona en la barra de herramientas **Seleccionar Vértice** (Link Vertex) y se arrastran los vértices de la cuenca con el mouse hasta ajustar a la forma deseada.



Figura 2. 22. Ajuste de cuencas o área de aporte en SWMM.
Fuente: (SWMM 5.0).

2. Se da doble clic sobre la cuenca graficada aparecerá la ventana de propiedades y se continúa asignando lo siguiente:
 - **Pluviómetro** (Rain Gage): lluvia introducida.
 - **Descarga** (Outlet): nombre del pozo asociado a la cuenca.
 - **Área** (Area): área en hectáreas de cada cuenca.
 - **Ancho** (Width): anchura característica del flujo
 - **Pendiente %** (%Slope): pendiente de la cuenca
 - **Área impermeable** (%Imprev): impermeabilidad del suelo de la cuenca.

Cuenca 2	
Propiedad	Valor
Nombre	2
Coordenada X	-8793937,960
Coordenada Y	-322781,373
Descripción	
Marca	
Pluviómetro	*
Descarga	N1
Área	5
Ancho	100
Pendiente (%)	0.5
Área impermeable (%)	60
Coef. n (Impermeable)	0.02
Coef. n (Permeable)	0.1
Alm. Dep. (Impermeable)	0.05
Alm. Dep. (Permeable)	0.05
(%) Área Imperm. sin Alm.Dep.	25
Flujo entre subáreas	OUTLET
(%) escorrentía transportada	100
Infiltración	CURVE_NUMBER
Agua Subterráneas	NO
Capa de nieve	
Usos del suelo	0
Acumulación inicial	NONE
Longitud Cauce	0

Figura 2. 23. Ingreso de datos de las propiedades de la cuenca en SWMM.
Fuente: (SWMM 5.0).

Para esta parte del proceso se dividió el tramo analizado para definir las distintas áreas de aporte.

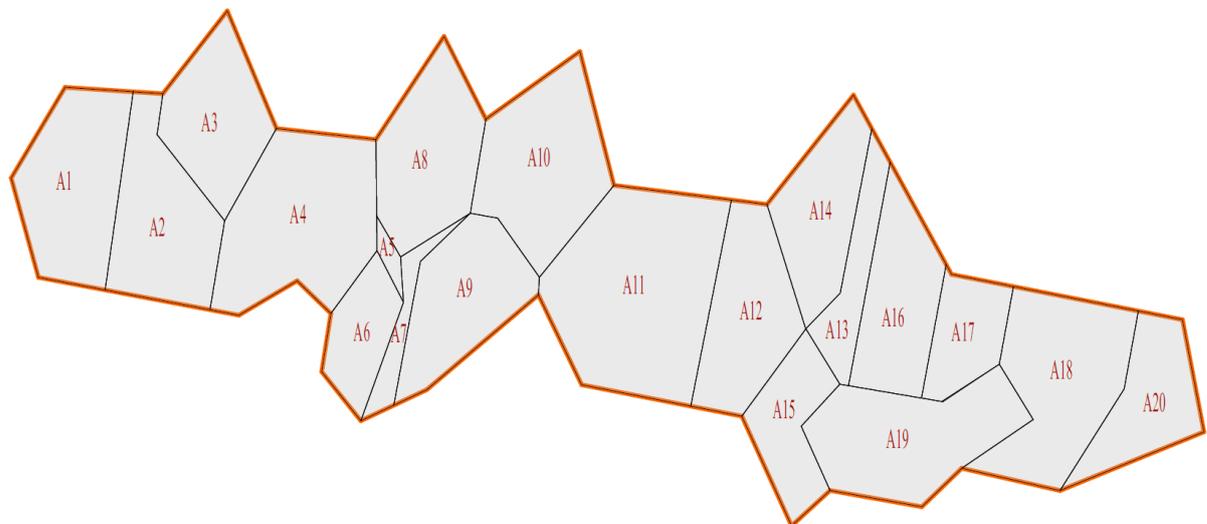


Figura 2. 24. Áreas de aporte.
Fuente: (Autores).

Tabla 2. 5. Datos de las subcuencas de la Av. Huayna – Cápac, González Suárez y Guapondelig.

Cuenca	Área (Ha)	Lluvia	Pozo de descarga	Ancho (m)	Pendiente %	Impermeabilidad %
C1	0.51945	1	1	100	0.5	60
C2	0.478942	1	2	100	0.5	60
C3	0.410112	1	3	100	0.5	60
C4	0.692168	1	3	100	0.5	60
C5	0.028223	1	4	100	0.5	60
C6	0.224855	1	4	100	0.5	60
C7	0.100292	1	5	100	0.5	60
C8	0.468339	1	5	100	0.5	60
C9	0.441949	1	6	100	0.5	60
C10	0.56805	1	7	100	0.5	60
C11	0.905306	1	7	100	0.5	60
C12	0.451284	1	8	100	0.5	60
C13	0.206514	1	9	100	0.5	60
C14	0.383706	1	9	100	0.5	60
C15	0.285106	1	10	100	0.5	60
C16	0.404657	1	10	100	0.5	60
C17	0.233716	1	11	100	0.5	60
C18	0.60112	1	12	100	0.5	60
C19	0.576859	1	12	100	0.5	60
C20	0.33866	1	13	100	0.5	60

Fuente: (ETAPA EP).

2.1.8 Ejecución de la simulación

1. Se tiene que ir a **Calcular** (Run a simulation) en la barra de menú principal.
2. Si existe un **Error**, aparece una ventana describiendo el mismo, el cual se debe corregir para continuar con el cálculo.
3. Aparece una ventana que indica cuando la simulación esta lista.
4. En el panel de navegación, en la parte superior derecha esta la pestaña **Mapa** (Map) como lo muestra en la Figura 2.25.

- Se obtienen los resultados como:
 - Caudal
 - Velocidad
 - Inundación
 - Capacidad
- **Instante** (Time Period): Tránsito del caudal o lluvia en las tuberías durante las fechas interesadas.
- **Hora** (Time of Day): Tránsito del caudal o lluvia en las tuberías durante la hora interesada.



Figura 2. 25. Ejecución de la simulación.
Fuente: (SWMM 5.0).

2.1.9 Gráficos

Para generar un gráfico, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Se selecciona la tubería o conducto deseado.
2. En la barra de herramientas se encuentra la opción **Gráfico Evolución** (Time Series Plot Selection).
3. Se da clic en **Aceptar**.

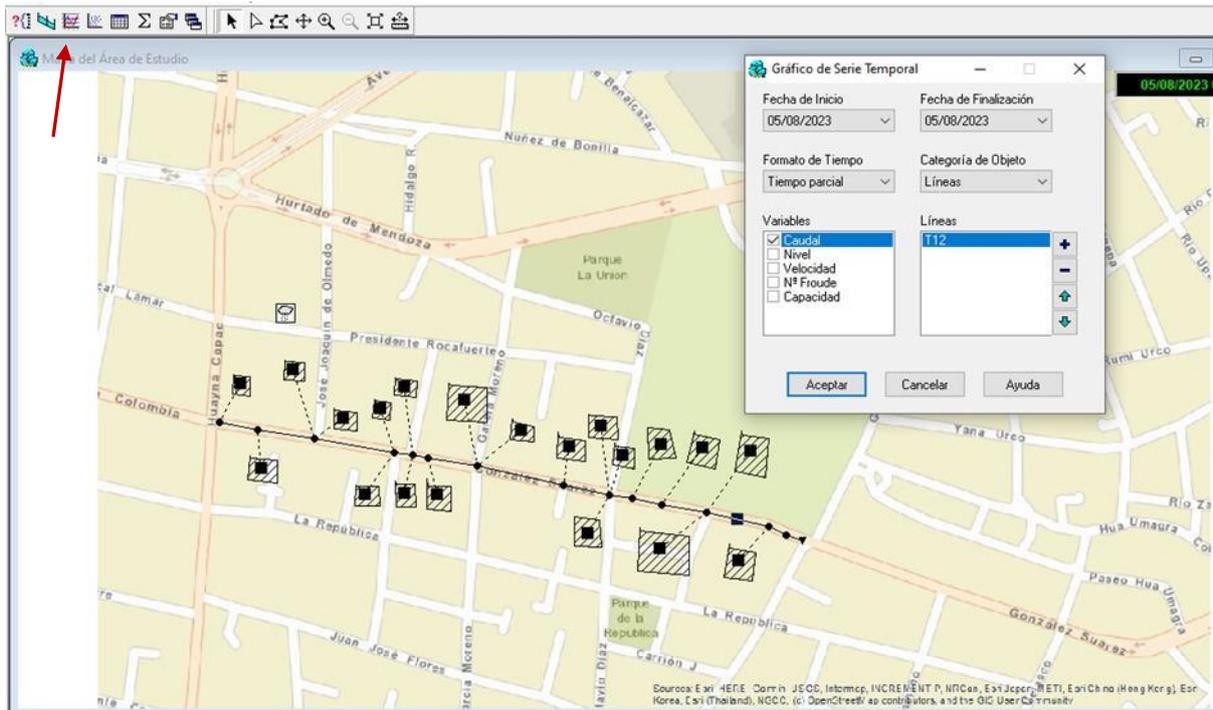


Figura 2. 26. Pasos para generación de gráfico en SWMM 5.0.
Fuente: (SWMM 5.0).

En la figura 2.27 se observa el resultado.

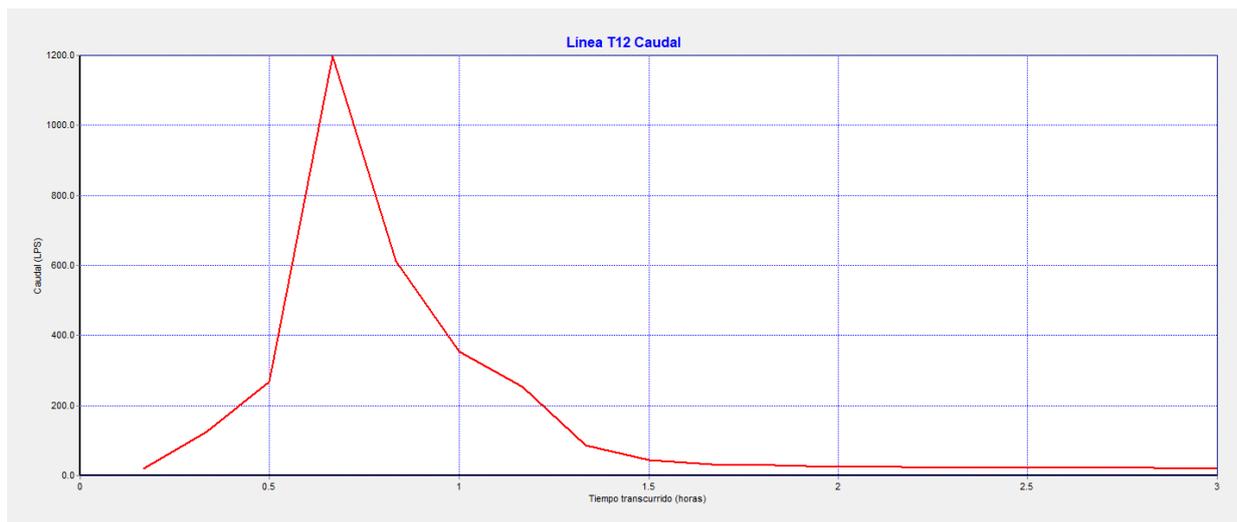


Figura 2. 27. Generación de gráfico de caudal de la tubería.
Fuente: (SWMM 5.0).

2.1.10 Perfiles

Para la generación del perfil del sistema de alcantarillado, se deben seguir los siguientes pasos:

1. En la barra de herramientas, se selecciona la opción *Perfil Longitudinal* (Profile Plot Selection).

2. Se indica el *Nudo Inicial* (Star Node) y añadimos.
3. Se indica el *Nudo Final* (End Node) y añadimos.
4. Se selecciona *Buscar Ruta* (Find Path).
5. Se guarda el perfil con la opción *Guardar Perfil Actual* (Save Current Profile).
6. Se da clic en *Aceptar*.

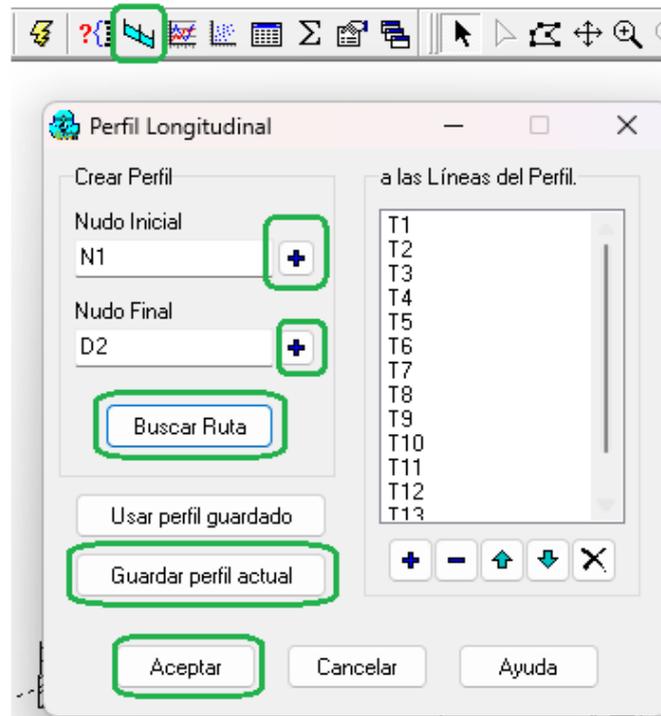


Figura 2. 28. Pasos de generación de perfil del sistema de alcantarillado en SWMM 5.0.
Fuente: (SWMM 5.0).

En la figura 2.29 se observa el resultado.

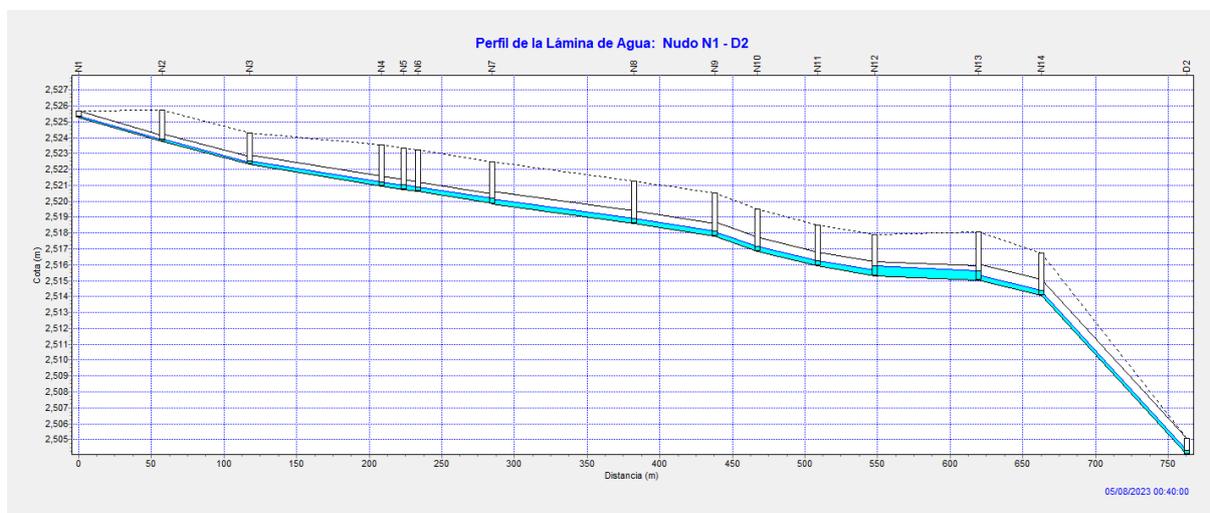


Figura 2. 29. Gráfico de perfil en SWMM 5.0.
Fuente: (SWMM 5.0).

CAPÍTULO III

3.1 Resultados

Una vez introducidos todos los datos pertinentes para la modelación hidráulica del sistema de alcantarillado, se pretende identificar las zonas vulnerables de rebose de pozos y verificar las condiciones del sistema. Para ello, se seleccionó una lluvia de diseño en función de periodos de retorno de 3, 5 y 10 años (Ver Figura 3.1). Posteriormente se obtuvieron valores de Caudal, Capacidad y Velocidad en cada uno de los tramos, así como los niveles de los pozos existentes en cada uno de los períodos.

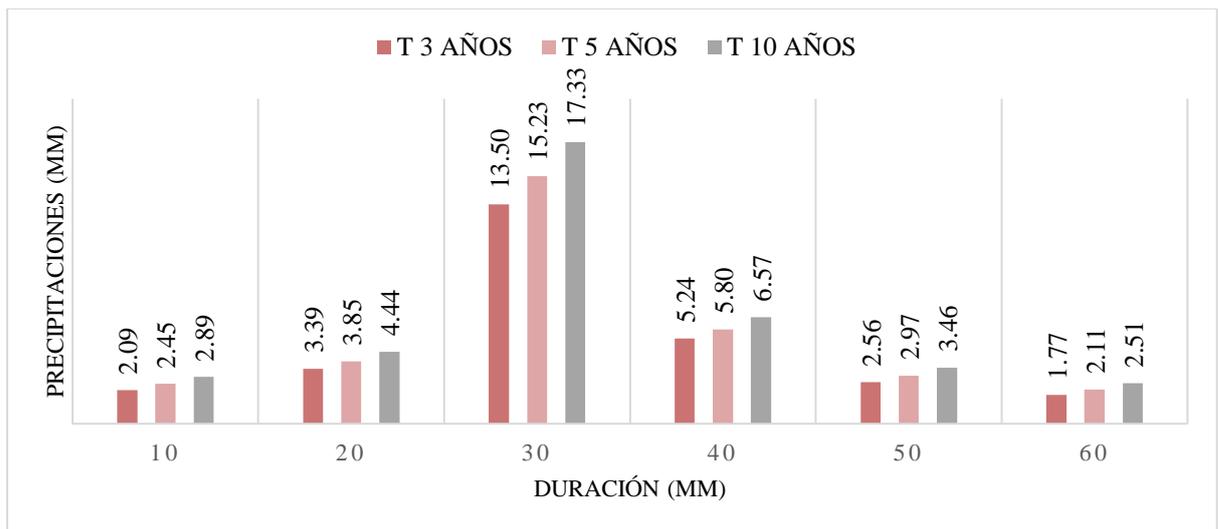


Figura 3. 1. Precipitación – duración de los tres períodos de retorno.
Fuente: (Autores).

3.1.1 Simulación del escenario N° 1 - Período de retorno de 3 años (flujo laminar)

Tabla 3. 1. Hietograma de precipitación, incremento de 10 minutos método de bloques alternos.

T = 3 años				
tc (min)	i (mm/h)	P ac (mm)	Pi (mm)	Pi (mm)
10	81.00	13.50	2.09	13.50
20	56.23	18.74	3.39	5.24
30	44.27	22.14	13.50	3.39
40	37.05	24.70	5.24	2.56
50	32.14	26.78	2.56	2.09
60	28.56	28.56	1.77	1.77

Fuente: (Autores).

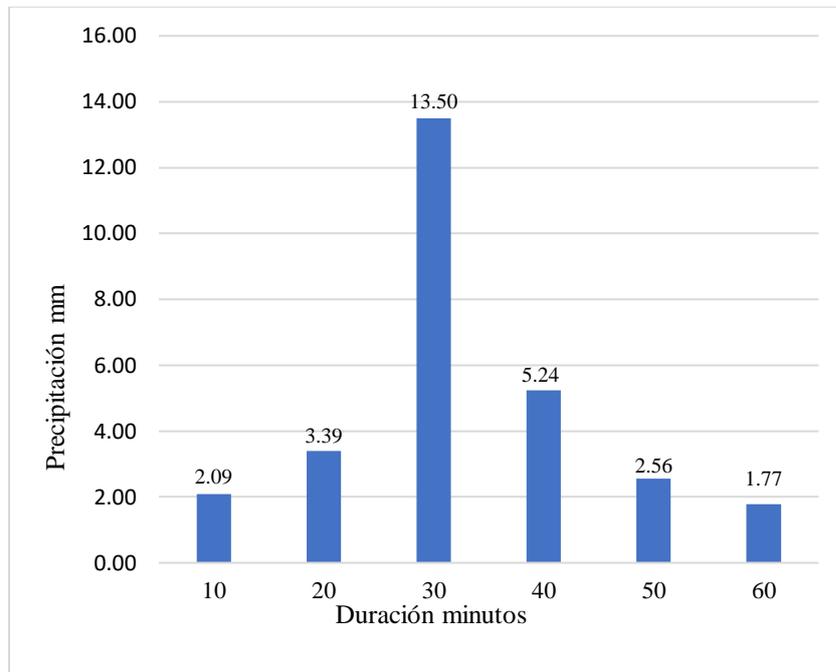


Figura 3. 2. Hietograma de precipitación, período de retorno 3 años.
Fuente: (Autores).

Cada modelación tiene una duración de 3 horas, dividida en intervalos de 10 minutos donde se puede observar cada uno de los eventos hidráulicos. En el primer escenario de simulación se ha observado que el tramo principal no presenta ningún tipo de inconveniente en sus tuberías ni en sus pozos (Ver Figura 3.3 y 3.4).



Figura 3. 3. Niveles de pozos y caudales del tramo general en el período de retorno de 3 años.
Fuente: (Autores).

Sin embargo, es importante mencionar que debido a un aumento en la lluvia de diseño durante el minuto 30 (Ver Figura 3.2), el caudal de la tubería T12 tiende a subir (en el minuto 40) con respecto a las demás tuberías.

Por esta razón, este tramo será analizado en los posteriores periodos de retorno.

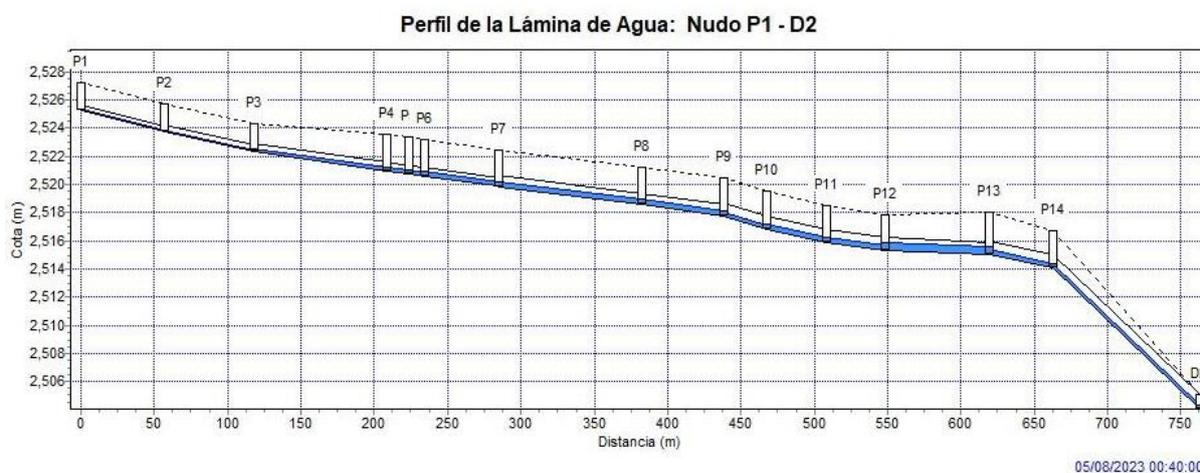


Figura 3. 4. Perfil hidráulico general del tramo analizado en la Av. González Suárez en el minuto 40. Fuente: (Autores).

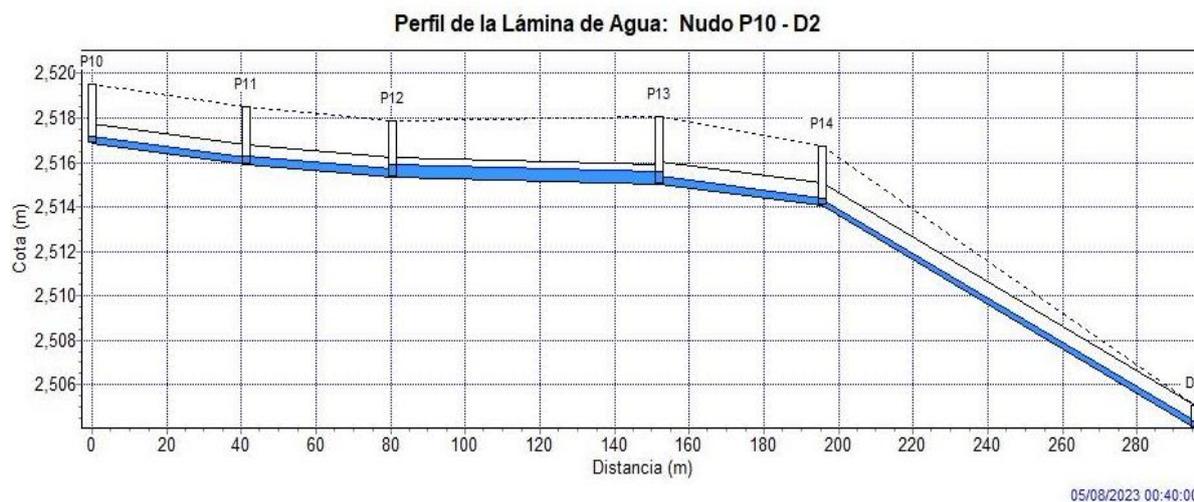


Figura 3. 5. Acercamiento del perfil hidráulico desde P10 hasta D2 en el minuto 40, periodo de retorno 3 años. Fuente: (Autores).

Los valores referenciales de las tuberías de relevancia como la T11, T12 y T13 se muestran en las siguientes tablas y figuras:

Tabla 3. 2. Caudales de las tuberías T11, T12, T13 en el período de retorno de 3 años.

Caudales de tuberías (l/s)			
Tiempo transcurrido (h)	T11	T12	T13
0:10	16.08	19.04	22.160
0:20	108.09	125.25	133.713
0:30	228.52	267.19	281.531
0:40	1024.41	1197.88	1253.344
0:50	521.03	611.79	639.922
1:00	300.48	353.81	370.609
1:10	214.80	253.04	265.654
1:20	71.31	85.32	90.491
1:30	37.47	44.66	48.742
1:40	27.53	33.05	36.729
1:50	23.66	28.35	31.827
2:00	21.48	25.69	29.062
2:10	20.13	24.04	27.342
2:20	19.24	22.93	26.194
2:30	18.61	22.16	25.389
2:40	18.15	21.59	24.801
2:50	17.80	21.17	24.358
3:00	17.54	20.84	24.017

Fuente: (Autores).

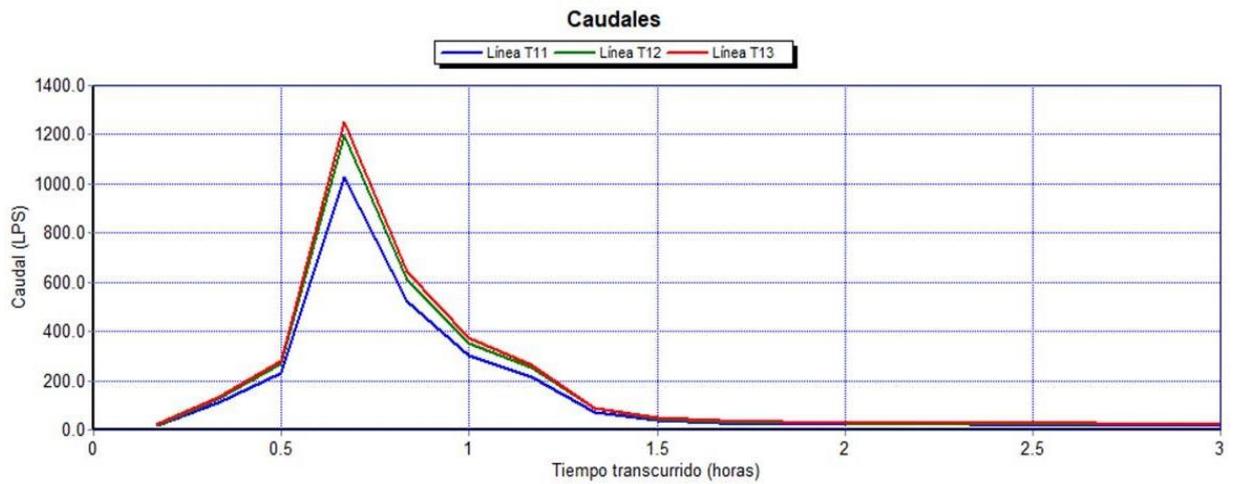


Figura 3. 6. Gráfico de caudales en tuberías T11, T12 y T13 en el período de retorno de 3 años.

Fuente: (Autores).

Tabla 3. 3. Capacidad de las tuberías T11, T12, T13 en el período de retorno de 3 años.

Capacidad de tuberías			
Tiempo transcurrido (h)	T11	T12	T13
0:10	0.05	0.08	0.05
0:20	0.13	0.19	0.12
0:30	0.19	0.28	0.17
0:40	0.41	0.67	0.36
0:50	0.29	0.44	0.25
1:00	0.22	0.33	0.19
1:10	0.18	0.28	0.16
1:20	0.11	0.16	0.10
1:30	0.08	0.12	0.07
1:40	0.07	0.11	0.06
1:50	0.06	0.10	0.06
2:00	0.06	0.09	0.06
2:10	0.06	0.09	0.06
2:20	0.06	0.09	0.05
2:30	0.06	0.08	0.05
2:40	0.06	0.08	0.05
2:50	0.06	0.08	0.05
3:00	0.06	0.08	0.05

Fuente: (Autores).

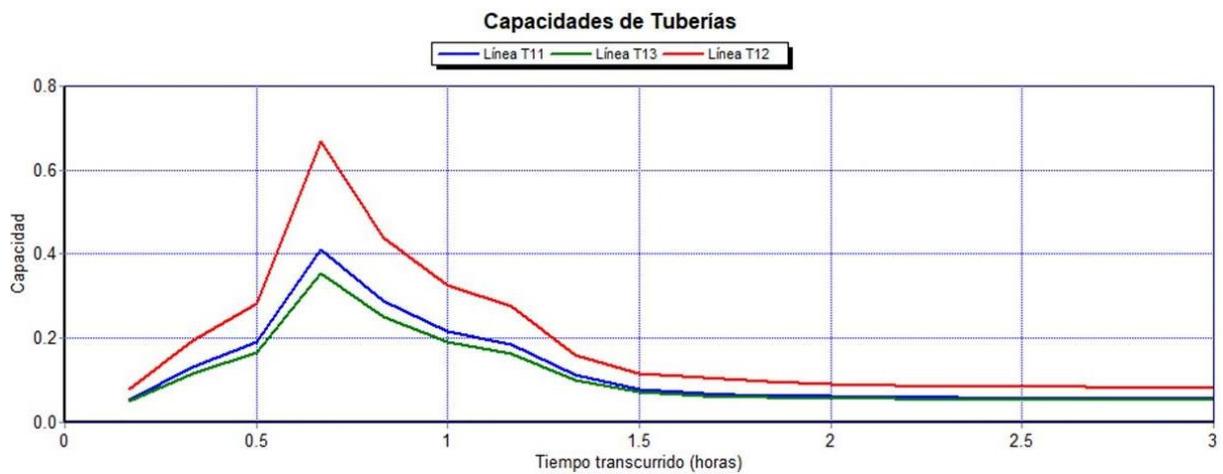


Figura 3. 7. Gráfico de capacidad en tuberías T11, T12 y T13 en el período de retorno de 3 años.
Fuente: (Autores).

Tabla 3. 4. Velocidades de las tuberías T11, T12, T13 en el período de retorno de 3 años.

Velocidades de tuberías (m/s)			
Tiempo transcurrido (h)	T11	T12	T13
0:10	1.21	0.82	1.49
0:20	2.17	1.45	2.62
0:30	2.71	1.80	3.24
0:40	4.15	2.65	5.01
0:50	3.43	2.27	4.14
1:00	2.94	1.95	3.54
1:10	2.67	1.77	3.19
1:20	1.78	1.29	2.24
1:30	1.58	1.07	1.91
1:40	1.43	0.92	1.76
1:50	1.37	0.90	1.69
2:00	1.33	0.89	1.64
2:10	1.31	0.87	1.60
2:20	1.29	0.87	1.58
2:30	1.27	0.86	1.56
2:40	1.26	0.85	1.55
2:50	1.25	0.85	1.54
3:00	1.25	0.85	1.53

Fuente: (Autores).

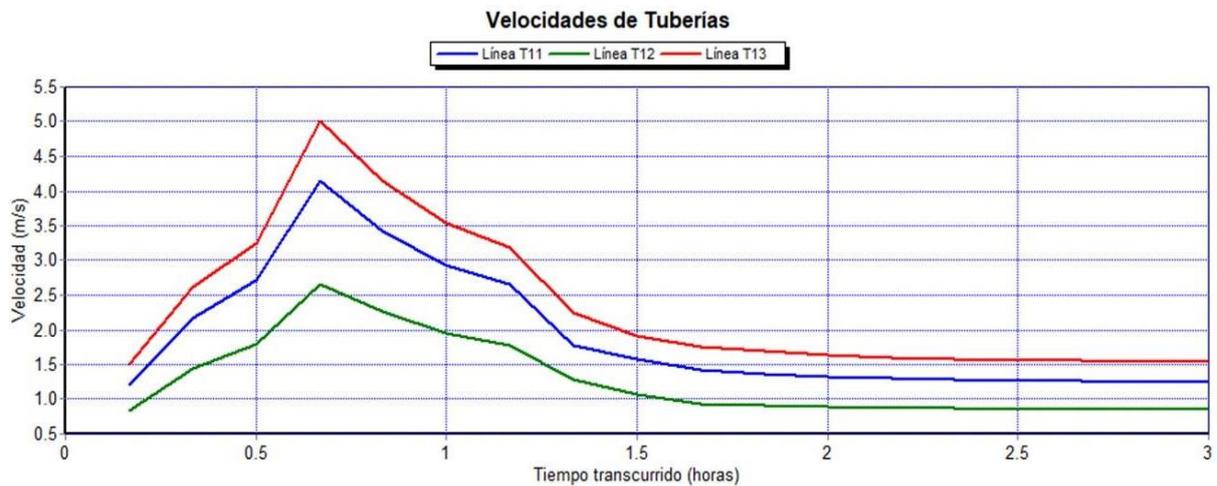


Figura 3. 8. Gráfico de velocidades en tuberías T11, T12 y T13 en el período de retorno de 3 años.

Fuente: (Autores).

Tabla 3. 5. Niveles de los pozos P11, P12 y P13 en el período de retorno de 3 años.

Nivel de pozos (m)			
Tiempo transcurrido (h)	Nudo P11	Nudo P12	Nudo P13
0:10	0.05	0.07	0.07
0:20	0.12	0.17	0.17
0:30	0.17	0.26	0.26
0:40	0.37	0.60	0.60
0:50	0.26	0.40	0.40
1:00	0.20	0.29	0.29
1:10	0.17	0.25	0.25
1:20	0.10	0.14	0.14
1:30	0.07	0.11	0.11
1:40	0.06	0.09	0.09
1:50	0.06	0.09	0.09
2:00	0.06	0.08	0.08
2:10	0.05	0.08	0.08
2:20	0.05	0.08	0.08
2:30	0.05	0.08	0.08
2:40	0.05	0.07	0.07
2:50	0.05	0.07	0.07
3:00	0.05	0.07	0.07

Fuente: (Autores).



Figura 3. 9. Gráfico de los niveles de los pozos P11, P12 y P13 en el período de retorno de 3 años.

Fuente: (Autores).

3.1.2 Simulación del escenario N° 2 - Período de retorno de 5 años (flujo laminar)

Al igual que en el escenario anterior, el momento con mayor presencia de lluvia se da en el minuto 30 como se muestra en el hietograma de la Figura 3.10.

Tabla 3. 6. Hietograma de precipitación, incremento de 10 minutos método de bloques alternos.

Período de 5 años				
tc (min)	i (mm/h)	P ac (mm)	Pi (mm)	Pi (mm)
10	91.41	15.23	2.45	15.23
20	63.10	21.03	3.85	5.80
30	49.76	24.88	15.23	3.85
40	41.77	27.85	5.80	2.97
50	36.37	30.30	2.97	2.45
60	32.42	32.42	2.11	2.11

Fuente: (Autores).

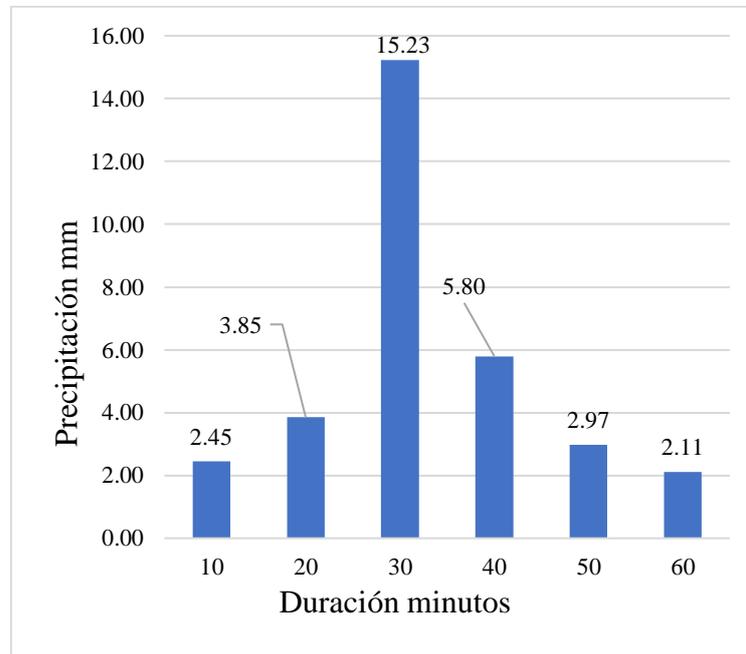


Figura 3. 10. Hietograma de precipitación, periodo de retorno 5 años.
Fuente: (Autores).

En este escenario de modelación la tubería T12 presenta un comportamiento similar al caso anterior. Por un lado, su caudal aumentó 186.26 l/s y su capacidad se incrementó en un 8% en relación al período de retorno de 3 años (Ver Tabla 3.7 y 3.8).

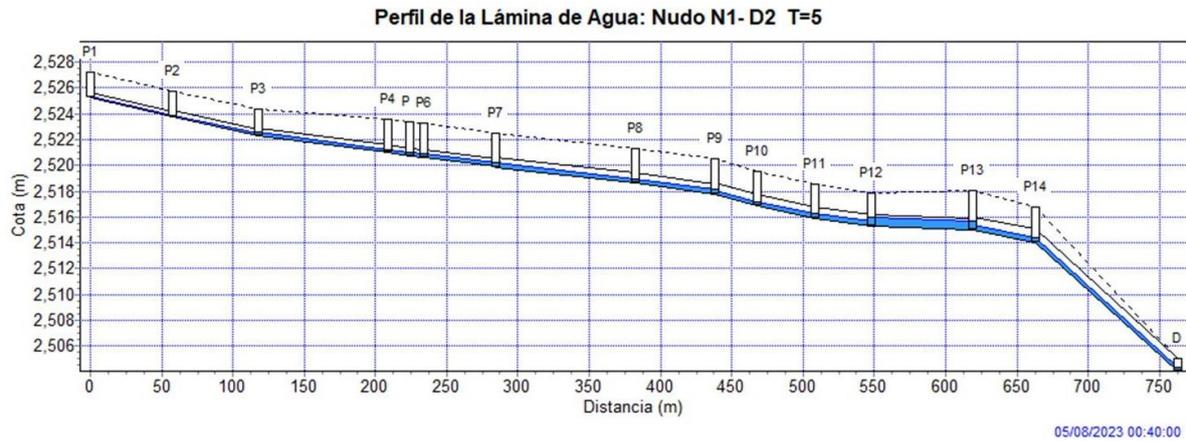


Figura 3. 11. Perfil hidráulico general del tramo analizado en el minuto 40 del periodo de retorno de 5 años. Fuente: (Autores).

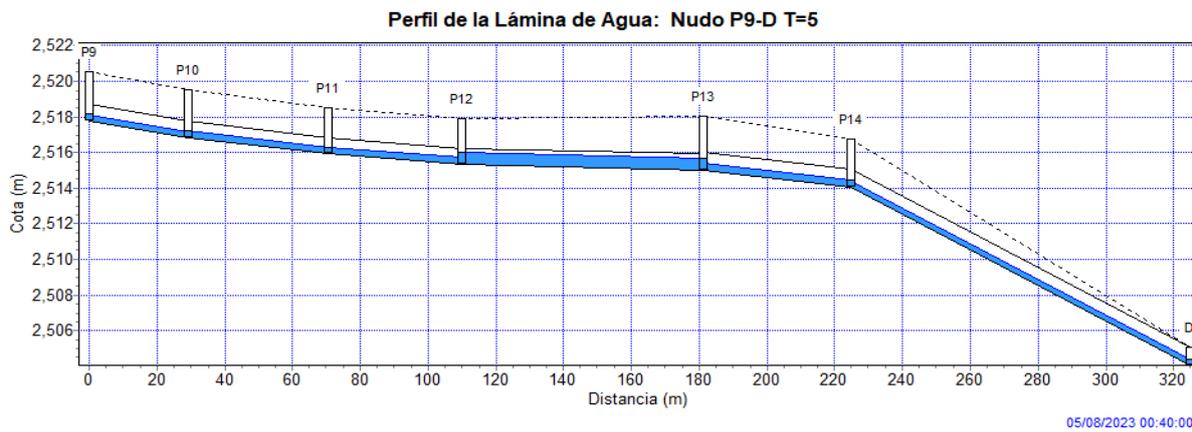


Figura 3. 12. Acercamiento del perfil hidráulico desde P9 hasta D en el minuto 40, periodo de retorno 5 años. Fuente: (Autores).

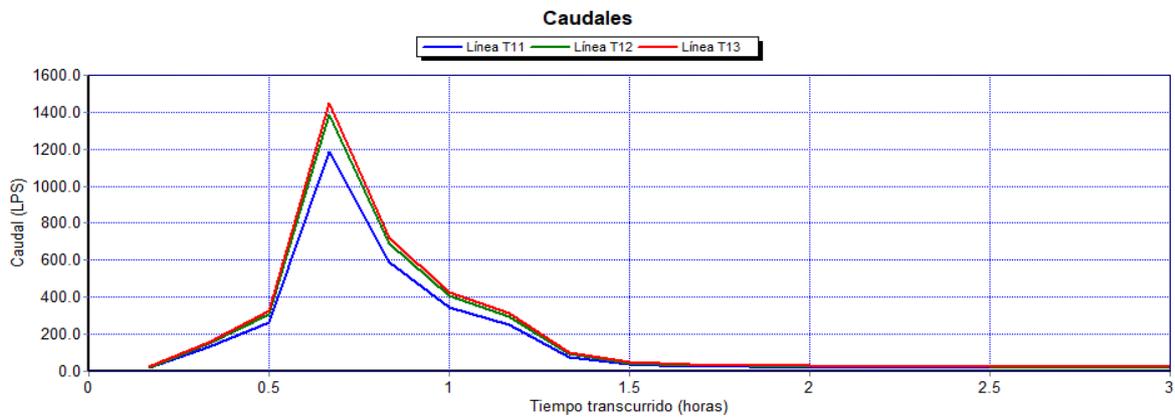


Figura 3. 13. Gráfico de caudales en tuberías T11, T12 y T13 en el periodo de retorno de 5 años. Fuente: (Autores).

Tabla 3. 7. Caudales de las tuberías T11, T12, T13 en el período de retorno de 5 años.

Caudales de tuberías (l/s)			
Tiempo transcurrido (h)	T11	T12	T13
0:10	16.08	19.04	22.16
0:20	129.58	150.25	159.90
0:30	262.90	307.50	323.57
0:40	1183.64	1384.14	1447.82
0:50	588.60	691.24	722.67
1:00	346.45	407.86	426.89
1:10	251.74	296.45	310.86
1:20	78.36	93.80	99.21
1:30	39.05	46.66	50.83
1:40	28.15	33.90	37.63
1:50	24.03	28.86	32.37
2:00	21.73	26.04	29.43
2:10	20.31	24.28	27.60
2:20	19.37	23.12	26.39
2:30	18.71	22.30	25.54
2:40	18.23	21.71	24.92
2:50	17.87	21.26	24.45
3:00	17.59	20.91	24.09

Fuente: (Autores).

Tabla 3. 8. Capacidad de las tuberías T11, T12, T13 en el período de retorno de 5 años.

Capacidades de tuberías			
Tiempo transcurrido (h)	T11	T12	T13
0:10	0.05	0.08	0.05
0:20	0.14	0.21	0.13
0:30	0.20	0.30	0.18
0:40	0.45	0.75	0.38
0:50	0.31	0.47	0.27
1:00	0.23	0.35	0.21
1:10	0.20	0.30	0.18
1:20	0.11	0.17	0.10
1:30	0.08	0.12	0.07
1:40	0.07	0.11	0.06
1:50	0.06	0.10	0.06
2:00	0.06	0.09	0.06
2:10	0.06	0.09	0.06
2:20	0.06	0.09	0.05
2:30	0.06	0.08	0.05
2:40	0.06	0.08	0.05
2:50	0.06	0.08	0.05
3:00	0.06	0.08	0.05

Fuente: (Autores).

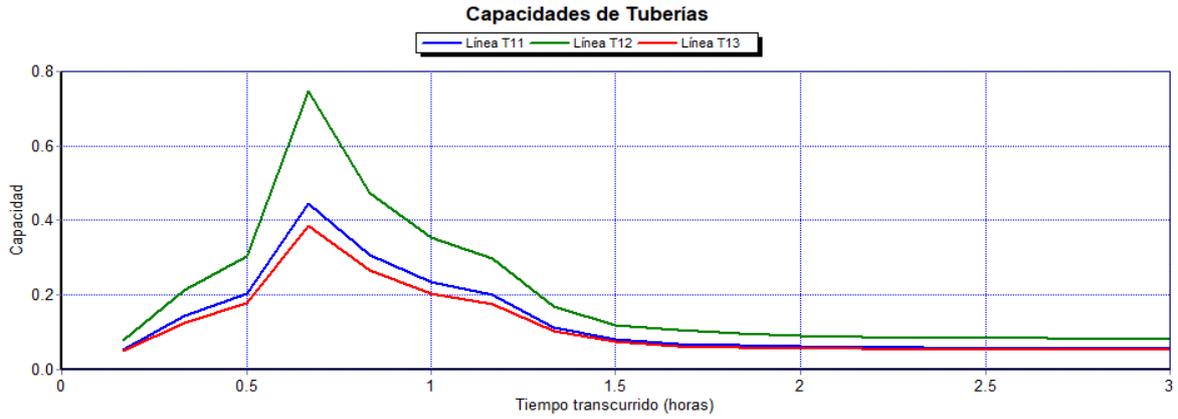


Figura 3. 14. Gráfico de capacidad en tuberías T11, T12 y T13 en el período de retorno de 5 años
Fuente: (Autores).

Tabla 3. 9. Velocidades de las tuberías T11, T12, T13 en el período de retorno de 5 años.

Velocidades de tuberías (m/s)			
Tiempo transcurrido (h)	T11	T12	T13
0:10	1.21	0.82	1.49
0:20	2.30	1.53	2.76
0:30	2.83	1.88	3.40
0:40	4.31	2.71	5.21
0:50	3.56	2.34	4.29
1:00	3.04	2.03	3.68
1:10	2.79	1.86	3.31
1:20	1.97	1.32	2.27
1:30	1.60	1.09	1.94
1:40	1.44	0.92	1.77
1:50	1.37	0.91	1.70
2:00	1.34	0.89	1.64
2:10	1.31	0.88	1.61
2:20	1.29	0.87	1.58
2:30	1.27	0.86	1.56
2:40	1.26	0.86	1.55
2:50	1.25	0.85	1.54
3:00	1.25	0.85	1.53

Fuente: (Autores).

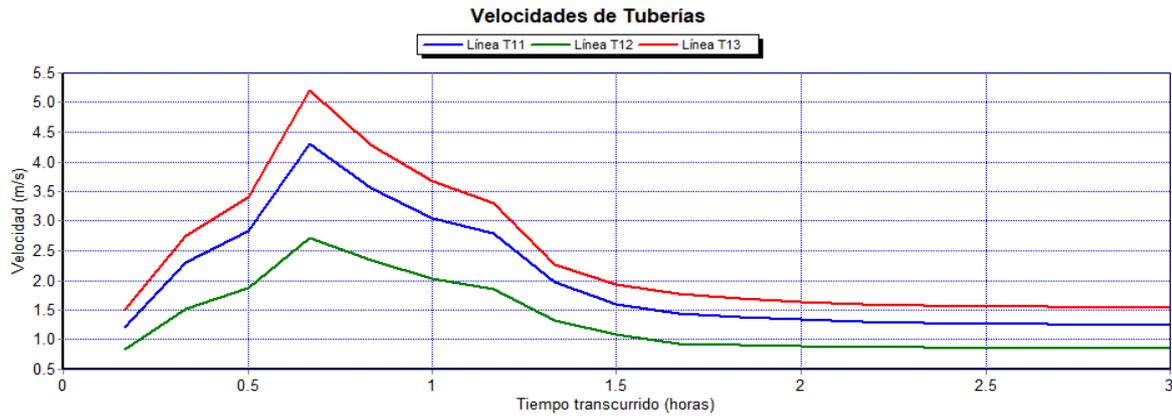


Figura 3. 15. Gráfico de velocidades en tuberías T11, T12 y T13 en el período de retorno de 5 años
Fuente: (Autores).

Tabla 3. 10. Niveles de los pozos P11, P12 y P13 en el período de retorno de 5 años.

Nivel de pozos (m)			
Tiempo transcurrido (h)	Nudo P11	Nudo P12	Nudo P13
0:10	0.05	0.07	0.07
0:20	0.13	0.19	0.19
0:30	0.18	0.27	0.27
0:40	0.40	0.67	0.67
0:50	0.28	0.43	0.43
1:00	0.21	0.32	0.32
1:10	0.18	0.27	0.27
1:20	0.10	0.15	0.15
1:30	0.07	0.11	0.11
1:40	0.06	0.10	0.10
1:50	0.06	0.09	0.09
2:00	0.06	0.08	0.08
2:10	0.05	0.08	0.08
2:20	0.05	0.08	0.08
2:30	0.05	0.08	0.08
2:40	0.05	0.08	0.08
2:50	0.05	0.07	0.07
3:00	0.05	0.07	0.07

Fuente: (Autores).

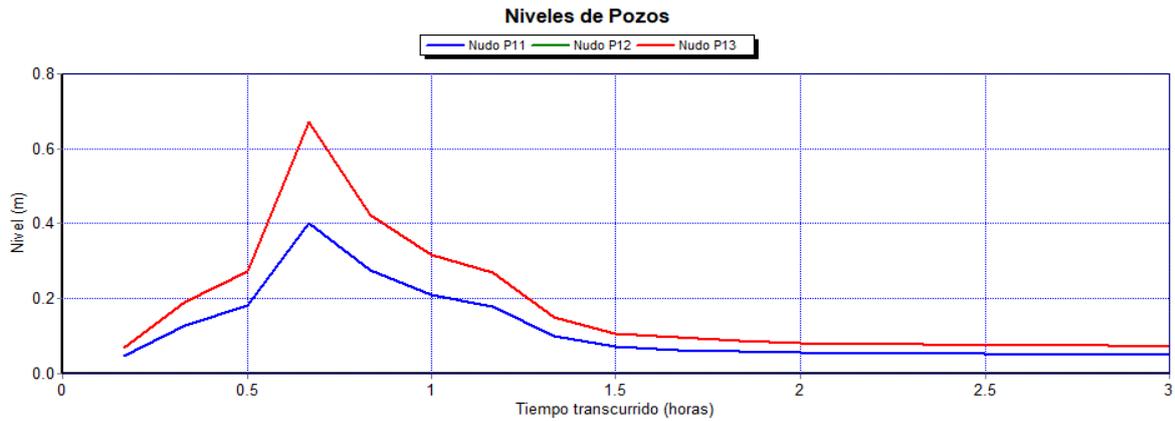


Figura 3. 16. Gráfico de los niveles de los pozos P11, P12 y P13 en el período de retorno de 5 años
Fuente: (Autores).

3.1.3 Simulación del escenario N° 3 - Período de retorno de 10 años (flujo laminar)

La última simulación del modelo hidráulico se realizó bajo un escenario de lluvia correspondiente al periodo de retorno de 10 años, y así se identificó la vulnerabilidad existente en el sistema de drenaje delimitado sobre la av. González Suarez.

Tabla 3. 11. Hietograma de precipitación, incremento de 10 minutos método de bloques alternos.

Período de 10 años				
tc (min)	i (mm/h)	P ac (mm)	Pi (mm)	Pi (mm)
10	103.98	17.33	2.89	17.33
20	71.69	23.90	4.44	6.57
30	56.67	28.33	17.33	4.44
40	47.69	31.79	6.57	3.46
50	41.62	34.68	3.46	2.89
60	37.19	37.19	2.51	2.51

Fuente: (Autores).

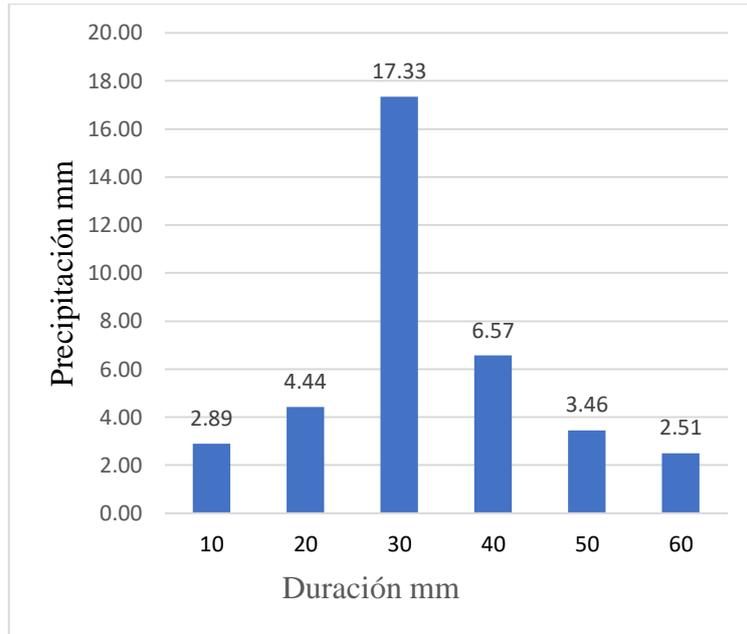


Figura 3. 17. Hietograma de precipitación, período de retorno 10 años.
Fuente: (Autores).

Se presentó una incapacidad hidráulica en un pozo y una tubería. El 93% de las tuberías operan a capacidades que no superan el 63% en el período máximo del hidrograma (Ver Figura 3.17). Sin embargo, la tubería T12 trabaja al 100% de su capacidad afectando su funcionalidad y produciendo un rebosamiento en el pozo 12.

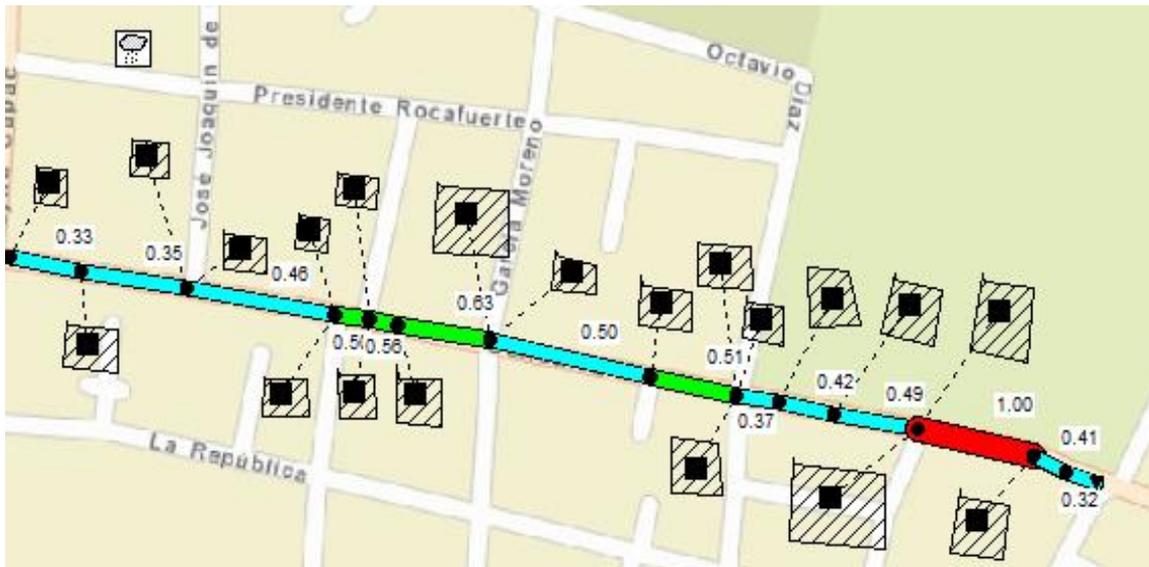


Figura 3. 18. Capacidad de las tuberías del tramo general en el período de retorno de 10 años en flujo laminar.
Fuente: (Autores).

Tabla 3. 12. Capacidad de las tuberías T11, T12, T13 en el período de retorno de 10 años.

Capacidad de tuberías			
Tiempo transcurrido (h)	T11	T12	T13
0:10	0.05	0.08	0.05
0:20	0.16	0.23	0.14
0:30	0.22	0.33	0.19
0:40	0.49	1.00	0.41
0:50	0.33	0.51	0.29
1:00	0.25	0.38	0.22
1:10	0.22	0.33	0.19
1:20	0.12	0.18	0.11
1:30	0.08	0.12	0.08
1:40	0.07	0.11	0.06
1:50	0.07	0.10	0.06
2:00	0.06	0.09	0.06
2:10	0.06	0.09	0.06
2:20	0.06	0.09	0.05
2:30	0.06	0.08	0.05
2:40	0.06	0.08	0.05
2:50	0.06	0.08	0.05
3:00	0.06	0.08	0.05

Fuente: (Autores).

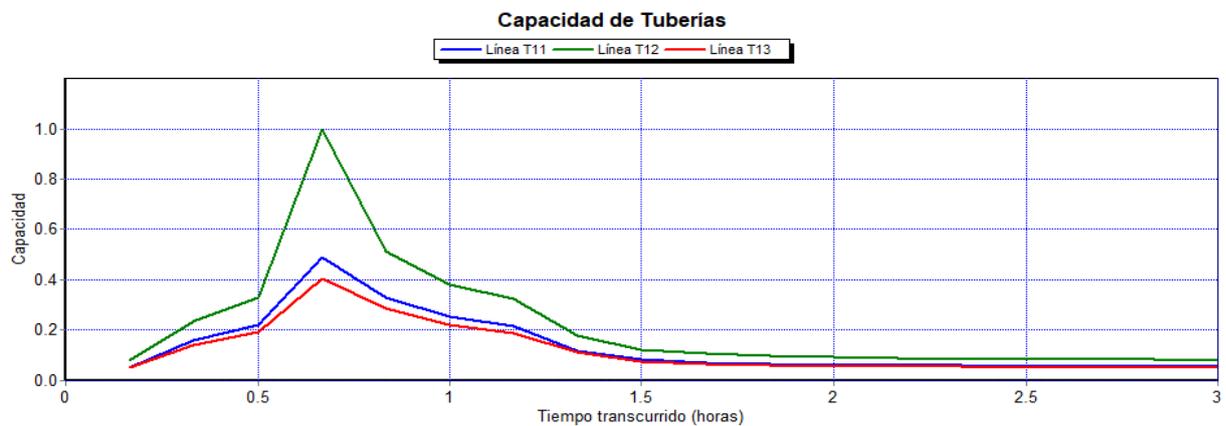


Figura 3. 19. Capacidad de las tuberías del tramo general en el período de retorno de 10 años.
Fuente: (Autores).

La Figura 3.19 indica la tubería (T12) y pozo (P12) que presentan problemas en la simulación. Al pozo P12 llega un caudal de 1383.8 l/s proveniente de los tramos anteriores, y

adicionalmente se sumarían los caudales de dos áreas de aportación (la 19 y 20) equivalentes a 231.57 l/s, lo que daría un total de 1615.37 l/s, que deberían recorrer el siguiente tramo. Sin embargo, la tubería T12 se encuentra trabajando al 100% de su capacidad y por ella recorre únicamente un caudal de 1525.05 l/s lo que evidencia que existe una pérdida de caudal de 90.32 l/s (Ver Figura 3.20).



Figura 3. 20. Acercamiento del perfil hidráulico desde P8 hasta D2 en el minuto 40, periodo de retorno 10 años.

Fuente: (Autores).

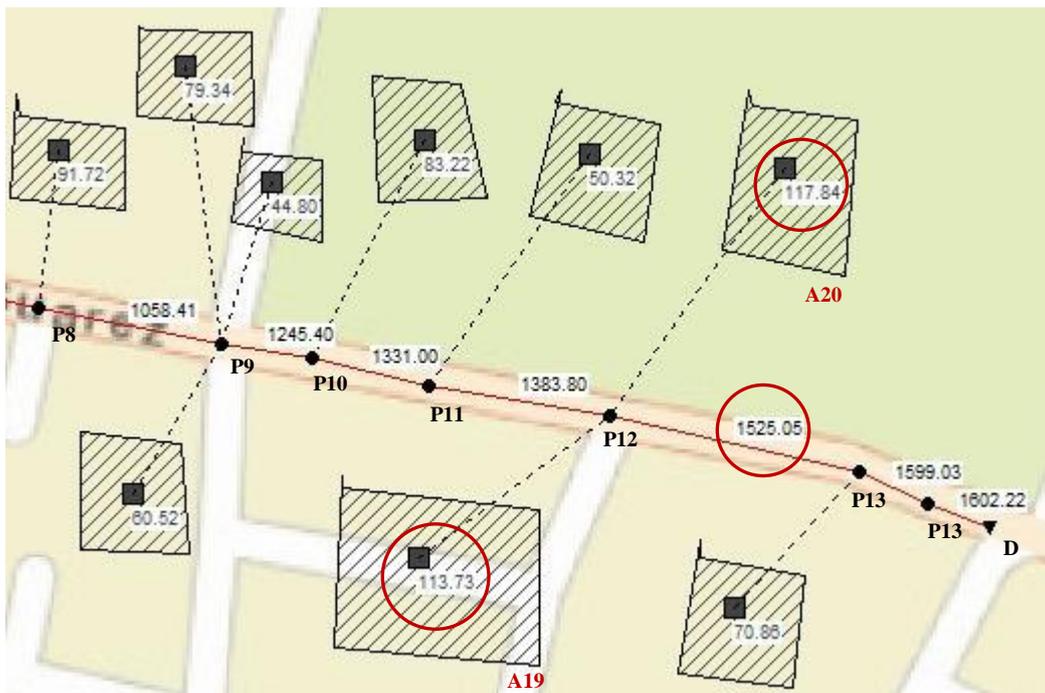


Figura 3. 21. Acercamiento del modelo desde P9 hasta D2 en el minuto 40, periodo de retorno 10 años.

Fuente: (Autores).

Tabla 3. 13. Caudales de las tuberías T11, T12, T13 en el período de retorno de 10 años.

Caudales de tuberías (l/s)			
Tiempo transcurrido (h)	T11	T12	T13
0:10	16.08	19.04	22.16
0:20	156.72	181.87	193.01
0:30	307.41	359.65	377.97
0:40	1383.80	1525.05	1599.03
0:50	679.28	797.83	833.71
1:00	403.30	474.75	496.52
1:10	296.48	349.01	365.60
1:20	86.42	103.54	109.24
1:30	41.48	49.61	53.37
1:40	29.30	35.33	38.80
1:50	24.76	29.77	33.10
2:00	22.23	26.66	29.93
2:10	20.68	24.74	27.96
2:20	19.64	23.46	26.66
2:30	18.92	22.56	25.75
2:40	18.40	21.91	25.08
2:50	18.01	21.42	24.59
3:00	17.70	21.05	24.20

Fuente: (Autores).

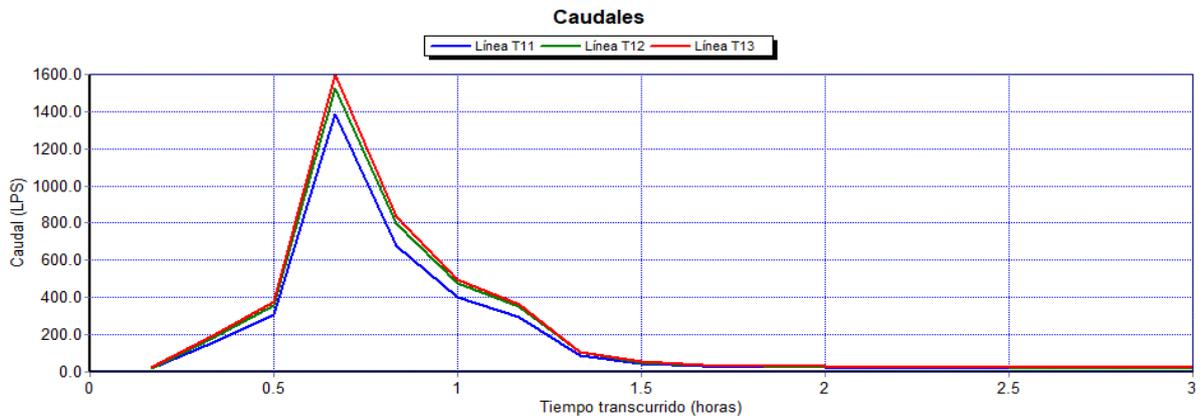


Figura 3. 22. Caudales de las tuberías del tramo general en el período de retorno de 10 años.

Fuente: (Autores).

Tabla 3. 14. Velocidades de las tuberías T11, T12, T13 en el período de retorno de 10 años.

Velocidades de tuberías (m/s)			
Tiempo transcurrido (h)	T11	T12	T13
0:10	1.21	0.82	1.49
0:20	2.42	1.61	2.92
0:30	2.95	1.96	3.55
0:40	4.49	2.40	5.35
0:50	3.71	2.42	4.45
1:00	3.20	2.11	3.84
1:10	2.92	1.94	3.52
1:20	2.04	1.35	2.29
1:30	1.62	1.10	1.97
1:40	1.46	0.93	1.79
1:50	1.39	0.91	1.71
2:00	1.34	0.89	1.65
2:10	1.32	0.88	1.61
2:20	1.30	0.87	1.59
2:30	1.28	0.86	1.57
2:40	1.27	0.86	1.56
2:50	1.26	0.85	1.55
3:00	1.25	0.85	1.54

Fuente: (Autores).

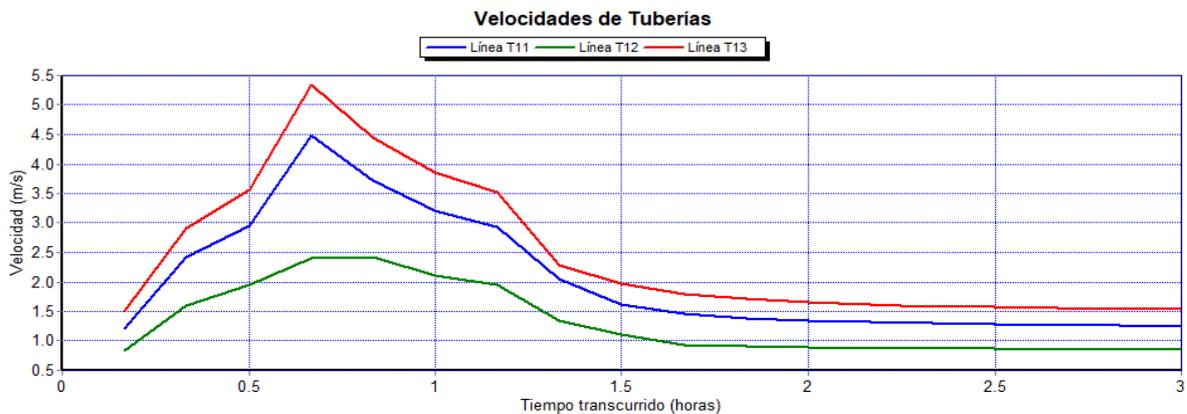


Figura 3. 23. Velocidades de las tuberías del tramo general en el período de retorno de 10 años.

Fuente: (Autores).

Tabla 3. 15. Niveles de los pozos P11, P12 y P13 en el período de retorno de 10 años.

Nivel de pozos (m)			
Tiempo transcurrido (h)	Nudo P11	Nudo P12	Nudo P13
0:10	0.05	0.07	0.07
0:20	0.14	0.21	0.21
0:30	0.20	0.30	0.30
0:40	0.44	2.57	0.90
0:50	0.30	0.46	0.46
1:00	0.23	0.35	0.35
1:10	0.19	0.29	0.29
1:20	0.11	0.16	0.16
1:30	0.08	0.11	0.11
1:40	0.06	0.10	0.10
1:50	0.06	0.09	0.09
2:00	0.06	0.08	0.08
2:10	0.05	0.08	0.08
2:20	0.05	0.08	0.08
2:30	0.05	0.08	0.08
2:40	0.05	0.08	0.08
2:50	0.05	0.07	0.07
3:00	0.05	0.07	0.07

Fuente: (Autores).

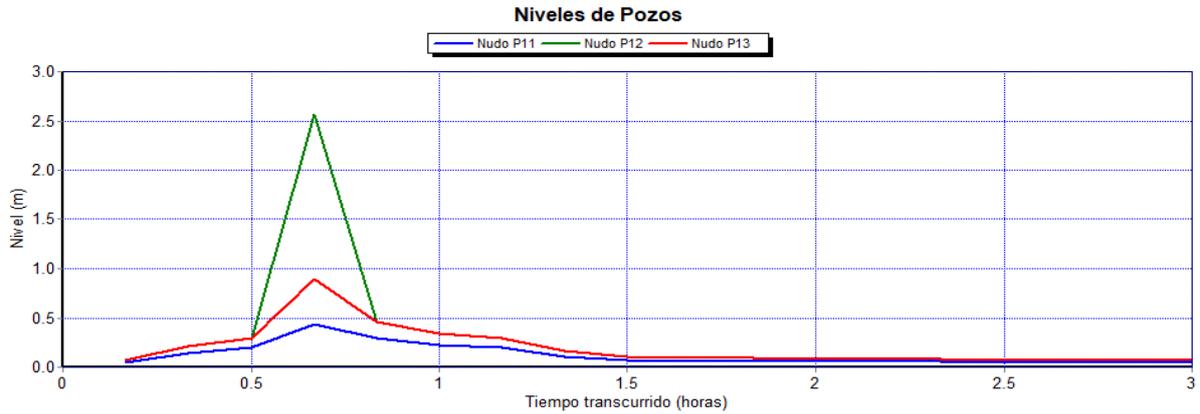


Figura 3. 24. Gráfico de los niveles de los pozos P11, P12 y P13 en el período de retorno de 10 años
Fuente: (Autores).

3.1.4 Simulación del escenario N° 4 - Período de retorno de 10 años (flujo cinemático)

Debido a las condiciones encontradas en los escenarios anteriores fue necesario realizar la modelación con un flujo cinemático para poder establecer de mejor manera los

comportamientos del sistema ya que dicho flujo permite que el caudal y el área varíen en espacio y tiempo al interior de los tramos.

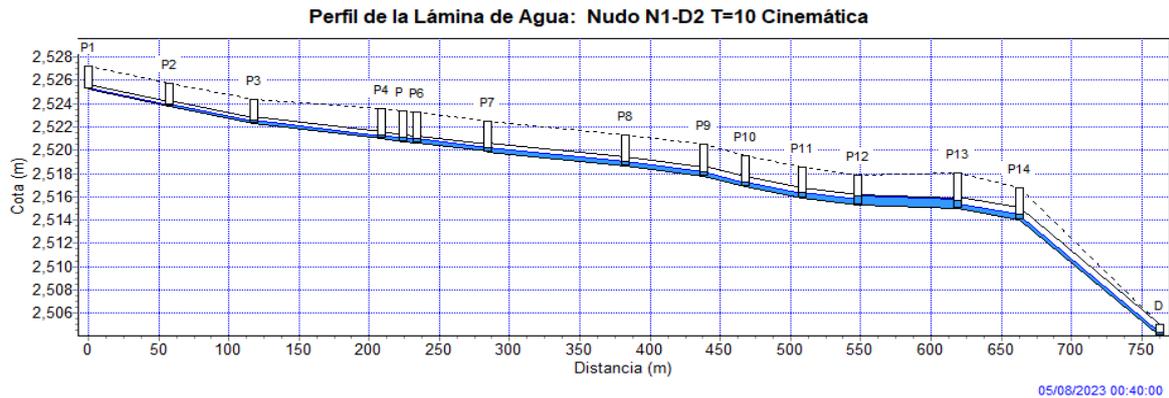


Figura 3. 25. Perfil hidráulico general del tramo analizado en el minuto 40 del periodo de retorno de 10 años por onda cinemática.

Fuente: (Autores).

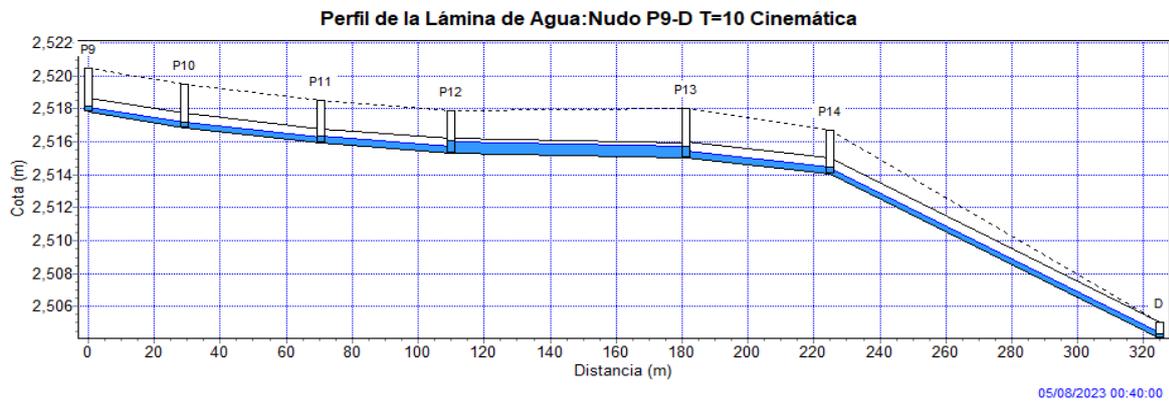


Figura 3. 26. Acercamiento del perfil hidráulico desde P9 hasta D en el minuto 40, periodo de retorno 10 años por onda cinemática.

Fuente: (Autores).

El flujo cinemático, al no considerar efectos hidráulicos como el resalto y las pérdidas de carga en las entradas y salidas de los pozos condiciona que el aumento del caudal en sus conductos pueda generar una pérdida en el sistema o un estancamiento en la parte superior de los pozos, el cual ingresaría nuevamente una vez la capacidad de la tubería lo permita.

Tal es el caso del caudal de la tubería 12 mostrado en la Tabla 3.15, en donde se observa que este caudal es de 1468 l/s y el mismo deja una pérdida en el sistema de 46,44 l/s a pesar de que su conducto se encuentra trabajando a un 80% de su capacidad (Ver Figura 3.26).

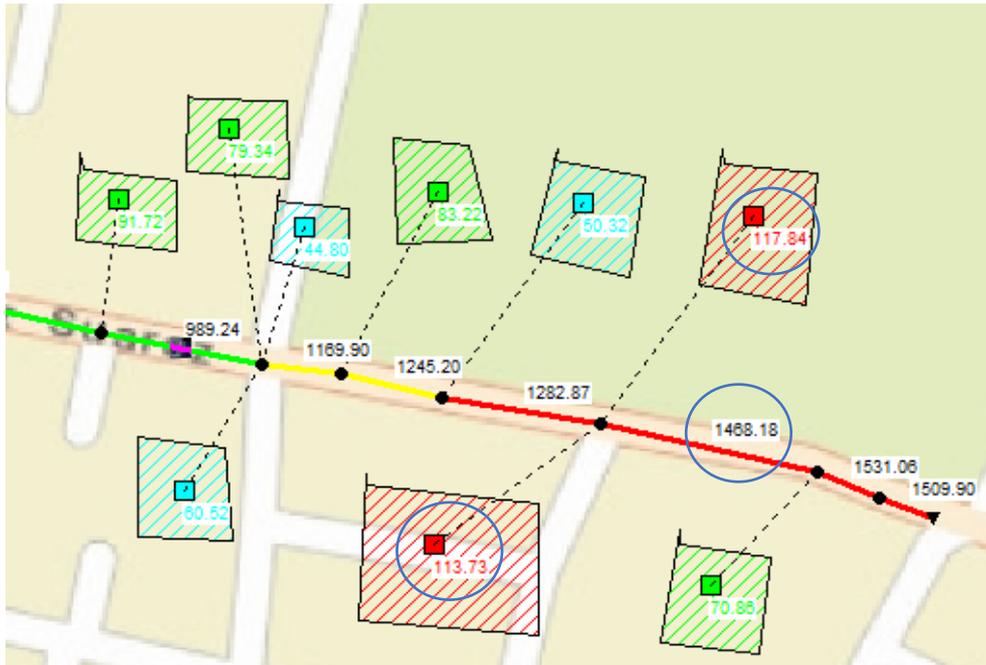


Figura 3. 27. Acercamiento del modelo desde P9 hasta D2 en el minuto 40, periodo de retorno 10 años.
Fuente: (Autores).

Tabla 3. 16. Caudales de las tuberías T11, T12, T13 en el período de retorno de 10 años por onda cinemática.

Caudales de tuberías (l/s)			
Tiempo transcurrido (h)	T11	T12	T13
0:10	16.02	18.90	21.97
0:20	131.41	145.12	153.87
0:30	282.44	327.99	343.09
0:40	1282.87	1468.18	1531.06
0:50	746.35	891.91	938.65
1:00	431.28	516.09	543.29
1:10	307.17	365.30	382.89
1:20	117.93	146.86	154.85
1:30	51.21	60.88	66.71
1:40	32.61	37.90	42.82
1:50	26.10	31.64	35.14
2:00	23.02	27.75	31.11
2:10	21.19	25.43	28.72
2:20	19.99	23.93	27.17
2:30	19.17	22.92	26.17
2:40	18.58	22.16	25.35
2:50	18.15	21.61	24.79
3:00	17.81	21.19	24.36

Fuente: (Autores).

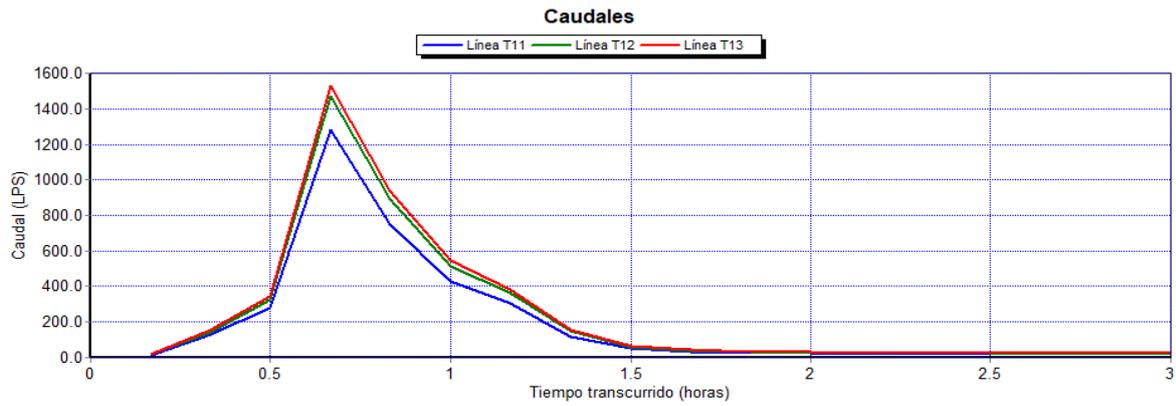


Figura 3. 28. Caudales de las tuberías del tramo general en el período de retorno de 10 años por onda cinemática.

Fuente: (Autores).

Tabla 3. 17. Capacidad de las tuberías T11, T12, T13 en el período de retorno de 10 años por onda cinemática.

Capacidad de tuberías			
Tiempo transcurrido (h)	T11	T12	T13
0:10	0.05	0.08	0.05
0:20	0.15	0.21	0.12
0:30	0.21	0.32	0.18
0:40	0.47	0.80	0.40
0:50	0.35	0.54	0.30
1:00	0.26	0.40	0.23
1:10	0.22	0.33	0.19
1:20	0.14	0.21	0.12
1:30	0.09	0.14	0.08
1:40	0.07	0.11	0.07
1:50	0.07	0.10	0.06
2:00	0.06	0.09	0.06
2:10	0.06	0.09	0.06
2:20	0.06	0.09	0.05
2:30	0.06	0.09	0.05
2:40	0.06	0.08	0.05
2:50	0.06	0.08	0.05
3:00	0.06	0.08	0.05

Fuente: (Autores).

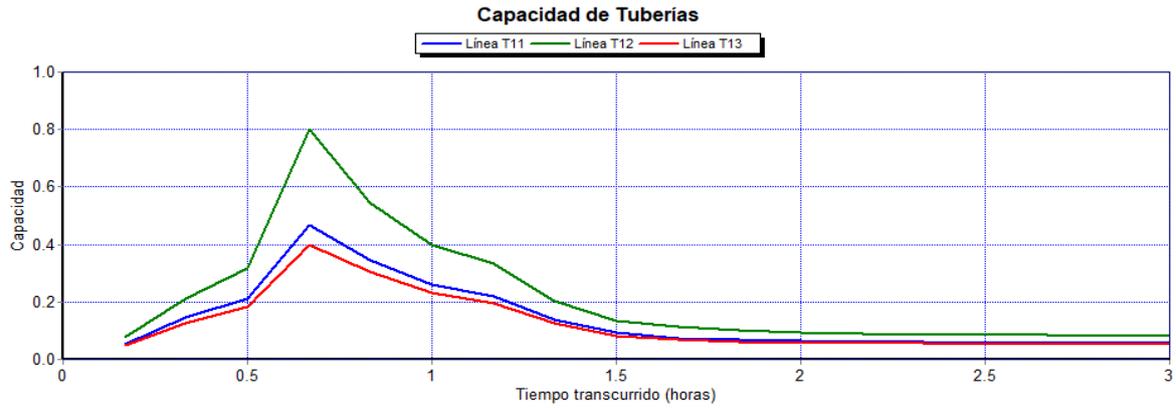


Figura 3. 29. Capacidad de las tuberías del tramo general en el período de retorno de 10 años por onda cinemática. Fuente: (Autores).

La tubería T13 presenta un incremento de 20% en su velocidad a los 40 minutos con respecto a la tubería inicial (T11) del tramo analizado previamente, como se observa en la Tabla 3.17 y Figura 3.28.

Tabla 3. 18. Velocidades de las tuberías T11, T12, T13 en el período de retorno de 10 años por onda cinemática.

Velocidades de tuberías (m/s)			
Tiempo transcurrido (h)	T11	T12	T13
0:10	1.21	0.82	1.49
0:20	2.30	1.47	2.72
0:30	2.88	1.90	3.45
0:40	4.39	2.69	5.27
0:50	3.82	2.52	4.64
1:00	3.27	2.18	3.96
1:10	2.96	1.98	3.57
1:20	2.25	1.56	2.75
1:30	1.74	1.18	2.13
1:40	1.51	0.97	1.86
1:50	1.41	0.95	1.74
2:00	1.36	0.92	1.68
2:10	1.33	0.90	1.63
2:20	1.31	0.88	1.60
2:30	1.29	0.87	1.58
2:40	1.27	0.86	1.56
2:50	1.26	0.86	1.55
3:00	1.25	0.85	1.54

Fuente: (Autores).

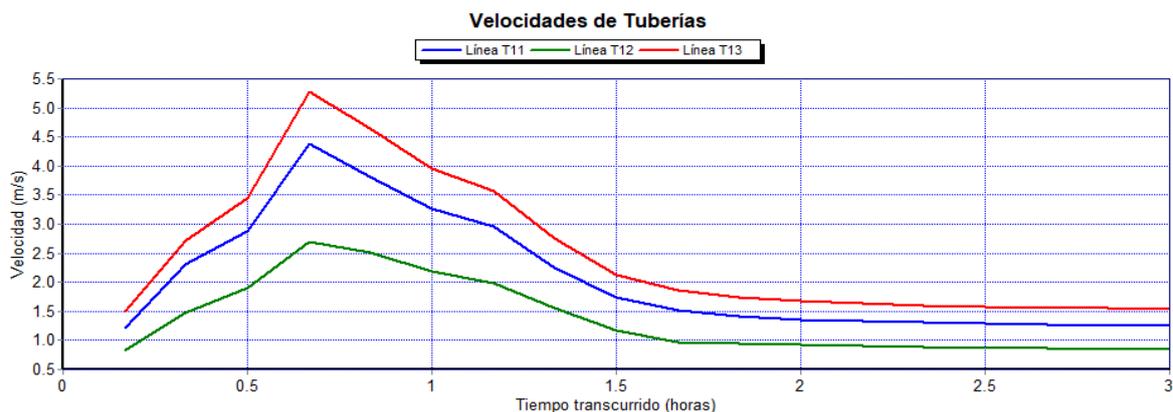


Figura 3. 30. Velocidades de las tuberías del tramo general en el período de retorno de 10 años por onda cinemática.

Fuente: (Autores).

Tabla 3. 19. Niveles de los pozos P11, P12 y P13 en el período de retorno de 10 años por onda cinemática.

Nivel de pozos (m)			
Tiempo transcurrido (h)	Nudo P11	Nudo P12	Nudo P13
0:10	0.05	0.07	0.07
0:20	0.13	0.19	0.19
0:30	0.19	0.29	0.28
0:40	0.42	0.73	0.71
0:50	0.31	0.49	0.49
1:00	0.23	0.36	0.36
1:10	0.20	0.30	0.30
1:20	0.12	0.18	0.19
1:30	0.08	0.12	0.12
1:40	0.07	0.10	0.10
1:50	0.06	0.09	0.09
2:00	0.06	0.09	0.08
2:10	0.05	0.08	0.08
2:20	0.05	0.08	0.08
2:30	0.05	0.08	0.08
2:40	0.05	0.08	0.08
2:50	0.05	0.07	0.07
3:00	0.05	0.07	0.07

Fuente: (Autores).

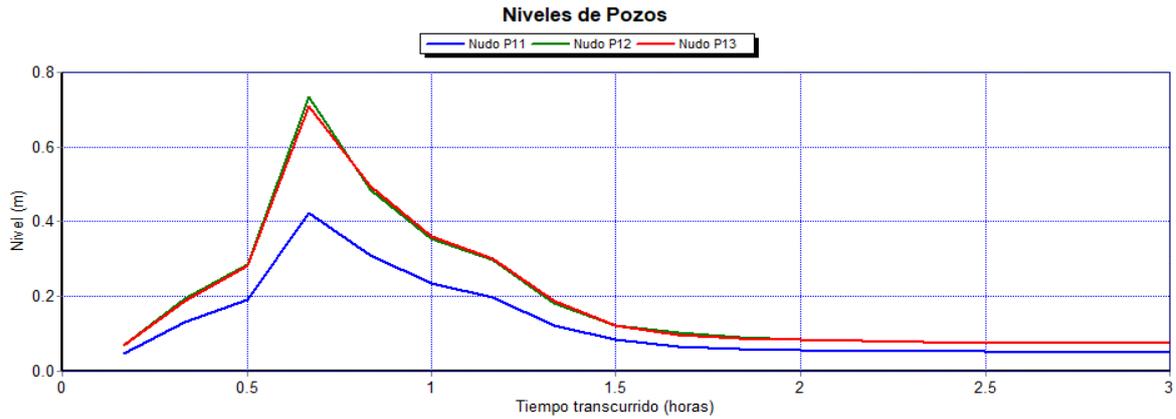


Figura 3. 31. Gráfico de los niveles de los pozos P11, P12 y P13 en el período de retorno de 10 años por onda cinemática.

Fuente: (Autores).

3.1.5. Simulación del escenario N° 5 - Período de retorno de 10 años (flujo dinámico)

El análisis a flujo dinámico tiene en cuenta diversos efectos hidráulicos, como el almacenamiento, los resaltos, las pérdidas en las entradas y salidas de los pozos, el flujo inverso y el flujo bajo presión. Debido a esto, la modelación utilizando el enfoque dinámico permite tener un panorama más completo del sistema de alcantarillado y es fundamental para realizar un estudio adecuado del sistema.

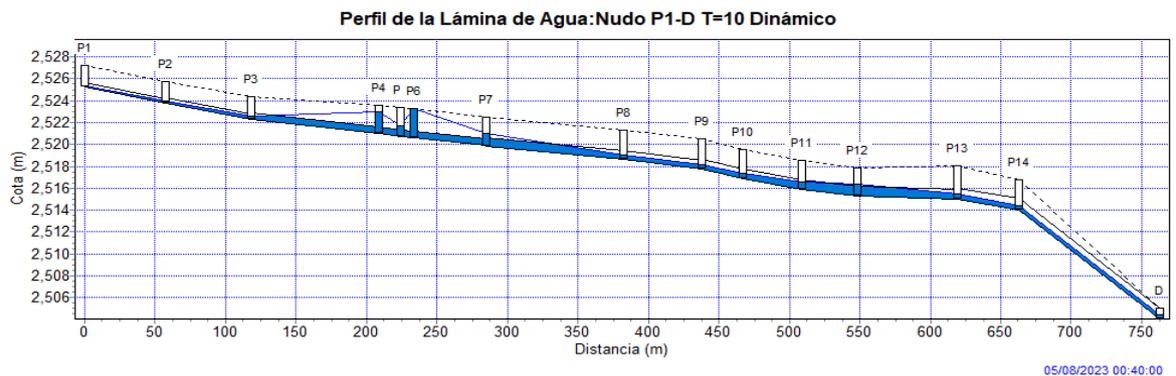


Figura 3. 32. Perfil hidráulico general del tramo analizado en el minuto 40 del periodo de retorno de 10 años por onda dinámica.

Fuente: (Autores).

En la siguiente modelación, los tramos T11, T12 y T13, que se analizaron previamente en términos de flujo laminar y flujo cinemático, no presentan problemas hidráulicos (Figura 3.30). Sin embargo, se observan otros segmentos que experimentan dificultades hidráulicas, ya que operan bajo presión y muestran un aumento en su altura piezométrica, como se ilustra en la Figura 3.33.

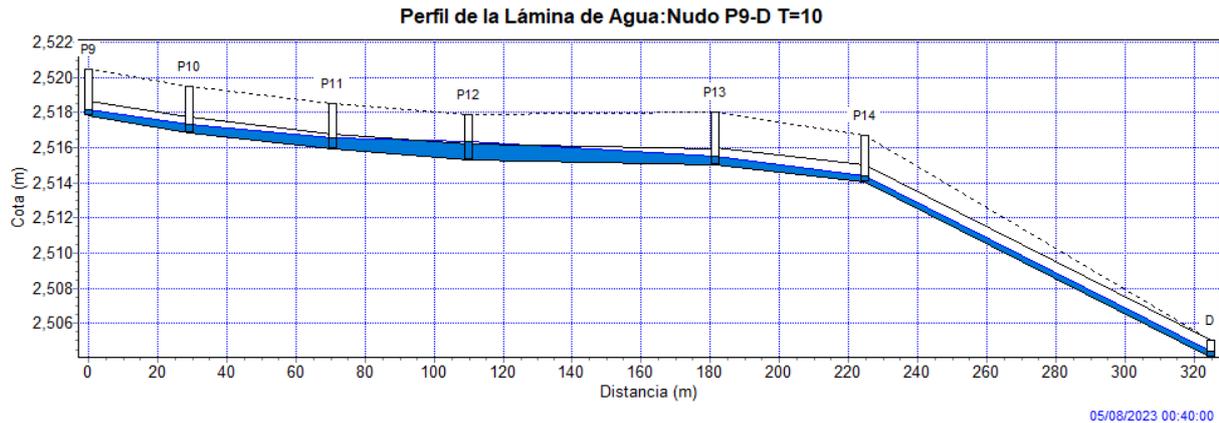


Figura 3. 33. Acercamiento del perfil hidráulico desde P9 hasta D en el minuto 40, periodo de retorno 10 años por onda dinámica.
Fuente: (Autores).

La Figura 3.33 muestra que el tramo T12 está operando al 80% de su capacidad. Este nivel de operación permite que el flujo se mantenga dentro de parámetros normales y el caudal circule de manera adecuada.

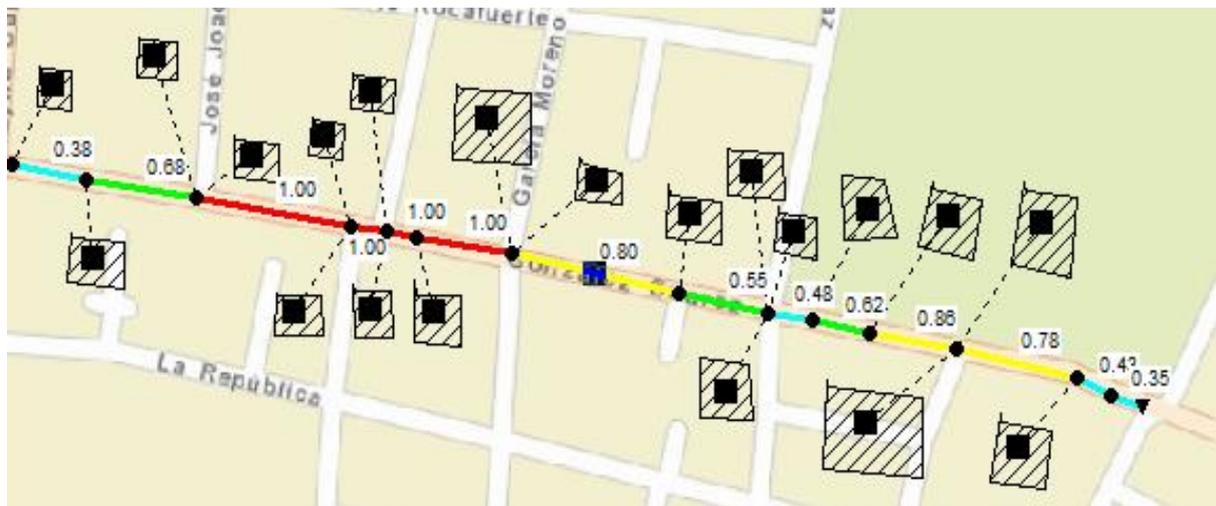


Figura 3. 34. Capacidad de las tuberías del tramo general en el período de retorno de 10 años por onda dinámica.
Fuente: (Autores).

Al minuto 60, se observa un notable aumento en el caudal dentro de la tubería T13 en comparación a los tramos anteriores. En este punto, el caudal alcanza un valor numérico de 5509,12 l/s.

Tabla 3. 20. Caudales de las Tuberías T11, T12 y T13 en el período de retorno de 10 años por onda dinámica.

Caudales de tuberías (l/s)			
Tiempo transcurrido (h)	T11	T12	T13
0:10	15.91	18.76	21.79
0:20	133.33	150.80	157.67
0:30	285.01	334.59	349.66
0:40	1576.97	2079.79	2004.47
0:50	2191.59	2472.30	2381.21
1:00	1976.74	1661.98	5509.12
1:10	1515.70	1445.00	787.48
1:20	1034.46	1602.67	2258.75
1:30	1158.93	1433.25	1329.41

Fuente: (Autores).

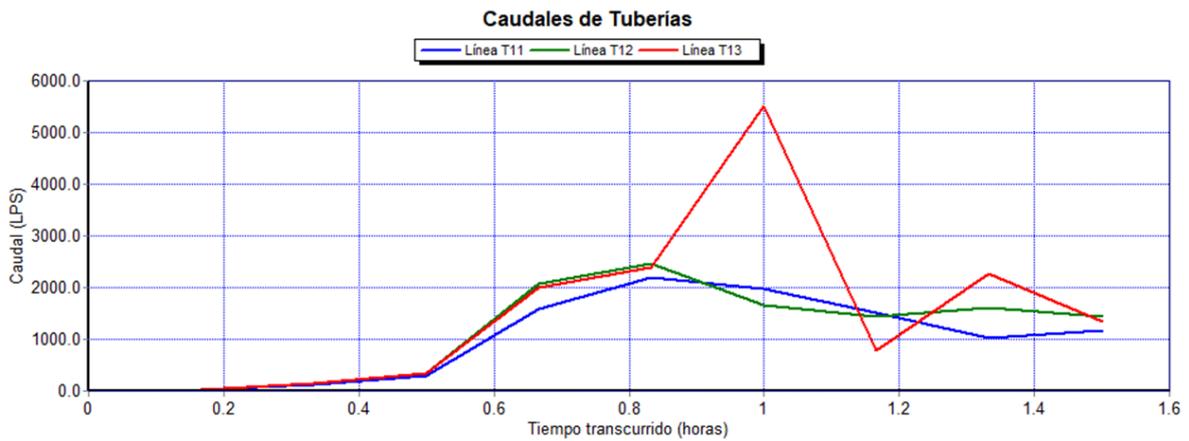


Figura 3. 35. Gráfico de los caudales de las tuberías T11, T12 y T13 en el período de retorno de 10 años por onda dinámica.

Fuente: (Autores).

Tabla 3. 21. Capacidad de las Tuberías T11, T12 y T13 en el período de retorno de 10 años por onda dinámica.

Capacidades de tuberías			
Tiempo transcurrido (h)	T11	T12	T13
0:10	0.07	0.07	0.05
0:20	0.18	0.18	0.12
0:30	0.27	0.27	0.17
0:40	0.86	0.78	0.43
0:50	1.00	0.79	0.46
1:00	1.00	1.00	1.00
1:10	0.68	0.54	0.34
1:20	0.56	0.67	0.44
1:30	0.60	0.61	0.35

Fuente: (Autores).

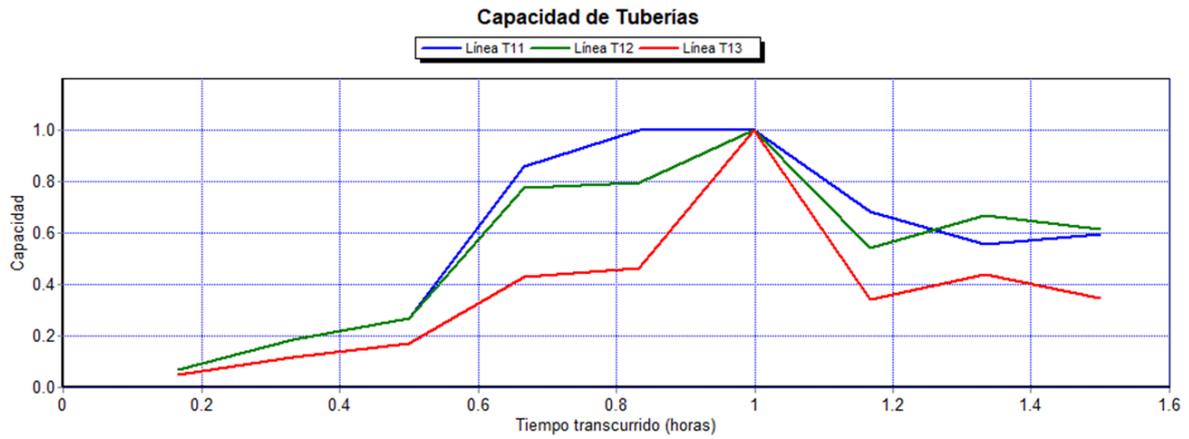


Figura 3. 36. Gráfico de la capacidad en las tuberías T11, T12 y T13 en el período de retorno de 10 años por onda dinámica.

Fuente: (Autores).

Tabla 3. 22. Velocidades de las Tuberías T11, T12 y T13 en el período de retorno de 10 años por onda dinámica.

Velocidades de tuberías (m/s)			
Tiempo transcurrido (h)	T11	T12	T13
0:10	0.86	0.98	1.62
0:20	1.66	1.88	3.05
0:30	2.10	2.45	3.87
0:40	2.71	3.92	6.25
0:50	3.44	4.56	6.71
1:00	3.11	2.61	7.01
1:10	3.27	4.13	3.35
1:20	2.83	3.54	6.79
1:30	2.93	3.51	5.48

Fuente: (Autores).

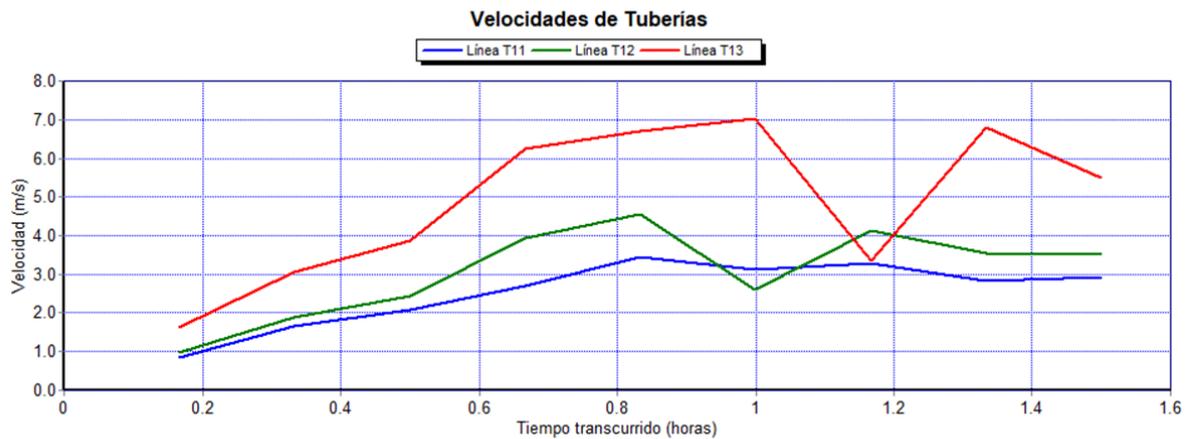


Figura 3. 37. Gráfico de las velocidades en las tuberías T11, T12 y T13 en el período de retorno de 10 años por onda dinámica.

Fuente: (Autores).

Tabla 3. 23. Niveles de los Pozos P11, P12 y P13 en el período de retorno de 10 años por onda dinámica.

Nivel de pozos (m)			
Tiempo transcurrido (h)	Nudo P11	Nudo P12	Nudo P13
0:10	0.0478	0.073	0.0505
0:20	0.1333	0.1982	0.1308
0:30	0.1919	0.2876	0.1915
0:40	0.71	1.0064	0.4896
0:50	1.0132	1.2416	0.556
1:00	0.9901	1.2991	1.038
1:10	0.5637	0.7104	0.2736
1:20	0.3586	0.6652	0.4969
1:30	0.4511	0.6333	0.3991

Fuente: (Autores).

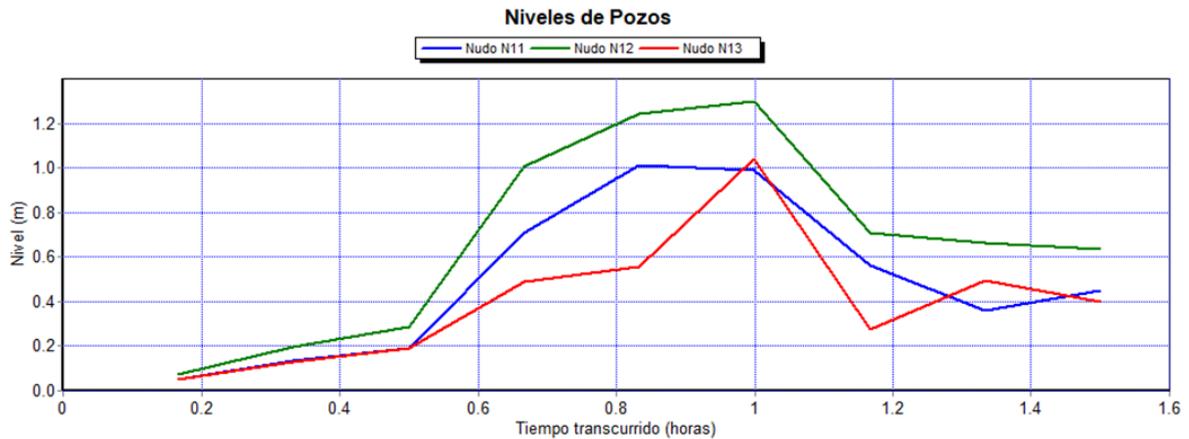


Figura 3. 38. Gráfico de los niveles en los pozos T11, T12 y T13 en el período de retorno de 10 años por onda dinámica.

Fuente: (Autores).

En la Figura 3.38 se puede observar que los pozos P4, P5, P6 y P7 están operando a presión en el minuto 40, lo que resulta en un aumento notable en su caudal y capacidad. A pesar de que, en condiciones normales, se esperaría que el nivel del pozo disminuya al manejar un mayor caudal bajo presión, el pozo P4 presenta un desbordamiento. En estos tramos se alcanza el 100% de su capacidad, lo que provoca que el caudal se estanque y retroceda en los pozos de entrada impidiendo su circulación normal.

La altura piezométrica se encuentra más alta en el pozo P4 y P6, por esta razón los caudales de los tubos T3, T4 y T5 tienen un valor negativo lo que indica que sus caudales están regresando (Ver Figura 3.39 y Tabla 3.24).

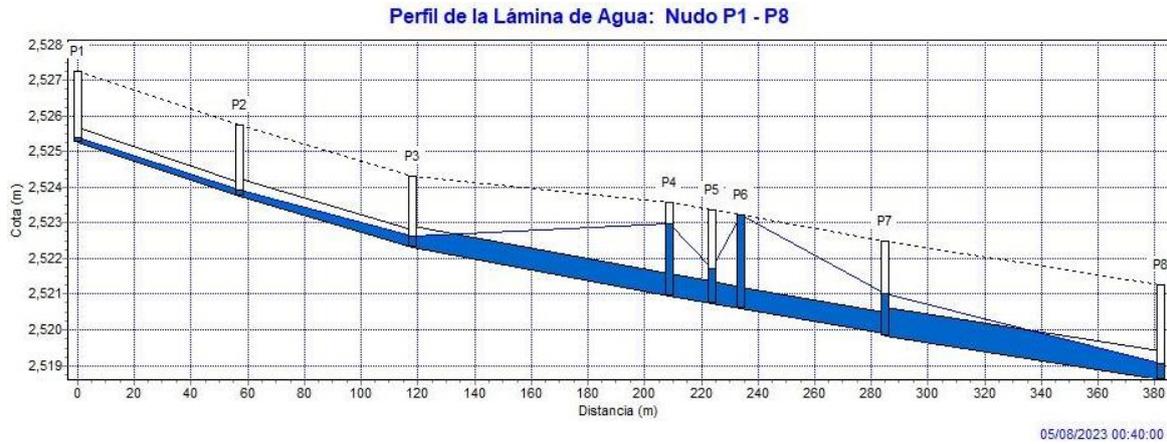


Figura 3. 39. Acercamiento del perfil hidráulico desde P1 hasta P8 en el minuto 40, periodo de retorno 10 años por onda dinámica.

Fuente: (Autores).

Tabla 3. 24 .Caudales de Tuberías T3, T4, T5, T6, T7 en el período de retorno de 10 años por onda dinámica.

Caudales de tuberías (l/s)					
Tiempo transcurrido (h)	T3	T4	T5	T6	T7
0:10	1.05	2.37	3.72	5.15	6.86
0:20	39.21	44.96	58.41	67.47	90.99
0:30	87.22	98.99	124.71	144.54	200.24
0:40	626.59	-2391.97	4749.14	1950.59	1681.43
0:50	252.88	-1778.21	3062.16	1673.62	1559.88
1:00	163.01	-256.47	-641.69	1491.98	1716.79
1:10	-313.47	2304.87	720.96	1532.57	1875.24
1:20	94.77	-3060.93	4776.64	1893.58	1510.92
1:30	12.25	-4804.00	8308.87	1273.30	1672.78

Fuente: (Autores).

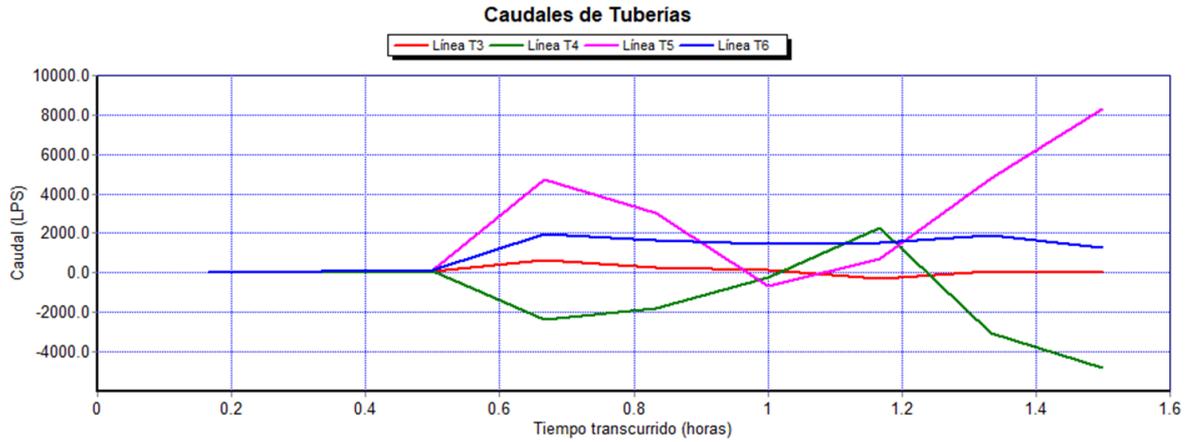


Figura 3. 40. Gráfico de los caudales de las tuberías T3, T4, T5, T6 por onda dinámica.
Fuente: (Autores).

En la modelación se observa que el 28,5% de los tramos trabajan a una capacidad de 100% en el minuto 40 representados en los tramos T3, T4, T5, T6 como lo muestra la Tabla 3.25

Tabla 3. 25. Capacidad de Tuberías T3, T4, T5, T6, T7 en el período de retorno de 10 años por onda dinámica.

Capacidad de tuberías					
Tiempo transcurrido (h)	T3	T4	T5	T6	T7
0:10	0.03	0.04	0.05	0.05	0.05
0:20	0.15	0.16	0.18	0.18	0.15
0:30	0.21	0.23	0.25	0.26	0.22
0:40	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80
0:50	0.73	1.00	1.00	0.85	0.69
1:00	0.22	0.58	1.00	1.00	0.77
1:10	0.78	1.00	1.00	1.00	0.91
1:20	0.61	1.00	1.00	1.00	0.74
1:30	0.54	1.00	1.00	1.00	0.72

Fuente: (Autores).

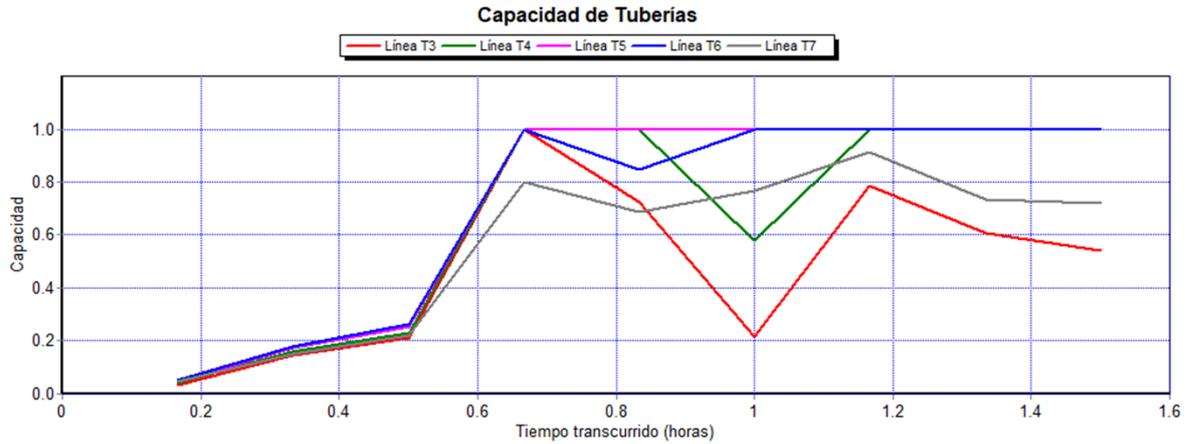


Figura 3. 41. Gráfico de la capacidad de las tuberías T3, T4, T5, T6 por onda dinámica.
Fuente: Autores).

Debido a la altura piezométrica registrada en el pozo P4, se produce un aumento drástico en la velocidad del flujo en el tramo T5 con un valor numérico de 16,8 m/s lo que indica que existe un empozamiento, trabaja a presión y producto de esto causaría problemas en la tubería. Esto se debe a la presión generada por el caudal acumulado en el pozo de entrada.

Tabla 3. 26. Velocidades de Tuberías T3, T4, T5, T6, T7 en el período de retorno de 10 años por onda dinámica.

Velocidades de tuberías (m/s)					
Tiempo transcurrido (h)	T3	T4	T5	T6	T7
0:10	0.41	0.60	0.72	0.89	0.83
0:20	1.55	1.54	1.75	1.94	1.90
0:30	1.99	1.99	2.20	2.43	2.41
0:40	2.22	-8.46	16.80	6.90	3.91
0:50	1.15	-6.29	10.83	6.56	4.24
1:00	3.58	-1.51	-2.27	5.28	4.15
1:10	-1.32	8.15	2.55	5.42	3.90
1:20	0.53	-10.83	16.89	6.70	3.81
1:30	0.08	-16.99	29.39	4.50	4.31

Fuente: (Autores).

Tabla 3. 27. Niveles de pozo de los pozos P4, P5, P6, P7 en el período de retorno de 10 años por onda dinámica.

Nivel de pozos (m)				
Tiempo transcurrido (h)	Nudo P4	Nudo P5	Nudo P6	Nudo P7
0:10	0.0222	0.0268	0.0316	0.0346
0:20	0.0906	0.1004	0.1096	0.1196
0:30	0.1318	0.1452	0.1589	0.1753
0:40	2.0135	0.9606	2.64	1.1704
0:50	1.2283	0.6	2.64	0.8243
1:00	1.2303	-9.4756	1.5148	0.0182
1:10	1.2723	0.6	2.64	0.7295
1:20	0.6	-13.0349	2.4905	0.4625
1:30	0.8378	-8.2062	1.0398	0.7356

Fuente: (Autores).

3.1.6 Comparación de los períodos de retorno de 3,5 y 10 años

Se realiza una comparación de los caudales de los periodos de retorno de tres, cinco y diez años para poder ver las diferentes condiciones de caudal, capacidad y velocidad respectivamente. Estos cambios se deben a la condicionante Precipitación - tiempo de las diferentes lluvias de diseño de los períodos mencionados.

En la tabla 3.28 se observa un aumento del caudal de la tubería T12 de 13.5% para el período de 5 años y 21,5% en el período de 10 años. Además, se destaca que los caudales más altos se observan en el minuto 40 y en la tubería T13 (Ver Figura 3.44).

Tabla 3. 28. Comparación de caudales con períodos de retorno de 3, 5, 10 años

Tiempo transcurrido (h)	Caudales de tuberías (l/s)								
	3 años			5 años			10 años		
	T11	T12	T13	T11	T12	T13	T11	T12	T13
0:10	16.08	19.04	22.160	16.08	19.04	22.16	16.08	19.04	22.16
0:20	108.09	125.25	133.713	129.58	150.25	159.90	156.72	181.87	193.01
0:30	228.52	267.19	281.531	262.90	307.50	323.57	307.41	359.65	377.97
0:40	1024.41	1197.88	1253.344	1183.64	1384.14	1447.82	1383.80	1525.05	1599.03
0:50	521.03	611.79	639.922	588.60	691.24	722.67	679.28	797.83	833.71
1:00	300.48	353.81	370.609	346.45	407.86	426.89	403.30	474.75	496.52

Fuente: (Autores).

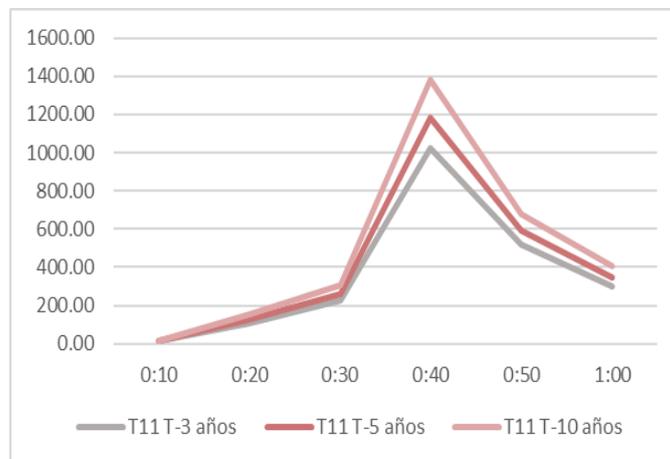


Figura 3. 42. Gráfico de los caudales de las tuberías T11 para 3,5,10 años.

Fuente: (Autores).

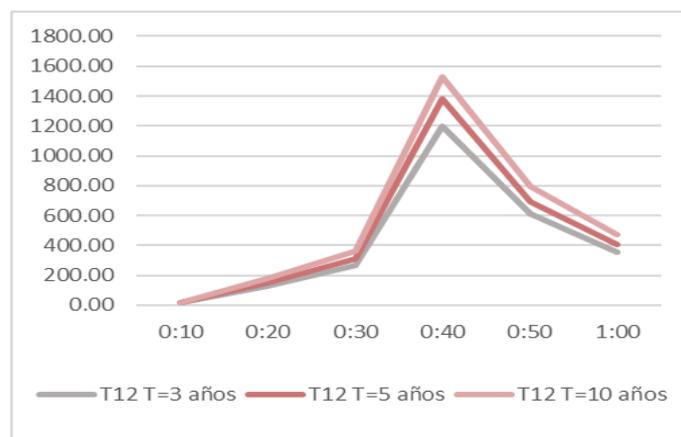


Figura 3. 43 Gráfico de los caudales de las tuberías T12 para 3,5,10 años.

Fuente: (Autores).

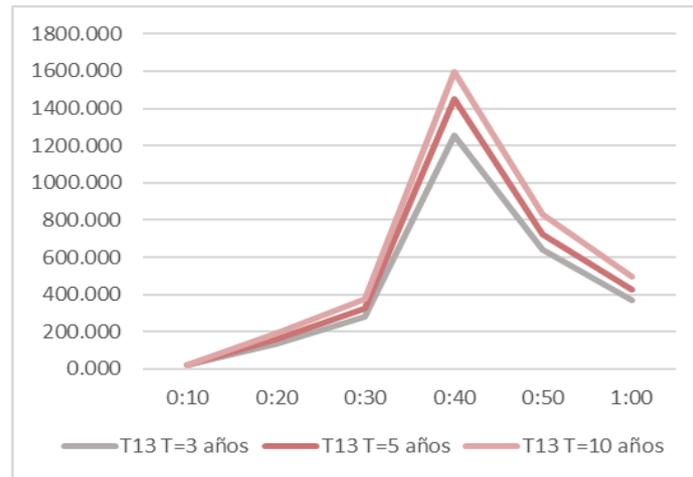


Figura 3. 44. Gráfico de los caudales de las tuberías T13 para 3,5,10 años.
Fuente: (Autores).

En la tabla 3.28 se aprecia que la tubería T12 tiene un incremento significativo en el período de retorno de 10 años al minuto 40, llegando al 100% de su capacidad. Este es el momento en el que la tubería experimenta una falla, lo que resulta en pérdidas de caudal y un aumento en el nivel del pozo P11.

Tabla 3. 29. Comparación de la capacidad para períodos de retorno de 3, 5, 10 años

Tiempo transcurrido (h)	Capacidad de tuberías (l/s)								
	3 años			5 años			10 años		
	T11	T12	T13	T11	T12	T13	T11	T12	T13
0:10	0.05	0.08	0.050	0.05	0.08	0.05	0.05	0.08	0.05
0:20	0.13	0.19	0.116	0.14	0.21	0.13	0.16	0.23	0.14
0:30	0.19	0.28	0.168	0.20	0.30	0.18	0.22	0.33	0.19
0:40	0.41	0.67	0.356	0.45	0.75	0.38	0.49	1.00	0.41
0:50	0.29	0.44	0.251	0.31	0.47	0.27	0.33	0.51	0.29
1:00	0.22	0.33	0.191	0.23	0.35	0.21	0.25	0.38	0.22

Fuente: (Autores).

En la tabla 3.30 se puede observar que las diferencias en las velocidades entre 3 y 5 años son mínimas. Sin embargo, para el período de 10 años, se produce un salto significativo a partir del

minuto 40, alcanzando valores numéricos por encima del valor recomendado para el diseño de alcantarillado dicho valor es de 5 l/s. Esto podría ocasionar problemas en las juntas de las tuberías (Ver Figura 3.47).

Se observa que en la tubería T12, al minuto 40 de simulación, hay un aumento del 8,3% del caudal entre el flujo cinemático y el flujo laminar, un 13,74% entre el flujo dinámico y el flujo laminar, y un 20% entre el flujo dinámico y el flujo cinemático. Este aumento es superior en el flujo dinámico debido a que, al trabajar a presión, permite transportar más caudal a través de la misma tubería.

Tabla 3. 30. Comparación de velocidades para períodos de retorno de 3, 5, 10 años

Tiempo transcurrido (h)	Velocidades de tuberías (l/s)								
	3 años			5 años			10 años		
	T11	T12	T13	T11	T12	T13	T11	T12	T13
0:10	1.21	0.82	1.49	1.21	0.82	1.49	0.86	0.98	1.62
0:20	2.42	1.61	2.92	2.30	1.47	2.72	1.66	1.88	3.05
0:30	2.95	1.96	3.55	2.88	1.90	3.45	2.10	2.45	3.87
0:40	4.49	2.40	5.35	4.39	2.69	5.27	2.78	3.92	6.26
0:50	3.71	2.42	4.45	3.82	2.52	4.64	3.02	3.85	6.42
1:00	3.20	2.11	3.84	3.27	2.18	3.96	0.00	2.31	5.37

Fuente: (Autores).

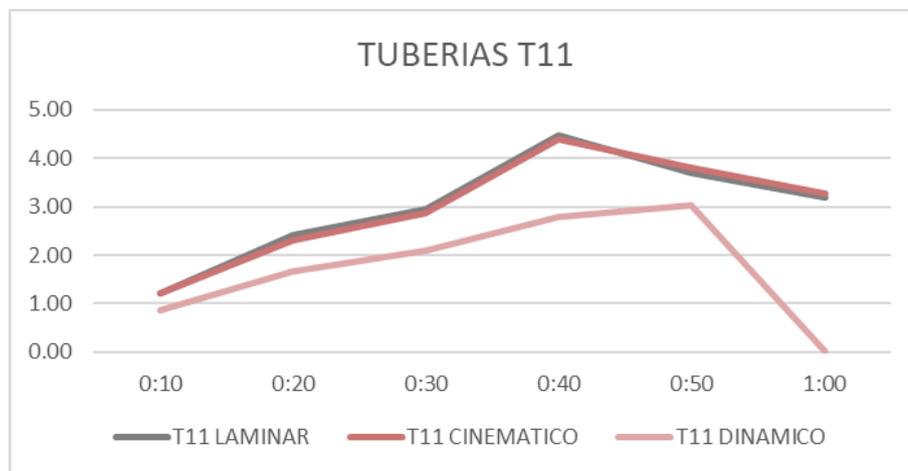


Figura 3. 45. Gráfico de las velocidades de las tuberías T11 para 3,5,10 años.

Fuente: (Autores).

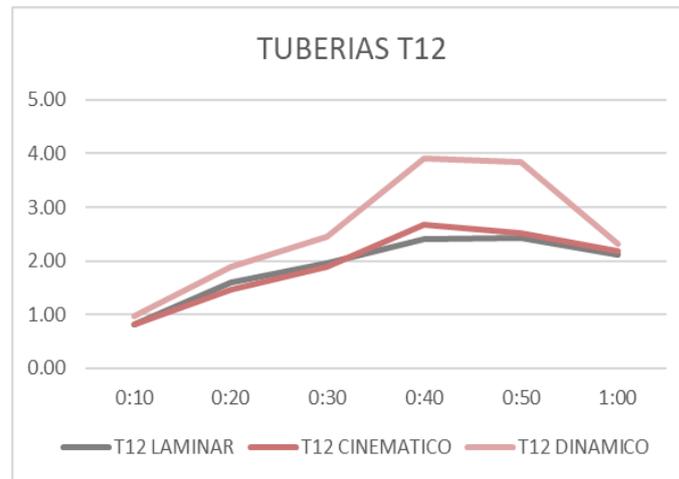


Figura 3. 46. Gráfico de las velocidades de las tuberías T12 para 3,5,10 años.
Fuente: (Autores).

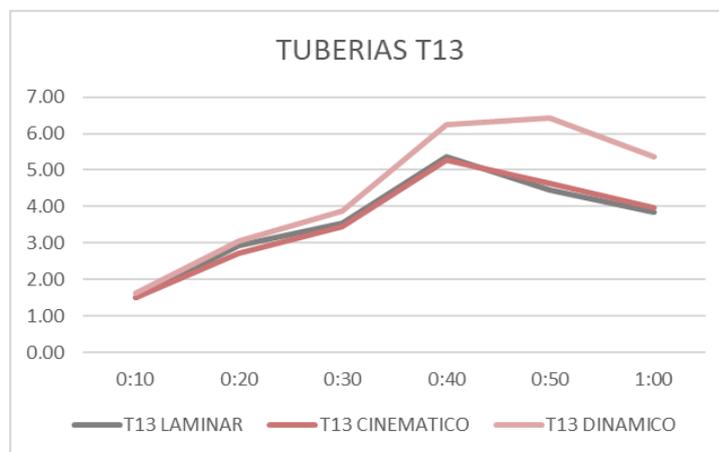


Figura 3. 47. Gráfico de las velocidades de las tuberías T13 para 3,5,10 años.
Fuente: (Autores).

3.1.7 Comparación de resultados a Flujo Laminar, Onda Cinemática y Onda Dinámica.

Se observa que en la tubería T12, al minuto 40 de simulación, hay un aumento del 8,3% del caudal entre el flujo cinemático y el flujo laminar, un 13,74% entre el flujo dinámico y el flujo laminar, y un 20% entre el flujo dinámico y el flujo cinemático. Este aumento es superior en el flujo dinámico debido a que, al trabajar a presión, permite transportar más caudal a través de la misma tubería.

Tabla 3. 31. Comparación de caudales de las tuberías T11, T12, T13 a Flujo laminar, Onda cinemática y Onda dinámica.

Caudales de tuberías (l/s)									
Tiempo transcurrido (h)	Flujo Laminar			Flujo Cinemático			Flujo Dinámico		
	T11	T12	T13	T11	T12	T13	T11	T12	T13
0:10	16.08	19.04	22.16	16.02	18.90	21.97	15.91	18.76	21.79
0:20	156.72	181.87	193.01	131.41	145.12	153.87	133.33	150.80	157.67
0:30	307.41	359.65	377.97	282.44	327.99	343.09	285.01	334.59	349.66
0:40	1383.80	1525.05	1599.03	1282.87	1468.18	1531.06	1604.37	2079.96	2011.90
0:50	679.28	797.83	833.71	746.35	891.91	938.65	1780.56	2104.60	2201.08
1:00	403.30	474.75	496.52	431.28	516.09	543.29	0.00	525.74	915.43

Fuente: (Autores).

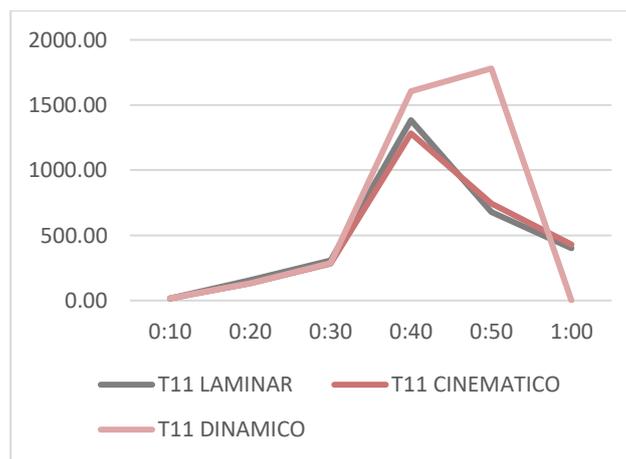


Figura 3. 48. Gráfico de los caudales de las tuberías T11 para Flujo laminar, Onda cinemática y Onda dinámica. Fuente: (Autores).

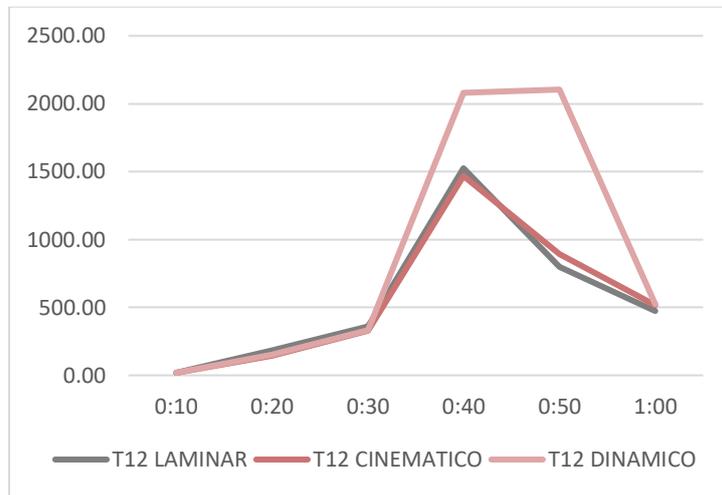


Figura 3. 49. Gráfico de los caudales de las tuberías T12 para Flujo laminar, Onda cinemática y Onda dinámica. Fuente: (Autores).

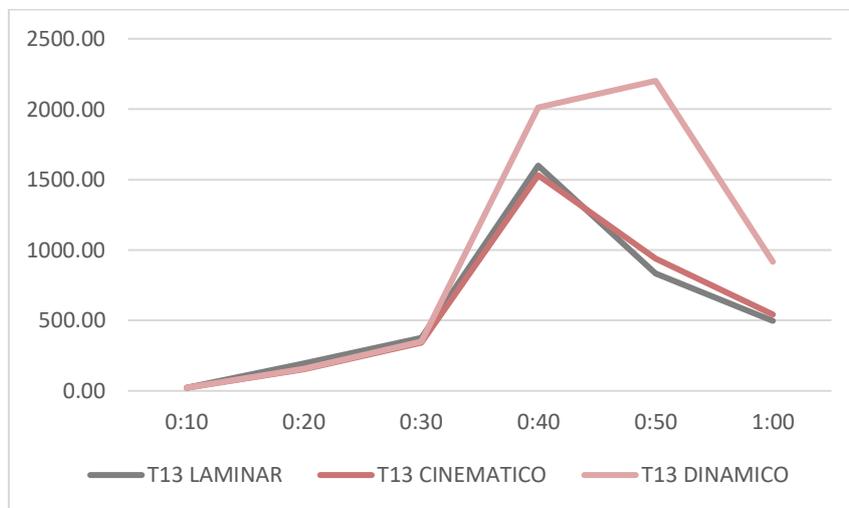


Figura 3. 50. Gráfico de los caudales de las tuberías T13 para Flujo laminar, Onda cinemática y Onda dinámica. Fuente: (Autores).

Tabla 3. 32. Comparación de la Capacidad de las tuberías T11, T12, T13 a Flujo laminar, Onda cinemática y Onda dinámica.

Capacidad de tuberías (l/s)									
Tiempo transcurrido (h)	Flujo Laminar			Flujo Cinemático			Flujo Dinámico		
	T11	T12	T13	T11	T12	T13	T11	T12	T13
0:10	0.05	0.08	0.05	0.05	0.08	0.05	0.07	0.07	0.05
0:20	0.16	0.23	0.14	0.15	0.21	0.12	0.18	0.18	0.12
0:30	0.22	0.33	0.19	0.21	0.32	0.18	0.27	0.27	0.17
0:40	0.49	1.00	0.41	0.47	0.80	0.40	0.85	0.78	0.43
0:50	0.33	0.51	0.29	0.35	0.54	0.30	0.87	0.80	0.45
1:00	0.25	0.38	0.22	0.26	0.40	0.23	0.20	0.39	0.27

Fuente: (Autores).

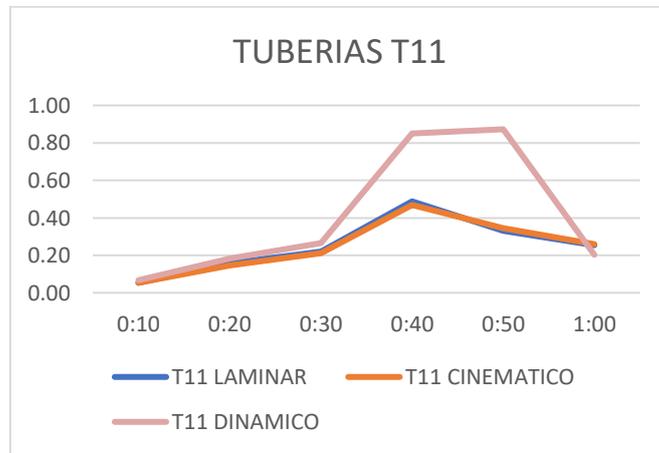


Figura 3. 51. Gráfico de los caudales de las tuberías T11 para Flujo laminar, Onda cinemática y Onda dinámica. Fuente: (Autores).

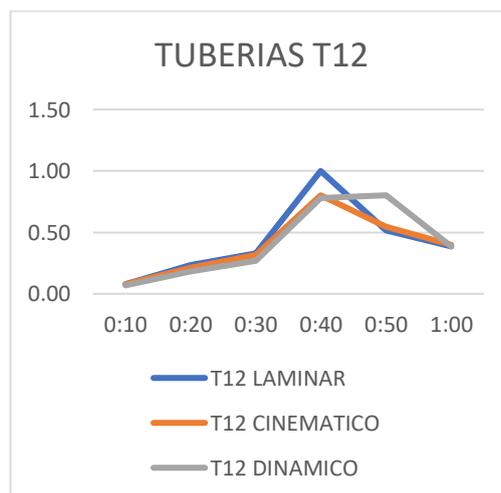


Figura 3. 52. Gráfico de los caudales de las tuberías T12 para Flujo laminar, Onda cinemática y Onda dinámica. Fuente: (Autores).

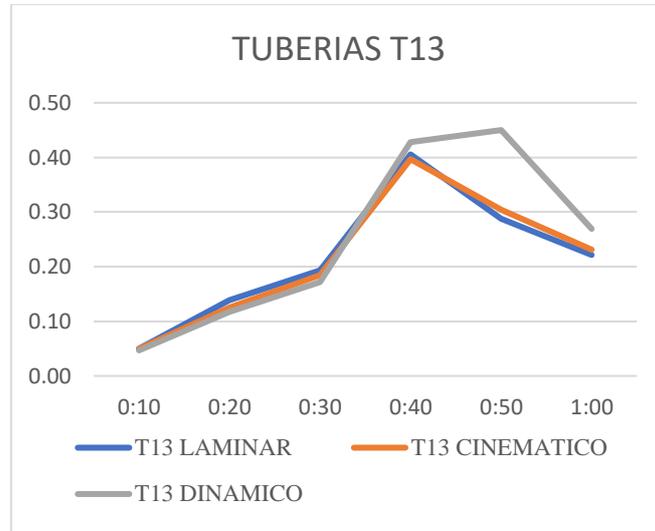


Figura 3. 53. Gráfico de los caudales de las tuberías T13 para Flujo laminar, Onda cinemática y Onda dinámica. Fuente: (Autores).

Las velocidades en el flujo laminar y el flujo cinemático muestran una diferencia mínima. No obstante, la velocidad en el flujo dinámico aumenta un 15% con respecto al Flujo laminar y el Flujo dinámico.

Tabla 3. 33. Comparación de Velocidades de las tuberías T11, T12, T13 a Flujo laminar, Onda cinemática y Onda dinámica.

Tiempo transcurrido (h)	Velocidades de tuberías (l/s)								
	Flujo Laminar			Flujo Cinemático			Flujo Dinámico		
	T11	T12	T13	T11	T12	T13	T11	T12	T13
0:10	1.21	0.82	1.49	1.21	0.82	1.49	0.86	0.98	1.62
0:20	2.42	1.61	2.92	2.30	1.47	2.72	1.66	1.88	3.05
0:30	2.95	1.96	3.55	2.88	1.90	3.45	2.10	2.45	3.87
0:40	4.49	2.40	5.35	4.39	2.69	5.27	2.78	3.92	6.26
0:50	3.71	2.42	4.45	3.82	2.52	4.64	3.02	3.85	6.42
1:00	3.20	2.11	3.84	3.27	2.18	3.96	0.00	2.31	5.37

Fuente: (Autores).

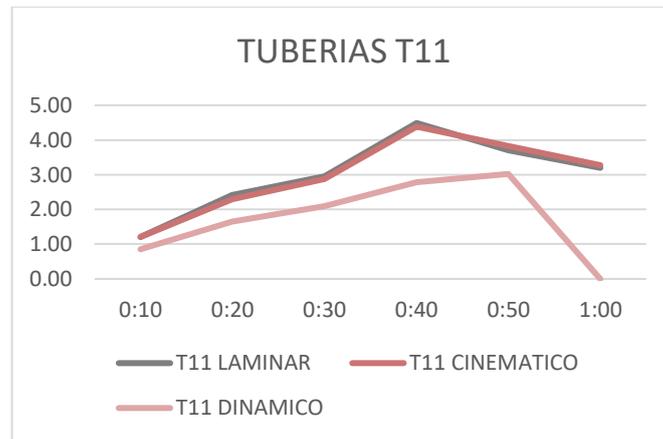


Figura 3. 54. Gráfico de las velocidades de las tuberías T11 para Flujo laminar, Onda cinemática y Onda dinámica. Fuente: (Autores).

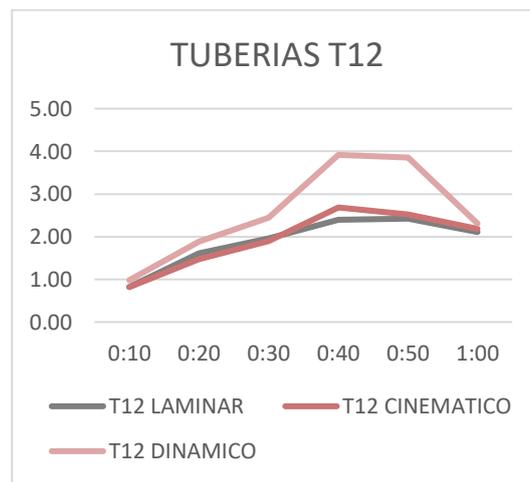


Figura 3. 55. Gráfico de las velocidades de las tuberías T12 para Flujo laminar, Onda cinemática y Onda dinámica. Fuente: (Autores).

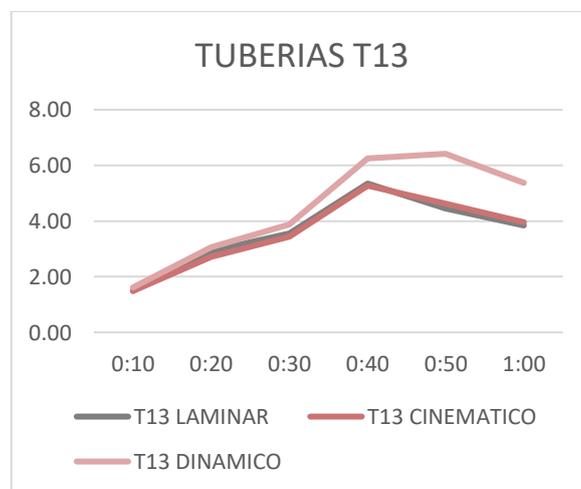


Figura 3. 56. Gráfico de las velocidades de las tuberías T13 para Flujo laminar, Onda cinemática y Onda dinámica. Fuente: (Autores).

CONCLUSIONES

El actual trabajo contiene la modelación hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario de la zona comprendida en la Av. Gonzales Suárez iniciando desde la Av. Huayna Cápac hasta la Av. Guapondelig. El tramo está comprendido por 14 pozos y 14 tramos, los mismos que fueron analizados por los métodos de Flujo uniforme, Onda Cinemática, Onda Dinámica para periodos de retorno de tres, cinco y diez años.

En el capítulo I se recolectó una base de datos referente al área de estudio como información demográfica, catastral y geográfica, necesaria para posteriormente realizar los diferentes mapas de ubicación, delimitación de áreas de aporte, entre otros. (ETAPA VER AÑO)

Adicionalmente, se desarrollaron conceptos relevantes para la investigación en torno a las características de las tuberías, el software de cálculo y varios criterios para la modelación y evaluación del sistema de alcantarillado.

Además, mediante el software EPA SWMM, en el segundo capítulo se desarrollaron los modelos hidráulicos del área de estudio mencionada la misma que abarca 8.32 Ha. El capítulo presenta un proceso explicativo de como ingresar la información al software para una adecuada modelación del tramo que tiene una longitud total de 662.87m. Durante las simulaciones realizadas se pudo determinar cuáles son los pozos que eventualmente se inundan y los tramos con falta de capacidad hidráulica.

En el capítulo III se muestran los resultados de los diferentes períodos de retorno determinando un evento desfavorable en unos de los tramos en el período de retorno de diez años, el cual posteriormente fue analizado por los tres métodos mencionados.

RECOMENDACIONES

Se recomienda estudiar la posibilidad de reforzar los tramos comprendidos entre la tubería T3 a la T6 ya que el sistema para lluvias con período de retorno de 10 años funciona a presión.

El análisis que se hizo del tramo P1-D se podría completar al modelo de esta tesis añadiendo los tramos adicionales con el cual se puede mejorar la precisión del cálculo.

Dados que los resultados de los tres métodos de modelación arrojan valores distintos para la evaluación del evento más desfavorable. Se deberían hacer las tres simulaciones para poder identificar todos los problemas que se puedan presentar en el sistema de alcantarillado.

BIBLIOGRAFÍA

- United States Environmental Protection Agency. (2015). Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1. En L. A. Rossman, *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1* (pág. 12). Cincinnati, OH 45268: Environmental Scientist, Emeritus.
- Aldás, J. (2011). *Diseño del alcantarillado sanitario y pluvial y tratamiento de aguas servidas de 4 lotizaciones unidas (varios propietarios), del cantón El Carmen. Pontificia Universidad Católica del Ecuador*. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/2650>
- Butler, D y Davies, J. (2004). *Drenaje urbano*. Spon Press.
<https://vannpiseth.files.wordpress.com/2015/07/urban-drainage-butler.pdf>
- Cabrera, R. (2020). *Modelización hidráulica de una red de alcantarillado con EPA SWMM 5.1*. Universidad Técnica de Machala.
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15405/1/ECFIC-2020-IC-DE-00004.pdf>
- Caiuinagua, J. (2020). *Modelación Hidráulica en 2D del Tramo Calle Ciudad de Cuenca (Puente de Misicata) – Av. De las Américas, del Río Yanuncay*. Universidad del Azuay.
<https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/9639>
- Centro Iberoamericano de Desarrollo Estratégico Urbano. (2023). *Cuenca*.
<https://www.cideu.org/miembro/cuenca/>
- Comisión Estatal de Aguas. (2010). *Normas y lineamientos técnicos para las instalaciones de agua potable, agua tratada, alcantarillado sanitario y pluvial de los fraccionamientos y condominios de las zonas urbanas del estado de Querétaro*.
<https://es.scribd.com/document/344074730/NORMAS-Comision-estatal-de-aguas-queretaro>
- Comisión Nacional del Agua. (2019). *Alcantarillado Sanitario*. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.
https://www.geografica.com.mx/img/Normatividad/CONAGUA/SGAPDS-1-15-Libro20_ALCANTARILLADO_SANITARIO.pdf
- Empresa Pública Municipal de Teléfonos, Agua Potable y Alcantarillado. (2023). *Saneamiento*.
<https://www.etapa.net.ec/informacion/saneamiento>
- Empresas Públicas de Medellín. (2009). *Normas de diseño de Sistemas de Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín*.
https://cu.epm.com.co/Portals/proveedores_y_contratistas/proveedores-y-contratistas/normas-tecnicas/documentos/normas-diseno-alcantarillado.pdf
- GAD Municipal de Cuenca. (2023). Geoportal Web. <http://ide.cuenca.gob.ec/geoportal-web/viewer.jsf>
- Google Earth. (2023). <https://earth.google.com/web/search/cuenca>
- Instituto Geográfico Militar. (2011). Geoportal IGM. *Cartografía Regional*.
<https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/descargas/cartografia-de-libre-acceso/>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (s.f.). *Código ecuatoriano de la construcción*. C.E.C. Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a mil habitantes (Vol. primera Edición). Quito, Ecuador. Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5-parte9-1.pdf
- Mélice, J. L. y C. J. C. Reason (2007), "Período de retorno de lluvias extremas en George, Sudáfrica ". Revista de Ciencia Sudafricana, vol. 103, nos. 11–12, pp. 499–501.
- Morocho, M y Rivera, M. (2018). *Evaluación y comparación del funcionamiento hidráulico de los colectores de las calles "Mariscal Sucre" y "Av. de los Cerezos" mediante las metodologías*

de Análisis Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica". Universidad del Azuay.
<https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8411>

Osío Yépez, M. G., Valencia Ventura, F. F., Guevara, E., y Cartaya, H. (2000). *Cálculo del coeficiente de rugosidad "n" de Manning en los grandes ríos de Venezuela*. Revista INGENIERÍA UC, 7(2), 0. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70770202>

Sistema Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado. (2014). *Alcantarillado Sanitario*. Criterios y lineamientos técnicos para factibilidades.
https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_3._alcantarillado_sanitario.pdf

Vega, L. (2015). *Sistemas de control de escorrentía pluvial en ciudades: Techos verdes vs. Tanques de almacenamiento*. Universidad de los Andes.

Weather Sparks. (2023). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Cuenca*.
<https://es.weatherspark.com/y/19348/Clima-promedio-en-Cuenca-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Anexo 3. Cálculo de la altura de los pozos de alcantarillado.

Δt (min)	Cota Tapa i	h_i	Cota Fondo i	Cota Fondo f	Cota Tapa f	h_f
0.45479685	2527.67	1.8	2525.87	2523.75323	2525.75	2.00
0.48168611	2525.75	2.00	2523.75	2522.30154	2524.31	2.01
0.70075383	2524.31	2.01	2522.30	2520.96825	2523.58	2.61
0.11393073	2523.58	2.61	2520.97	2520.74025	2523.35	2.61
0.06566861	2523.35	2.61	2520.74	2520.6	2523.2	2.64
0.36284605	2523.20	2.64	2520.56	2519.880	2522.484	2.60
0.64985213	2522.48	2.60	2519.87961	2518.6	2521.28	2.66
0.34901188	2521.28	2.66	2518.62	2517.79391	2520.51	2.72
0.13561343	2520.51	2.72	2517.79391	2516.857	2519.51	2.65
0.21124771	2519.51	2.65	2516.86	2515.91	2518.51	2.60
0.23142764	2518.51	2.60	2515.90682	2515.32	2517.89	2.57
0.46587245	2517.89	2.57	2515.31882	2515	2517.7	3.02
0.25152668	2517.70	3.02	2514.68	2514.06	2516.74	2.68

Anexo 4. Constantes para el cálculo de períodos de retorno.

PERIODO DE RETORNO (T)	VALORES DE LAS CONSTANTES PARA $t \leq 60$ min		
	A	B	C
3	537.9	0.704	4.72
5	525.7	0.671	3.56
10	551.7	0.651	2.98

Anexo 5. Valores de C para zonas urbanas.

AREA INDUSTRIALES			
DENSAS	0.6	0.75	0.9
ESPACIADAS	0.5	0.65	0.8
PARQUES, CEMENTERIOS	0.1	0.175	0.25
CAMPOS DE JUEGO	0.1	0.225	0.35
PATIOS DE FERROCARIL	0.2	0.3	0.4
ZONAS SUBURBANAS	0.1	0.2	0.3

CALLES			
ASFALTADAS	0.7	0.825	0.95
DE CONCRETOS HIDRÁULICO	0.8	0.875	0.95
ADOQUINADAS	0.7	0.775	0.85
ESTACIONAMIENTOS	0.75	0.8	0.85

Anexo 6. Áreas de aporte.

AREAS	METROS CUADRADOS
A1	5194.49
A2	4789.42
A3	4101.12
A4	6921.68
A5	282.23
A6	2248.55
A7	1002.92
A8	4683.39
A9	4419.49
A10	5680.5
A11	9053.06
A12	4512.84
A13	2065.14
A14	3837.06
A15	2851.06
A16	4046.57
A17	2337.16
A18	6011.2
A19	5768.59
A20	3386.55

Anexo 7. Velocidades del sistema de alcantarillado con un período de retorno de 3 años.

Velocidades de tuberías (l/s) T=3														
Tiempo transcurrido (h)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
0:10:00	0.00	0.43	0.56	0.70	0.82	0.89	0.89	1.01	1.42	1.32	1.21	0.82	1.49	2.09
0:20:00	1.27	1.44	1.52	1.57	1.75	1.79	1.81	1.96	2.56	2.47	2.17	1.45	2.62	3.41
0:30:00	1.67	1.91	1.94	2.00	2.20	2.24	2.30	2.49	3.42	3.07	2.71	1.8	3.24	4.4
0:40:00	2.62	2.99	3.05	3.08	3.36	3.41	3.55	3.82	5.31	4.77	4.15	2.65	5.01	6.77

0:50:00	2.16	2.45	2.53	2.55	2.79	2.85	2.96	3.19	4.36	3.94	3.43	2.27	4.14	5.6
1:00:00	1.83	2.07	2.15	2.17	2.38	2.43	2.52	2.72	3.68	3.36	2.94	1.95	3.53	4.76
1:10:00	1.64	1.86	1.92	1.96	2.15	2.20	2.29	2.47	3.37	3.03	2.67	1.77	3.19	4.31
1:20:00	1.12	1.28	1.32	1.29	1.51	1.56	1.64	1.78	2.39	2.11	1.78	1.29	2.24	3.15
1:30:00	0.82	0.94	1.03	1.07	1.19	1.22	1.31	1.43	1.94	1.77	1.58	1.07	1.91	2.63
1:40:00	0.70	0.82	0.87	0.93	1.05	1.10	1.15	1.27	1.73	1.61	1.43	0.92	1.76	2.41
1:50:00	0.62	0.74	0.79	0.86	0.99	1.04	1.09	1.20	1.63	1.52	1.37	0.9	1.69	2.3
2:00:00	0.56	0.68	0.75	0.82	0.94	1.00	1.03	1.15	1.58	1.46	1.33	0.89	1.64	2.25
2:10:00	0.52	0.64	0.71	0.79	0.91	0.98	1.00	1.12	1.54	1.43	1.31	0.87	1.6	2.21
2:20:00	0.48	0.61	0.68	0.77	0.89	0.97	0.98	1.10	1.52	1.41	1.29	0.87	1.58	2.18
2:30:00	0.45	0.59	0.66	0.76	0.88	0.95	0.96	1.08	1.5	1.39	1.27	0.86	1.56	2.17
2:40:00	0.41	0.57	0.65	0.75	0.87	0.94	0.95	1.07	1.49	1.38	1.26	0.85	1.55	2.15
2:50:00	0.39	0.55	0.63	0.75	0.86	0.93	0.94	1.06	1.48	1.37	1.25	0.85	1.54	2.14
3:00:00	0.36	0.54	0.62	0.74	0.85	0.92	0.93	1.05	1.48	1.36	1.25	0.85	1.53	2.14

Anexo 8. Caudales del sistema de alcantarillado con un período de retorno de 3 años.

Caudales de tuberías (l/s)														
Tiempo transcurrido (h)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
0:10:00	0.00	0.26	1.06	2.38	3.73	5.18	6.90	8.91	11.23	13.60	16.08	19.04	22.16	25.35
0:20:00	6.71	13.43	27.77	33.74	43.53	51.18	68.21	76.49	93.15	101.44	108.09	125.25	133.71	136.90
0:30:00	16.16	31.55	65.79	75.86	95.62	111.21	154.59	170.99	202.56	218.05	228.52	267.19	281.53	284.72
0:40:00	76.52	148.07	308.72	350.74	438.67	506.55	712.35	782.03	920.87	984.67	1024.41	1197.88	1253.34	1256.53
0:50:00	38.64	74.47	157.39	177.20	220.57	254.80	366.75	402.25	469.07	501.41	521.03	611.79	639.92	643.11
1:00:00	21.93	42.23	90.01	101.07	125.67	145.47	211.79	232.58	269.88	288.89	300.48	353.81	370.61	373.80
1:10:00	15.32	29.56	63.26	71.34	88.89	103.12	150.37	165.46	192.06	206.01	214.80	253.04	265.65	268.84
1:20:00	4.45	8.58	19.53	21.79	27.19	31.98	50.01	55.49	62.63	67.85	71.31	85.32	90.49	93.68
1:30:00	1.59	3.17	7.86	9.58	12.30	14.83	23.64	26.79	31.33	34.57	37.47	44.66	48.74	51.93
1:40:00	0.95	1.98	4.56	6.10	8.24	10.31	15.68	18.35	21.95	24.81	27.53	33.05	36.73	39.92
1:50:00	0.63	1.40	3.36	4.82	6.69	8.54	12.74	15.18	18.34	21.03	23.66	28.35	31.83	35.02
2:00:00	0.45	1.08	2.70	4.11	5.83	7.57	11.08	13.40	16.30	18.90	21.48	25.69	29.06	32.25
2:10:00	0.34	0.87	2.28	3.67	5.30	6.96	10.05	12.29	15.04	17.58	20.13	24.04	27.34	30.53

2:20:00	0.2 7	0.74	2.01	3.39	4.95	6.57	9.36	11.5 5	14.2 0	16.7 0	19.2 4	22.9 3	26.1 9	29.3 8
2:30:00	0.2 1	0.64	1.82	3.18	4.70	6.29	8.88	11.0 3	13.6 1	16.0 8	18.6 1	22.1 6	25.3 9	28.5 8
2:40:00	0.1 7	0.57	1.69	3.04	4.53	6.09	8.53	10.6 5	13.1 8	15.6 3	18.1 5	21.5 9	24.8 0	27.9 9
2:50:00	0.1 5	0.52	1.58	2.93	4.39	5.93	8.26	10.3 7	12.8 5	15.2 9	17.8 0	21.1 7	24.3 6	27.5 5
3:00:00	0.1 2	0.48	1.50	2.84	4.29	5.82	8.05	10.1 4	12.6 0	15.0 3	17.5 4	20.8 4	24.0 2	27.2 1

Anexo 9. Capacidad de las tuberías del sistema de alcantarillado con un período de retorno de 3 años.

Capacidad de tuberías (l/s) T=3														
Tiempo transcurrido (h)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
0:10:00	0	0.01	0.03	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.08	0.05	0.04
0:20:00	0.09	0.09	0.12	0.13	0.14	0.16	0.13	0.13	0.11	0.12	0.13	0.19	0.12	0.1
0:30:00	0.13	0.14	0.18	0.19	0.21	0.23	0.19	0.19	0.15	0.17	0.19	0.28	0.17	0.14
0:40:00	0.28	0.3	0.39	0.42	0.47	0.52	0.42	0.43	0.32	0.36	0.41	0.67	0.36	0.29
0:50:00	0.2	0.21	0.27	0.29	0.32	0.35	0.3	0.3	0.23	0.25	0.29	0.44	0.25	0.2
1:00:00	0.15	0.16	0.21	0.22	0.24	0.26	0.22	0.23	0.17	0.19	0.22	0.33	0.19	0.16
1:10:00	0.13	0.14	0.17	0.19	0.2	0.22	0.19	0.19	0.14	0.16	0.18	0.28	0.16	0.13
1:20:00	0.07	0.07	0.1	0.11	0.11	0.13	0.11	0.11	0.09	0.1	0.11	0.16	0.1	0.08
1:30:00	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.08	0.08	0.06	0.07	0.08	0.12	0.07	0.06
1:40:00	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07	0.06	0.07	0.05	0.06	0.07	0.11	0.06	0.05
1:50:00	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.1	0.06	0.05
2:00:00	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.06	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.09	0.06	0.05
2:10:00	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.04	0.05	0.06	0.09	0.06	0.05
2:20:00	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.05	0.05	0.04	0.05	0.06	0.09	0.05	0.05
2:30:00	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.05	0.05	0.04	0.05	0.06	0.08	0.05	0.05
2:40:00	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.05	0.05	0.04	0.05	0.06	0.08	0.05	0.05
2:50:00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.05	0.05	0.04	0.05	0.06	0.08	0.05	0.05
3:00:00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.05	0.05	0.04	0.05	0.06	0.08	0.05	0.05

Anexo 10. Niveles de los pozos del sistema de alcantarillado para un período de 3 años.

Niveles de Pozos														
Tiempo transcurrido (h)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14
0:10:00	0	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.08	0.04	0.04	0.04	0.05	0.07	0.07	0.05
0:20:00	0.03	0.05	0.07	0.08	0.09	0.09	0.14	0.11	0.11	0.1	0.12	0.17	0.17	0.12
0:30:00	0.05	0.07	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.16	0.16	0.15	0.17	0.26	0.26	0.17
0:40:00	0.11	0.15	0.23	0.25	0.28	0.31	0.36	0.34	0.34	0.32	0.37	0.6	0.6	0.36
0:50:00	0.08	0.11	0.16	0.18	0.19	0.21	0.26	0.24	0.24	0.23	0.26	0.4	0.4	0.25
1:00:00	0.06	0.08	0.12	0.13	0.15	0.16	0.21	0.18	0.18	0.17	0.2	0.29	0.29	0.19
1:10:00	0.05	0.07	0.1	0.11	0.12	0.13	0.18	0.15	0.15	0.15	0.17	0.25	0.25	0.16
1:20:00	0.03	0.04	0.06	0.07	0.07	0.08	0.13	0.09	0.09	0.09	0.1	0.14	0.14	0.1
1:30:00	0.02	0.02	0.04	0.04	0.05	0.05	0.1	0.06	0.06	0.06	0.07	0.11	0.11	0.07
1:40:00	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.09	0.05	0.05	0.05	0.06	0.09	0.09	0.06
1:50:00	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.09	0.05	0.05	0.05	0.06	0.09	0.09	0.06
2:00:00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.09	0.05	0.05	0.05	0.06	0.08	0.08	0.06
2:10:00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.09	0.04	0.04	0.05	0.05	0.08	0.08	0.06
2:20:00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.09	0.04	0.04	0.04	0.05	0.08	0.08	0.05
2:30:00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.08	0.04	0.04	0.04	0.05	0.08	0.08	0.05
2:40:00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.08	0.04	0.04	0.04	0.05	0.07	0.07	0.05
2:50:00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.08	0.04	0.04	0.04	0.05	0.07	0.07	0.05
3:00:00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.08	0.04	0.04	0.04	0.05	0.07	0.07	0.05

Anexo 11. Velocidades del sistema de alcantarillado con un período de retorno de 5 años.

Velocidad de tuberías (l/s)														
Tiempo transcurrido (h)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
0:10:00	0	0.43	0.56	0.7	0.82	0.89	0.89	1.01	1.42	1.32	1.21	0.82	1.49	2.09
0:20:00	1.32	1.48	1.62	1.67	1.84	1.88	1.92	2.08	2.86	2.61	2.3	1.53	2.76	3.48
0:30:00	1.75	1.99	2.05	2.08	2.29	2.35	2.41	2.6	3.56	3.23	2.83	1.88	3.4	4.59
0:40:00	2.74	3.11	3.18	3.2	3.49	3.53	3.69	3.97	5.53	4.96	4.31	2.71	5.2	7.07
0:50:00	2.24	2.54	2.62	2.64	2.89	2.95	3.06	3.3	4.54	4.08	3.56	2.34	4.29	5.79
1:00:00	1.9	2.15	2.25	2.26	2.48	2.53	2.64	2.84	3.89	3.51	3.04	2.03	3.68	4.94
1:10:00	1.73	1.97	2.04	2.06	2.25	2.31	2.4	2.59	3.52	3.15	2.79	1.86	3.31	4.54
1:20:00	1.17	1.33	1.33	1.42	1.57	1.6	1.7	1.84	2.44	2.14	1.97	1.32	2.27	3.22
1:30:00	0.84	0.96	1.06	1.09	1.21	1.24	1.34	1.46	1.97	1.79	1.6	1.09	1.94	2.66
1:40:00	0.72	0.84	0.88	0.95	1.06	1.12	1.17	1.28	1.74	1.62	1.44	0.92	1.77	2.42
1:50:00	0.64	0.75	0.8	0.87	1	1.05	1.1	1.21	1.64	1.53	1.37	0.91	1.7	2.32
2:00:00	0.57	0.69	0.76	0.83	0.95	1.01	1.04	1.16	1.58	1.47	1.34	0.89	1.64	2.25
2:10:00	0.53	0.65	0.72	0.8	0.92	0.99	1.01	1.13	1.55	1.43	1.31	0.88	1.61	2.21
2:20:00	0.49	0.62	0.69	0.78	0.9	0.97	0.98	1.1	1.52	1.41	1.29	0.87	1.58	2.19
2:30:00	0.46	0.59	0.67	0.77	0.88	0.95	0.97	1.08	1.51	1.39	1.27	0.86	1.56	2.17
2:40:00	0.42	0.57	0.65	0.76	0.87	0.94	0.95	1.07	1.49	1.38	1.26	0.86	1.55	2.16
2:50:00	0.4	0.56	0.64	0.75	0.86	0.93	0.94	1.06	1.48	1.37	1.25	0.85	1.54	2.14

3:00:00	0.37	0.54	0.63	0.74	0.86	0.93	0.94	1.05	1.48	1.36	1.25	0.85	1.53	2.14
---------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Anexo 12. Caudales del sistema de alcantarillado con un período de retorno de 5 años.

Caudales de tuberías (l/s)														
Tiempo transcurrido (h)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
0:10:00	0	0.2 6	1.06	2.38	3.73	5.18	6.9	8.91	11.2 3	13.6	16.0 8	19.0 4	22.1 6	25.3 5
0:20:00	8.3 4	16. 6	34.2 4	41.1 5	52.8 3	61.9 4	82.8 7	92.6 3	112. 4	122. 06	129. 58	150. 25	159. 9	163. 09
0:30:00	18. 79	36. 6	76.3 8	87.7 7	110. 45	128. 29	178. 92	197. 61	233. 67	251. 22	262. 9	307. 5	323. 57	326. 76
0:40:00	88. 61	171. .4	357. 4	405. 73	507. 21	585. 54	824. 11	904. 44	1064 .65	113 8.1	1183 .64	1384 .14	1447 .82	1451 .01
0:50:00	43. 84	84. 46	178. 45	200. 65	249. 6	288. 23	415. 14	455. 12	530. 41	566. 76	588. 6	691. 24	722. 67	725. 86
1:00:00	25. 46	49	104. 32	117. 01	145. 41	168. 17	244. 8	268. 62	311. 64	333. 35	346. 45	407. 86	426. 89	430. 08
1:10:00	18. 14	34. 97	74.7 2	84.1 3	104. 74	121. 34	176. 85	194. 37	225. 61	241. 72	251. 74	296. 45	310. 86	314. 05
1:20:00	5.0 2	9.6 3	21.9	24.2 6	30.1 6	35.3 7	55.5 9	61.5 1	69.2 1	74.7 9	78.3 6	93.8	99.2 1	102. 4
1:30:00	1.7 4	3.4 4	8.52	10.2 7	13.1 1	15.7 4	25.3 2	28.5 7	32.7 9	36.1	39.0 5	46.6 5	50.8 3	54.0 2
1:40:00	1.0 3	2.1 2	4.84	6.39	8.59	10.7 2	16.4 2	19.1 4	22.5 1	25.4 1	28.1 5	33.9	37.6 3	40.8 2
1:50:00	0.6 8	1.4 9	3.53	5	6.91	8.8	13.2 1	15.6 8	18.6 7	21.3 8	24.0 3	28.8 6	32.3 7	35.5 6
2:00:00	0.4 9	1.1 4	2.81	4.24	5.98	7.74	11.4	13.7 4	16.5 3	19.1 4	21.7 3	26.0 4	29.4 2	32.6 1
2:10:00	0.3 7	0.9 2	2.37	3.76	5.4	7.09	10.2 9	12.5 4	15.2	17.7 5	20.3 1	24.2 8	27.6	30.7 9
2:20:00	0.2 8	0.7 7	2.08	3.45	5.03	6.66	9.54	11.7 4	14.3 2	16.8 3	19.3 7	23.1 2	26.3 9	29.5 8
2:30:00	0.2 3	0.6 7	1.87	3.24	4.77	6.36	9.02	11.1 8	13.7	16.1 8	18.7 1	22.3	25.5 4	28.7 3
2:40:00	0.1 9	0.5 9	1.73	3.08	4.57	6.14	8.63	10.7 7	13.2 5	15.7 1	18.2 3	21.7 1	24.9 2	28.1 1
2:50:00	0.1 5	0.5 4	1.61	2.96	4.43	5.98	8.35	10.4 6	12.9 1	15.3 6	17.8 7	21.2 6	24.4 5	27.6 4
3:00:00	0.1 3	0.4 9	1.53	2.87	4.32	5.85	8.12	10.2 2	12.6 5	15.0 9	17.5 9	20.9 1	24.0 9	27.2 8

Anexo 13. Capacidad de las tuberías del sistema de alcantarillado con un período de retorno de 5 años.

Capacidad de tuberías (l/s)														
Tiempo transcurrido (h)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
0:10:00	0	0.0 1	0.0 3	0.0 4	0.0 4	0.0 5	0.0 4	0.0 5	0.0 4	0.0 4	0.0 5	0.0 8	1:12:0 0	0.0 4
0:20:00	0.1	0.1 1	0.1 3	0.1 4	0.1 6	0.1 7	0.1 4	0.1 4	0.1 1	0.1 3	0.1 4	0.2 1	3:07:1 2	0.1 1
0:30:00	0.1 4	0.1 5	0.1 9	0.2 1	0.2 3	0.2 5	0.2 1	0.2 1	0.1 6	0.1 8	0.2 0.2	0.3	4:19:1 2	0.1 5
0:40:00	0.3	0.3 2	0.4 2	0.4 6	0.5 1	0.5 7	0.4 6	0.4 6	0.3 4	0.3 9	0.4 5	0.7 5	9:07:1 2	0.3 1
0:50:00	0.2 1	0.2 3	0.2 9	0.3 1	0.3 4	0.3 8	0.3 1	0.3 2	0.2 4	0.2 7	0.3 1	0.4 7	6:28:4 8	0.2 2
1:00:00	0.1 6	0.1 7	0.2 2	0.2 4	0.2 6	0.2 9	0.2 4	0.2 4	0.1 8	0.2 1	0.2 3	0.3 5	5:02:2 4	0.1 7
1:10:00	0.1 4	0.1 5	0.1 9	0.2 0.2	0.2 2	0.2 4	0.2 0.2	0.2 1	0.1 6	0.1 8	0.2 0.2	0.3	4:19:1 2	0.1 4
1:20:00	0.0 8	0.0 8	0.1 1	0.1 1	0.1 2	0.1 3	0.1 2	0.1 2	0.0 9	0.1 0.1	0.1 1	0.1 7	2:24:0 0	0.0 8
1:30:00	0.0 5	0.0 5	0.0 7	0.0 7	0.0 8	0.0 9	0.0 8	0.0 8	0.0 6	0.0 7	0.0 8	0.1 2	1:40:4 8	0.0 6
1:40:00	0.0 4	0.0 4	0.0 5	0.0 6	0.0 7	0.0 7	0.0 7	0.0 7	0.0 5	0.0 6	0.0 7	0.1 1	1:26:2 4	0.0 5
1:50:00	0.0 3	0.0 3	0.0 4	0.0 5	0.0 6	0.0 7	0.0 6	0.0 6	0.0 5	0.0 6	0.0 6	0.1 0.1	1:26:2 4	0.0 5
2:00:00	0.0 3	0.0 3	0.0 4	0.0 5	0.0 6	0.0 6	0.0 6	0.0 6	0.0 5	0.0 5	0.0 6	0.0 9	1:26:2 4	0.0 5
2:10:00	0.0 2	0.0 3	0.0 4	0.0 5	0.0 5	0.0 6	0.0 5	0.0 6	0.0 4	0.0 5	0.0 6	0.0 9	1:26:2 4	0.0 5
2:20:00	0.0 2	0.0 2	0.0 3	0.0 4	0.0 5	0.0 6	0.0 5	0.0 5	0.0 4	0.0 5	0.0 6	0.0 9	1:12:0 0	0.0 5
2:30:00	0.0 2	0.0 2	0.0 3	0.0 4	0.0 5	0.0 6	0.0 5	0.0 5	0.0 4	0.0 5	0.0 6	0.0 8	1:12:0 0	0.0 5
2:40:00	0.0 2	0.0 2	0.0 3	0.0 4	0.0 5	0.0 6	0.0 5	0.0 5	0.0 4	0.0 5	0.0 6	0.0 8	0.05	0.0 5
2:50:00	0.0 1	0.0 2	0.0 3	0.0 4	0.0 5	0.0 6	0.0 5	0.0 5	0.0 4	0.0 5	0.0 6	0.0 8	0.05	0.0 5
3:00:00	0.0 1	0.0 2	0.0 3	0.0 4	0.0 5	0.0 6	0.0 5	0.0 5	0.0 4	0.0 5	0.0 6	0.0 8	0.05	0.0 5

Anexo 14. Niveles de los pozos del sistema de alcantarillado para un período de 5 años.

Niveles de Pozos														
Tiempo transcurrido (h)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14
0:10:00	0	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.08	0.04	0.04	0.04	0.05	0.07	0.07	0.05
0:20:00	0.04	0.05	0.08	0.09	0.09	0.1	0.15	0.12	0.12	0.11	0.13	0.19	0.19	0.13
0:30:00	0.06	0.07	0.11	0.12	0.14	0.15	0.2	0.17	0.17	0.16	0.18	0.27	0.27	0.18
0:40:00	0.12	0.16	0.25	0.28	0.31	0.34	0.39	0.37	0.37	0.35	0.4	0.67	0.67	0.38
0:50:00	0.09	0.11	0.17	0.19	0.21	0.23	0.28	0.26	0.26	0.24	0.28	0.43	0.43	0.27
1:00:00	0.07	0.09	0.13	0.14	0.16	0.17	0.22	0.19	0.19	0.19	0.21	0.32	0.32	0.21
1:10:00	0.06	0.07	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.17	0.17	0.16	0.18	0.27	0.27	0.18
1:20:00	0.03	0.04	0.06	0.07	0.07	0.08	0.13	0.09	0.09	0.09	0.1	0.15	0.15	0.1
1:30:00	0.02	0.02	0.04	0.04	0.05	0.05	0.1	0.07	0.07	0.06	0.07	0.11	0.11	0.07
1:40:00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	0.09	0.05	0.05	0.05	0.06	0.1	0.1	0.06
1:50:00	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.09	0.05	0.05	0.05	0.06	0.09	0.09	0.06
2:00:00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.09	0.05	0.05	0.05	0.06	0.08	0.08	0.06
2:10:00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.09	0.04	0.04	0.05	0.05	0.08	0.08	0.06
2:20:00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.09	0.04	0.04	0.04	0.05	0.08	0.08	0.05
2:30:00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.09	0.04	0.04	0.04	0.05	0.08	0.08	0.05
2:40:00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.08	0.04	0.04	0.04	0.05	0.08	0.08	0.05
2:50:00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.08	0.04	0.04	0.04	0.05	0.07	0.07	0.05
3:00:00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.08	0.04	0.04	0.04	0.05	0.07	0.07	0.05

Anexo 15.. Velocidades del sistema de alcantarillado con un período de retorno de 10 años.

Velocidad de tuberías (l/s)														
Tiempo transcurrido (h)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
0:10:00	0	0.43	0.56	0.7	0.82	0.89	0.89	1.01	1.42	1.32	1.21	0.82	1.49	2.09
0:20:00	1.36	1.67	1.73	1.77	1.94	2.01	2.03	2.2	3.05	2.76	2.42	1.61	2.92	3.94
0:30:00	1.83	2.08	2.15	2.18	2.4	2.45	2.52	2.71	3.7	3.38	2.95	1.96	3.55	4.79
0:40:00	2.86	3.25	3.31	3.33	3.62	3.66	3.84	4.14	5.77	5.18	4.49	2.4	5.35	7.27
0:50:00	2.33	2.66	2.73	2.75	3.01	3.06	3.18	3.44	4.72	4.25	3.71	2.42	4.45	6.01
1:00:00	1.97	2.27	2.35	2.37	2.59	2.65	2.75	2.97	4.06	3.66	3.2	2.1	3.84	5.2
1:10:00	1.82	2.06	2.14	2.16	2.37	2.42	2.51	2.73	3.67	3.35	2.9	1.9	3.52	4.75
1:20:00	1.22	1.38	1.35	1.47	1.61	1.66	1.76	1.9	2.49	2.16	2.0	1.3	2.29	3.28

1:30:00	0.86	0.9 9	1.0 9	1.1 2	1.2 4	1.2 5	1.3 7	1.4 9	2.0 1	1.8 3	1.6 2	1.1	1.9 7	2.6 9
1:40:00	0.74	0.8 6	0.9 7	0.9 7	1.0 8	1.1 3	1.1 9	1.3	1.7 7	1.6 4	1.4 6	0.9 3	1.7 9	2.4 5
1:50:00	0.65	0.7 7	0.8 2	0.8 9	1.0 1	1.0 6	1.1 2	1.2 3	1.6 6	1.5 4	1.3 9	0.9 1	1.7 1	2.3 3
2:00:00	0.59	0.7 1	0.7 7	0.8 4	0.9 6	1.0 2	1.0 6	1.1 8	1.6	1.4 8	1.3 4	0.8 9	1.6 5	2.2 6
2:10:00	0.54	0.6 6	0.7 3	0.8 3	0.9 3	0.9 9	1.0 2	1.1 4	1.5 6	1.4 4	1.3 2	0.8 8	1.6 1	2.2 2
2:20:00	0.5	0.6 3	0.7 7	0.8 8	0.9 9	0.9 8	0.9 9	1.1 1	1.5 3	1.4 2	1.3	0.8 7	1.5 9	2.1 9
2:30:00	0.47	0.6	0.6 8	0.7 7	0.8 9	0.9 6	0.9 7	1.0 9	1.5 1	1.4	1.2 8	0.8 6	1.5 7	2.1 7
2:40:00	0.43	0.5 8	0.6 6	0.7 6	0.8 7	0.9 5	0.9 6	1.0 8	1.5	1.3 9	1.2 7	0.8 6	1.5 6	2.1 6
2:50:00	0.41	0.5 6	0.6 4	0.7 5	0.8 6	0.9 4	0.9 5	1.0 7	1.4 9	1.3 8	1.2 6	0.8 5	1.5 5	2.1 5
3:00:00	9:07:1 2	0.5 5	0.6 3	0.7 4	0.8 6	0.9 3	0.9 4	1.0 6	1.4 8	1.3 7	1.2 5	0.8 5	1.5 4	2.1 4

Anexo 16. Caudales del sistema de alcantarillado con un período de retorno de 10 años.

Caudales de tuberías (l/s)														
Tiempo transcurrido (h)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
0:10:00	0	0.26	1.06	2.38	3.73	5.18	6.9	8.91	11.2 3	13.6	16.0 8	19.04	22.1 6	25.3 5
0:20:00	10.4	20.6 1	42.4 6	50.5 2	64.5 8	75.5 2	101. 49	113. 11	136. 76	148. 14	156. 72	181.8 7	193. 01	196. 2
0:30:00	22.1 8	43.1 3	90.0 6	103. 18	129. 64	150. 39	210. 36	232. 02	273. 93	294. 15	307. 41	15:36 :00	377. 97	381. 16
0:40:00	103. 83	200. 77	418. 68	474. 88	593. 37	684. 86	964. 68	1058 .41	124 5.4	133 1	138 3.8	1:12: 00	1599 .03	1602 .22
0:50:00	50.8 3	97.8 5	206. 69	232. 12	288. 57	333. 09	480. 03	526. 04	612. 73	654. 44	679. 28	19:55 :12	833. 71	836. 9
1:00:00	29.8 2	57.3 5	122. 04	136. 73	169. 8	196. 21	285. 72	313. 27	363. 33	388. 36	403. 3	474.7 5	496. 52	499. 71
1:10:00	21.5 6	41.5 2	88.5 9	99.6 1	123. 92	143. 4	208. 94	229. 4	266. 24	284. 97	296. 48	349.0 1	365. 6	368. 79
1:20:00	5.68	10.8 6	24.6 8	27.1 7	39.1 33.4	61.9 1	68.3 3	76.7 5	82.7 3	86.4 1	103.5 2	109. 4	112. 24	112. 43
1:30:00	1.93	3.77	9.34	11.1 3	14.0 3	16.7 8	27.3	30.6 8	35.0 9	38.4 9	41.4 8	49.61	53.3 7	56.5 6
1:40:00	1.13	2.3	5.2	6.78	9.02	11.2 1	17.3 2	20.1 2	23.5 9	26.5 4	29.3	35.33	38.8	41.9 9
1:50:00	0.75	1.61	3.77	5.25	7.18	9.11	13.7 9	16.3 1	19.3 6	22.1	24.7 6	29.77	33.1	36.2 9

2:00:00	0.53	1.22	2.97	4.4	6.16	7.95	11.8 1	14.1 8	17	19.6 3	22.2 3	26.66	29.9 3	33.1 2
2:10:00	0.4	0.97	2.49	3.89	5.54	7.24	10.5 8	12.8 6	15.5 5	18.1 1	20.6 8	24.74	27.9 6	31.1 5
2:20:00	0.31	0.81	2.17	3.55	5.13	6.78	9.76	11.9 8	14.5 8	17.1	19.6 4	23.46	26.6 6	29.8 5
2:30:00	0.24	0.7	1.94	3.31	4.85	6.45	9.19	11.3 7	13.9	16.3 9	18.9 2	22.56	25.7 5	28.9 4
2:40:00	0.2	0.62	1.78	3.14	4.64	6.22	8.77	10.9 2	13.4 1	15.8 8	18.4	21.91	25.0 8	28.2 7
2:50:00	0.16	0.56	1.66	3.01	4.48	6.04	8.46	10.5 8	13.0 4	15.4 9	18.0 1	21.42	24.5 9	27.7 8
3:00:00	0.14	0.51	1.56	2.91	4.36	5.9	8.22	10.3 2	12.7 6	15.2	17.7	21.05	24.2	27.3 9

Anexo 17. Capacidad de las tuberías del sistema de alcantarillado con un período de retorno de 10 años.

Capacidad de tuberías (l/s)														
Tiempo transcurrido (h)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
0:10:00	0	0.01	0.03	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.08	0.05	0.04
0:20:00	0.11	0.11	0.14	0.16	0.18	0.19	0.16	0.16	0.12	0.14	0.16	0.23	0.14	0.11
0:30:00	0.15	0.16	0.21	0.22	0.25	0.27	0.22	0.23	0.17	0.19	0.22	0.33	0.19	0.16
0:40:00	0.33	0.35	0.46	0.5	0.56	0.63	0.5	0.51	0.37	0.42	0.49	1	0.41	0.32
0:50:00	0.23	0.24	0.31	0.34	0.37	0.41	0.34	0.34	0.26	0.29	0.33	0.51	0.29	0.23
1:00:00	0.18	0.19	0.24	0.26	0.28	0.31	0.26	0.26	0.2	0.22	0.25	0.38	0.22	0.18
1:10:00	0.15	0.16	0.2	0.22	0.24	0.26	0.22	0.23	0.17	0.19	0.22	0.33	0.19	0.16
1:20:00	0.08	0.08	0.12	0.12	0.13	0.14	0.12	0.12	0.1	0.11	0.12	0.18	0.11	0.09
1:30:00	0.05	0.05	0.07	0.08	0.08	0.09	0.08	0.09	0.06	0.07	0.08	0.12	0.08	0.06
1:40:00	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.07	0.07	0.05	0.06	0.07	0.11	0.06	0.06
1:50:00	0.03	0.03	0.05	0.05	0.06	0.07	0.06	0.06	0.05	0.06	0.07	0.1	0.06	0.05
2:00:00	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06	0.09	0.06	0.05
2:10:00	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.04	0.05	0.06	0.09	0.06	0.05
2:20:00	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.05	0.05	0.04	0.05	0.06	0.09	0.05	0.05
2:30:00	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.05	0.05	0.04	0.05	0.06	0.08	0.05	0.05
2:40:00	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.05	0.05	0.04	0.05	0.06	0.08	0.05	0.05
2:50:00	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.05	0.05	0.04	0.05	0.06	0.08	0.05	0.05
3:00:00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.05	0.05	0.04	0.05	0.06	0.08	0.05	0.05

Anexo 18. Niveles de los pozos del sistema de alcantarillado para un período de 10 años.

Niveles de Pozos														
Tiempo transcurrido (h)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14
0:10:00	0	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.08	0.04	0.04	0.04	0.05	0.07	0.07	0.05
0:20:00	0.04	0.06	0.09	0.09	0.11	0.11	0.16	0.13	0.13	0.13	0.14	0.21	0.21	0.14
0:30:00	0.06	0.08	0.12	0.13	0.15	0.16	0.21	0.18	0.18	0.18	0.2	0.3	0.3	0.19
0:40:00	0.13	0.18	0.27	0.3	0.34	0.38	0.43	0.41	0.41	0.38	0.44	2.57	0.9	0.41
0:50:00	0.09	0.12	0.19	0.2	0.22	0.25	0.3	0.28	0.28	0.26	0.3	0.46	0.46	0.29
1:00:00	0.07	0.09	0.14	0.15	0.17	0.18	0.23	0.21	0.21	0.2	0.23	0.35	0.35	0.22
1:10:00	0.06	0.08	0.12	0.13	0.14	0.16	0.21	0.18	0.18	0.17	0.19	0.29	0.29	0.19
1:20:00	0.03	0.04	0.07	0.07	0.08	0.08	0.13	0.1	0.1	0.1	0.11	0.16	0.16	0.11
1:30:00	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06	0.11	0.07	0.07	0.07	0.08	0.11	0.11	0.08
1:40:00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.1	0.06	0.06	0.06	0.06	0.1	0.1	0.06
1:50:00	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.09	0.05	0.05	0.05	0.06	0.09	0.09	0.06
2:00:00	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.09	0.05	0.05	0.05	0.06	0.08	0.08	0.06
2:10:00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.09	0.05	0.05	0.05	0.05	0.08	0.08	0.06
2:20:00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.09	0.04	0.04	0.05	0.05	0.08	0.08	0.05
2:30:00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.09	0.04	0.04	0.04	0.05	0.08	0.08	0.05
2:40:00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.08	0.04	0.04	0.04	0.05	0.08	0.08	0.05
2:50:00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.08	0.04	0.04	0.04	0.05	0.07	0.07	0.05
3:00:00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.08	0.04	0.04	0.04	0.05	0.07	0.07	0.05

Anexo 19. Velocidades del sistema de alcantarillado con un período de retorno de 10 años Onda Cinemático

Velocidad de tuberías (l/s)														
Tiempo transcurrido (h)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
0:10:00	0	0.43	0.56	0.7	0.82	0.89	0.89	1.01	1.42	1.32	1.21	0.82	1.49	2.08
0:20:00	1.36	1.64	1.61	1.7	1.9	1.93	1.91	2.08	2.84	2.61	2.3	1.47	2.72	3.42
0:30:00	1.81	2.04	2.11	2.15	2.37	2.4	2.45	2.65	3.66	3.28	2.88	1.9	3.45	4.63
0:40:00	2.83	3.21	3.25	3.29	3.59	3.6	3.75	4.04	5.66	5.07	4.39	2.69	5.27	7.11
0:50:00	2.38	2.7	2.82	2.8	3.05	3.14	3.3	3.53	4.85	4.38	3.82	2.52	4.63	6.32
1:00:00	1.99	2.3	2.41	2.4	2.62	2.7	2.81	3.03	4.15	3.72	3.27	2.18	3.94	5.37
1:10:00	1.83	2.08	2.17	2.18	2.38	2.44	2.55	2.75	3.73	3.37	2.96	1.98	3.56	4.84
1:20:00	1.3	1.53	1.66	1.59	1.72	1.82	1.96	2.1	2.68	2.58	2.25	1.56	2.77	3.68
1:30:00	0.94	1.09	1.21	1.19	1.3	1.36	1.47	1.62	2.15	1.97	1.74	1.18	2.13	2.93
1:40:00	0.77	0.89	0.97	1	1.11	1.18	1.25	1.36	1.84	1.69	1.51	0.97	1.86	2.57
1:50:00	0.67	0.8	0.85	0.9	1.02	1.08	1.14	1.25	1.69	1.58	1.41	0.95	1.74	2.38
2:00:00	0.61	0.72	0.79	0.85	0.97	1.03	1.08	1.2	1.61	1.5	1.36	0.92	1.68	2.3
2:10:00	0.55	0.67	0.75	0.81	0.93	1	1.03	1.15	1.57	1.46	1.33	0.9	1.63	2.24

2:20:00	0.52	0.64	0.71	0.79	0.91	0.98	1	1.12	1.54	1.43	1.31	0.88	1.6	2.21
2:30:00	0.48	0.61	0.69	0.77	0.89	0.96	0.98	1.1	1.52	1.41	1.29	0.87	1.58	2.18
2:40:00	0.44	0.59	0.67	0.76	0.88	0.95	0.96	1.08	1.5	1.39	1.27	0.86	1.56	2.17
2:50:00	0.41	0.57	0.65	0.75	0.87	0.94	0.95	1.07	1.49	1.38	1.26	0.86	1.55	2.15
3:00:00	0.39	0.55	0.64	0.75	0.86	0.93	0.94	1.06	1.48	1.37	1.25	0.85	1.54	2.14

Anexo 20. Caudales del sistema de alcantarillado con un período de retorno de 10 años Onda cinemática.

Caudales de tuberías (l/s)														
Tiempo transcurrido (h)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
0:10:00	0	0.26	1.06	2.38	3.73	5.18	6.89	8.88	11.2	13.5	16.0	18.9	21.9	25.0
0:20:00	9.85	19.7	37.8	44.8	58.56	67.5	88.0	96.1	114.	124.	131.	145.	153.	146.
0:30:00	21.7	41.4	86.1	98.8	124.7	143	197.	215.	257.	271.	282.	327.	343.	341.
0:40:00	101.	195.	401.	455.	572.8	654.	909.	989.	116	124	1282	1468	1531	150
0:50:00	85	21	92	99	2	52	81	24	9.9	5.2	.87	.18	.06	9.9
1:00:00	52.4	101.	218.	245.	303.0	354.	519.	572.	665.	715.	746.	891.	937.	957.
1:10:00	1	38	66	58	3	71	1	78	05	2	35	91	68	2
1:20:00	30.0	58.5	127.	142.	176.1	206.	301.	333.	386.	411.	431.	516.	539.	549.
1:30:00	2	9	39	75	3	44	54	78	51	94	28	09	88	37
1:40:00	21.8	42.2	90.8	102.	126.3	146.	215.	238.	275.	293.	307.	365.	380.	388.
1:50:00	6	1	8	2	5	35	2	33	73	39	17	3	81	24
2:00:00	6.31	13.0	31.0	34.4	41	49.9	80.2	90.6	100.	110.	117.	146.	156.	166.
2:10:00	2.2	7	5	3	16.51	20.2	32.4	38.1	43.1	47.2	51.2	60.8	66.7	72.5
2:20:00	1.2	4.51	2	3	12.2	19.2	22.5	26.2	32.6	37.9	42.8	47.2	51.2	56.1
2:30:00	0.78	2.49	5.84	7.5	9.78	12.2	14.5	17.2	20.4	23.3	26.1	31.6	35.1	38.6
2:40:00	0.55	1.71	4.04	5.55	7.5	9.55	8	9	2	23.3	26.1	31.6	35.1	38.6
2:50:00	0.41	1.28	3.14	4.59	6.36	8.21	10.8	13.2	15.9	18.5	21.1	25.4	28.7	32.0
3:00:00	0.32	1.02	2.6	4.01	5.67	7.41	8	4	5	7	9	3	2	1
3:10:00	0.32	0.84	2.24	3.63	5:16:48	6.89	9.97	12.2	14.8	17.4	19.9	23.9	27.1	30.4
3:20:00	0.25	0.72	2	3.37	21:50:24	6.54	9.34	11.5	14.1	16.6	19.1	22.9	26.1	29.3
3:30:00	0.21	0.63	1.82	3.18	16:33:36	6.28	8.88	11.0	13.5	16.0	18.5	22.1	25.3	28.5
3:40:00	0.17	0.57	1.69	3.04	12:28:48	6.09	8.54	10.6	13.1	15.6	18.1	21.6	24.7	28.0
3:50:00	0.14	0.52	1.59	2.94	4.39	5.94	8.28	10.4	12.8	15.3	17.8	21.1	24.3	27.5
4:00:00	0.14	0.52	1.59	2.94	4.39	5.94	8.28	10.4	12.8	15.3	17.8	21.1	24.3	27.5

Anexo 21. Capacidad de las tuberías del sistema de alcantarillado con un período de retorno de 10 años Onda cinemática.

Capacidad de tuberías (l/s)														
Tiempo transcurrido (h)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
0:10:00	0	0.43	0.56	0.7	0.82	0.89	0.89	1.01	1.42	1.32	1.21	0.82	1.49	2.08
0:20:00	1.36	1.64	1.61	1.7	1.9	1.93	1.91	2.08	2.84	2.61	2.3	1.47	2.72	3.42
0:30:00	1.81	2.04	2.11	2.15	2.37	2.4	2.45	2.65	3.66	3.28	2.88	1.9	3.45	4.63
0:40:00	2.83	3.21	3.25	3.29	3.59	3.6	3.75	4.04	5.66	5.07	4.39	2.69	5.27	7.11
0:50:00	2.38	2.7	2.82	2.8	3.05	3.14	3.3	3.53	4.85	4.38	3.82	2.52	4.63	6.32
1:00:00	1.99	2.3	2.41	2.4	2.62	2.7	2.81	3.03	4.15	3.72	3.27	2.18	3.94	5.37
1:10:00	1.83	2.08	2.17	2.18	2.38	2.44	2.55	2.75	3.73	3.37	2.96	1.98	3.56	4.84
1:20:00	1.3	1.53	1.66	1.59	1.72	1.82	1.96	2.1	2.68	2.58	2.25	1.56	2.77	3.68
1:30:00	0.94	1.09	1.21	1.19	1.3	1.36	1.47	1.62	2.15	1.97	1.74	1.18	2.13	2.93
1:40:00	0.77	0.89	0.97	1	1.11	1.18	1.25	1.36	1.84	1.69	1.51	0.97	1.86	2.57
1:50:00	0.67	0.8	0.85	0.9	1.02	1.08	1.14	1.25	1.69	1.58	1.41	0.95	1.74	2.38
2:00:00	0.61	0.72	0.79	0.85	0.97	1.03	1.08	1.2	1.61	1.5	1.36	0.92	1.68	2.3
2:10:00	0.55	0.67	0.75	0.81	0.93	1	1.03	1.15	1.57	1.46	1.33	0.9	1.63	2.24
2:20:00	0.52	0.64	0.71	0.79	0.91	0.98	1	1.12	1.54	1.43	1.31	0.88	1.6	2.21
2:30:00	0.48	0.61	0.69	0.77	0.89	0.96	0.98	1.1	1.52	1.41	1.29	0.87	1.58	2.18
2:40:00	0.44	0.59	0.67	0.76	0.88	0.95	0.96	1.08	1.5	1.39	1.27	0.86	1.56	2.17
2:50:00	0.41	0.57	0.65	0.75	0.87	0.94	0.95	1.07	1.49	1.38	1.26	0.86	1.55	2.15
3:00:00	0.39	0.55	0.64	0.75	0.86	0.93	0.94	1.06	1.48	1.37	1.25	0.85	1.54	2.14

Anexo 22. Niveles de los pozos del sistema de alcantarillado para un período de 10 años Onda cinemática.

Niveles de Pozos														
Tiempo transcurrido (h)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14
0:10:00	0	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.08	0.04	0.04	0.04	0.05	0.07	0.07	0.05
0:20:00	0.04	0.06	0.08	0.09	0.1	0.11	0.16	0.12	0.12	0.12	0.13	0.19	0.19	0.12
0:30:00	0.06	0.08	0.12	0.13	0.14	0.16	0.21	0.18	0.17	0.17	0.19	0.29	0.28	0.18
0:40:00	0.13	0.17	0.27	0.3	0.33	0.37	0.42	0.39	0.39	0.37	0.42	0.73	0.71	0.4
0:50:00	0.09	0.12	0.19	0.21	0.23	0.25	0.3	0.29	0.29	0.27	0.31	0.49	0.49	0.31
1:00:00	0.07	0.09	0.14	0.16	0.17	0.19	0.24	0.22	0.22	0.21	0.23	0.36	0.36	0.23
1:10:00	0.06	0.08	0.12	0.13	0.15	0.16	0.21	0.18	0.18	0.18	0.2	0.3	0.3	0.19
1:20:00	0.03	0.04	0.07	0.08	0.08	0.09	0.14	0.11	0.11	0.11	0.12	0.18	0.19	0.13
1:30:00	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06	0.11	0.07	0.07	0.07	0.08	0.12	0.12	0.08
1:40:00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.1	0.06	0.06	0.06	0.07	0.1	0.1	0.07
1:50:00	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.09	0.05	0.05	0.05	0.06	0.09	0.09	0.06
2:00:00	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.09	0.05	0.05	0.05	0.06	0.09	0.08	0.06
2:10:00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.09	0.05	0.05	0.05	0.05	0.08	0.08	0.06

2:20:00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.09	0.04	0.04	0.05	0.05	0.08	0.08	0.05
2:30:00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.09	0.04	0.04	0.04	0.05	0.08	0.08	0.05
2:40:00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.08	0.04	0.04	0.04	0.05	0.08	0.08	0.05
2:50:00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.08	0.04	0.04	0.04	0.05	0.07	0.07	0.05
3:00:00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.08	0.04	0.04	0.04	0.05	0.07	0.07	0.05

Anexo 23. Velocidades del sistema de alcantarillado con un período de retorno de 10 años Onda dinámica.

Velocidad de tuberías (l/s)														
Tiempo transcurrido (h)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
0:10:00	0	0.24	0.41	0.6	0.72	0.89	0.83	1.08	1.24	1.16	0.86	0.98	1.62	2.09
0:20:00	1.14	1.18	1.55	1.54	1.75	1.94	1.9	2.23	2.6	2.37	1.66	1.88	3.05	3.55
0:30:00	1.45	1.48	1.99	1.99	2.2	2.43	2.41	2.89	3.27	3.07	2.15	2.45	3.87	4.66
0:40:00	2.31	1.42	2.22	-8.46	16.8	6.9	3.91	4.99	5.35	3.86	2.71	3.92	6.25	7.56
0:50:00	1.88	1.41	1.15	-6.29	10.83	6.56	4.23	5.5	5.49	3.9	3.44	4.56	6.71	7.76
1:00:00	1.63	1.43	3.58	-1.51	-2.27	5.28	4.15	5.03	4.02	3.48	3.11	2.61	7.01	8.26
1:10:00	1.47	0.54	1.32	8.15	2.55	5.42	3.9	4.73	5.95	4.62	3.27	4.13	3.35	7.28
1:20:00	1.01	0.56	0.53	10.83	16.89	6.7	3.81	5.13	11.26	0	2.83	3.54	6.79	7.42
1:30:00	0.72	0.68	0.08	16.99	29.39	4.5	4.31	4.95	4.84	4.65	2.93	3.51	5.48	7.14

Anexo 24. Caudales del sistema de alcantarillado con un período de retorno de 10 años Onda dinámica.

Caudales de tuberías (l/s)														
Tiempo transcurrido (h)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
0:10:00	0	0.26	1.05	2.37	3.72	5.15	6.86	8.82	11.12	13.47	15.91	18.76	21.79	24.85
0:20:00	10.17	19.51	39.21	44.96	58.41	67.47	90.99	96.96	118.1	127.73	133.33	150.8	157.67	151.86
0:30:00	21.96	42.16	87.22	98.99	124.71	144.54	200.24	217.62	257.35	281.47	285.01	334.59	349.66	349.55
0:40:00	102.77	201.38	626.59	2391.97	4749.14	1950.59	1681.43	1420.15	1632.34	1595.56	1576.97	2079.79	2004.47	1821.78

0:50:0 0	51. 56	100 .83	252. 88	- 1778 .21	306 2.16	167 3.62	155 9.88	204 5.36	216 3.71	220 0.54	219 1.59	247 2.3	238 1.21	238 3.18
1:00:0 0	30. 17	58. 79	163. 01	- 256. 47	- 641. 69	149 1.98	171 6.79	173 0.46	167 6.37	208 0.31	197 6.74	166 1.98	550 9.12	599 9.34
1:10:0 0	21. 71	42. 19	313. 47	- 2304 .87	720. 96	153 2.57	187 5.24	198 0.7	180 2.38	160 1.38	151 5.7	144 5	787. 48	205 4.34
1:20:0 0	6.1 5	12. 77	94.7 7	- 3060 .93	477 6.64	189 3.58	151 0.92	927. 99	584. 66		103 4.46	160 2.67	225 8.75	198 5.51
1:30:0 0	2.0 9	4.4 4	12.2 5	- 4804	830 8.87	127 3.3	167 2.78	124 1.62	109 4.23	106 2.81	115 8.93	143 3.25	132 9.41	162 9.65

Anexo 25. Capacidad de las tuberías del sistema de alcantarillado con un período de retorno de 10 años Onda dinámica.

Capacidad de tuberías (l/s)														
Tiempo transcurrido (h)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
0:10:00	0:14:24	0.02	0.03	0:57:36	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.07	0.07	0.05	0.04
0:20:00	2:52:48	0.14	0.15	3:50:24	0.12	0.18	0.15	0.14	0.12	0.18	0.18	0.18	0.12	0.1
0:30:00	4:19:12	0.22	0.21	5:31:12	0.20	0.26	0.22	0.21	0.18	0.22	0.27	0.27	0.21	0.15
0:40:00	9:07:12	0.68	0.61	0:00:00	0:00:00	0.61	0.85	0.58	0.48	0.62	0.86	0.78	0.43	0.35
0:50:00	6:28:48	0.39	0.73	0:00:00	0:00:00	0.85	0.69	0.69	0.59	0.83	18:57:36	0.46	0.46	0.41
1:00:00	4:48:00	0.26	0.22	13:55:12	0:00:00	0.71	0.75	0.65	0.62	0.89	0:00:00	0:00:00	0.41	0.87
1:10:00	0.17	0.42	0.78	0:00:00	0:00:00	0.91	0.71	0.48	0.58	0.68	12:57:36	0.34	0.39	0.3
1:20:00	2:24:00	0.17	0.61	0:00:00	0:00:00	0.74	0.39	0.14	0.11	0.58	16:04:48	0.44	0.47	0.37
1:30:00	1:26:24	0.07	0.54	0:00:00	0:00:00	0.72	0.59	0.39	0.39	0.6	14:38:24	0.35	0.33	0.33