



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**“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.”**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

**INGENIERO CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA EN
CONSTRUCCIONES**

Autores:

María del Carmen Morocho Ñamagua

María José Rivera Urgilés

Director:

Josué Bernardo Larriva Vásquez

CUENCA, ECUADOR

2018

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de Tesis especialmente a Dios y a mi hija Paula Valentina quienes han sido mi motivación y fortaleza para cumplir mi sueño.

También a mis padres María Carmelina y Luis, mis hermanas Martha y Sandra, mis sobrinos Andrés, Gaby, Mia y Danna.

- *Mari.*

Dedico mi trabajo de titulación a todas las personas que han estado a mi lado en el transcurso de mi carrera y de mi vida, de manera especial a mis padres Juan y Fátima quienes con su esfuerzo y sacrificio han hecho posible la culminación de esta meta, a mis hermanos Anaís y Walter mis compañeros de vida, a mi enamorado Pedro David por su ayuda y apoyo sincero, a mis abuelos Walter, Rina, Benigno e Irene mis viejitos adorados y finalmente a mis tíos y primos que han sido mi ejemplo a seguir.

- *María José.*

AGRADECIMIENTO

Agradecemos principalmente a Dios y a la Virgen por dotarnos de salud y sabiduría para poder cumplir esta meta.

A nuestro director de tesis Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez, Mst. por su apoyo incondicional y por transmitirnos sus sabios conocimientos.

A la Ing. Verónica Chumi Buenaño por su aporte para el desarrollo de esta tesis y su motivación constante.

A todos nuestros docentes quienes a mas de formarnos como profesionales nos formaron como personas.

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE DE CONTENIDOS	iv
INDICE DE FIGURAS.....	viii
INDICE DE TABLAS	xi
INDICE DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN.....	xxiii
ABSTRACT.....	xxiv
INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes	2
Problemática.....	2
Justificación.....	2
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos	3
Alcances y resultados.....	3
CAPÍTULO I.....	4
MARCO TEÓRICO.....	4
1.1 Hidráulica de tuberías.....	4
1.1.1 Flujo Uniforme Permanente	4
1.2 Aplicación de sistemas de información geográfica	7
1.3 Aplicación de software de cálculo.....	8
1.4 Criterios para la evaluación de una red de distribución	9
1.4.1. Velocidades	9
1.4.2. Diámetros	9
1.4.3. Pérdidas de carga.....	10

1.5	Ecuación de Flujo uniforme	11
1.6	Método de Onda Cinemática	14
1.7	Método de Onda Dinámica.....	15
1.8	Infiltración mediante el método de Número de Curva	16
CAPÍTULO II		18
RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....		18
2.1	Información demográfica	18
2.2	Información topográfica	20
2.3	Información catastral	23
2.4	Caudales	26
2.5	Cálculo del número de curva.....	26
CAPÍTULO III.....		28
MODELACIÓN HIDRÁULICA		28
3.1	Interfaz Gráfica.....	28
3.2	Calibración de Datos	29
3.3	Trazo de Pozos, Descargas e Introducción de Datos.....	34
3.4	Trazo de Conductos o Tuberías e Introducción de Datos.....	44
3.5	Introducción de Datos de Lluvia	50
3.6	Trazo de Cuencas o Áreas de Aporte e Introducción de Propiedades.....	52
3.7	Asignación de datos en vertederos	57
3.8	Ejecución de la Simulación	60
3.9	Gráficos	61
3.10	Perfiles.....	62
3.11	Resultados	63
CAPÍTULO IV.....		74
ANÁLISIS DE RESULTADOS		74

4.1	Comparación de los métodos analizados en el colector de la calle Mariscal Sucre	74
4.1.1	Comparación entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 2 años.....	74
4.1.2	Comparación entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 10 años.....	77
4.1.3	Comparación entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 20 años.....	80
4.2	Comparación de los métodos analizados en el colector de la Av. De los Cerezos	83
4.2.1	Comparación entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 2 años.....	83
4.2.2	Comparación entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 10 años.....	86
4.2.3	Comparación entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 20 años.....	89
4.3	Diferencia de caudales en valor porcentual del colector de la calle Mariscal Sucre	93
4.3.1	Diferencia de caudales del colector entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 2 años.....	93
4.3.2	Diferencia de caudales del colector entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 10 años.....	94
4.3.3	Diferencia de caudales del colector entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 20 años.....	94
4.3.4	Diferencia de caudales del colector entre los periodos de retorno 2, 10 y 20 años mediante Flujo Estático	95
4.3.5	Diferencia de caudales del colector entre los periodos de retorno 2, 10 y 20 años mediante Onda Cinemática.....	96
4.3.6	Diferencia de caudales del colector entre los periodos de retorno 2, 10 y 20 años mediante Onda Dinámica	96

4.4	Diferencia de caudales en valor porcentual del colector de la Av. De los Cerezos	97
4.4.1	Diferencia de caudales del colector entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 2 años.....	97
4.4.2	Diferencia de caudales del colector entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 10 años.....	97
4.4.3	Diferencia de caudales del colector entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 20 años.....	98
4.4.4	Diferencia de caudales del colector entre los periodos de retorno 2, 10 y 20 años mediante Flujo Estático	99
4.4.5	Diferencia de caudales del colector entre los periodos de retorno 2, 10 y 20 años mediante Onda Cinemática.....	99
4.4.6	Diferencia de caudales del colector entre los periodos de retorno 2, 10 y 20 años mediante Onda Dinámica	100
4.5	Diferencia entre el colector de la calle Mariscal Sucre de pendiente baja y el colector de la Av. De los cerezos de pendiente pronunciada	100
	Conclusiones	102
	Recomendaciones.....	104
	BIBLIOGRAFÍA	105
	ANEXOS	108

INDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1.1. Flujo Uniforme y permanente en tuberías circulares.....	5
Figura 1.2. Elementos Hidráulicos de una sección circular	5
Figura 1.3. Flujo Uniforme en canales y tuberías	11
Figura 1.4. Onda Cinemática en un tramo corto de un canal vista por un observador estacionario	14
Figura 1.5. Onda Dinámica en un tramo corto de un canal vista por un observador estacionario.	15
Figura 1.6. Movimiento de una onda de creciente	16

CAPÍTULO II

Figura 2.1. Calle Mariscal Sucre tramos 1-2 y tramos 7-8	18
Figura 2.2. Av. de los Cerezos tramo 1 y tramo 63	19
Figura 2.3. Catastro del colector de la calle Mariscal Sucre.....	24
Figura 2.4. Catastro del colector de la Avenida de los Cerezos.....	25

CAPÍTULO III

Figura 3.1. Interfaz Gráfica de SWMM	28
Figura 3.2. Ejemplo de las coordenadas a ingresar en el programa.....	29
Figura 3.3. Pasos a realizar la calibración de datos en SWMM.....	30
Figura 3.4. Ajuste de coordenadas del colector de la calle Mariscal Sucre	30
Figura 3.5. Ajuste de coordenadas del colector de la Av. De los Cerezos.....	31
Figura 3.6. Pasos a realizar la calibración de datos en SWMM.....	31
Figura 3.7. Pasos a realizar la calibración de datos en SWMM.....	32
Figura 3.8. Pasos a realizar la calibración de datos en SWMM.....	33
Figura 3.9. Pasos a realizar la calibración de datos en SWMM.....	33
Figura 3.10. Pasos a realizar la calibración de datos en SWMM.....	34
Figura 3.11. Pasos para el trazo de pozos en SWMM	34
Figura 3.12. Pasos para la introducción de datos en pozos en SWMM.....	38
Figura 3.13. Pasos para la introducción de datos en pozos en SWMM.....	39
Figura 3.14. Pasos para la introducción de datos en pozos en SWMM.....	41

Figura 3.15. Pasos para la introducción de datos en descargas en SWMM.....	43
Figura 3.16 Pasos para el trazo de conductos o tuberías en SWMM.....	44
Figura 3.17. Pasos para la introducción de datos en conductos o tuberías en SWMM	44
Figura 3.18. Pasos para la introducción de datos en conductos o tuberías en SWMM	45
Figura 3.19. Pasos para la introducción de datos de lluvia en SWMM	50
Figura 3.20. Pasos para la introducción de datos de lluvia en SWMM	50
Figura 3.21. Pasos para la introducción de datos de lluvia en SWMM	51
Figura 3.22. Pasos para la introducción de datos de lluvia en SWMM	52
Figura 3.23. Pasos para el trazo de cuencas o áreas de aporte en SWMM	52
Figura 3.24. Pasos para el trazo de cuencas o áreas de aporte en SWMM	53
Figura 3.25. Pasos para la introducción de datos de cuencas o áreas de aporte en SWMM.....	54
Figura 3.26. Pasos para la introducción de vertederos en SWMM.....	58
Figura 3.27. Pasos para la introducción de vertederos en SWMM.....	59
Figura 3.28. Pasos para la ejecución de la simulación.....	60
Figura 3.29. Pasos para la creación de gráficos	61
Figura 3.30. Pasos para la creación de gráficos	61
Figura 3.31. Pasos para la creación de gráficos	62
Figura 3.32. Pasos para la creación de perfiles	62
Figura 3.33. Pasos para la creación de perfiles	63
Figura 3.34. Hidrograma para un periodo de retorno de 20 años tanto para la Calle Mariscal Sucre como para la Av. de los Cerezos.....	69
Figura 3.35. Tubos en los que el caudal alcanza la capacidad máxima del colector de la calle Mariscal Sucre	70
Figura 3.36. Tubos en los que el caudal alcanza la capacidad máxima del colector de la Av. De los Cerezos.....	71
Figura 3.37. Áreas de inundación en el colector de la calle Mariscal Sucre	72
Figura 3.38. Áreas de inundación en el colector de la Av. De los Cerezos	73

CAPÍTULO IV

Figura 4.1. Comparación gráfica de los métodos de análisis del colector de la calle Mariscal Sucre para un periodo de retorno de dos años.....	75
Figura 4.2. Comparación de curvas caudal (<i>Flow</i>) vs tiempo (<i>Elapsed Time</i>) entre los caudales máximos de dos tubos (<i>Link</i>) mediante los métodos de análisis del colector de la calle Mariscal Sucre para un periodo de retorno de dos años	76
Figura 4.3. Comparación gráfica de los métodos de análisis del colector de la calle Mariscal Sucre para un periodo de retorno de diez años	78
Figura 4.4. Comparación de curvas caudal (<i>Flow</i>) vs tiempo (<i>Elapsed Time</i>) entre los caudales máximos de dos tubos (<i>Link</i>) mediante los métodos de análisis del colector de la calle Mariscal Sucre para un periodo de retorno de diez años	79
Figura 4.5. Comparación gráfica de los métodos de análisis del colector de la calle Mariscal Sucre para un periodo de retorno de 20 años	81
Figura 4.6. Comparación de curvas caudal(<i>Flow</i>) vs tiempo (<i>Elapsed Time</i>) entre los caudales máximos de dos tubos (<i>Link</i>) mediante los métodos de análisis del colector de la calle Mariscal Sucre para un periodo de retorno de veinte años	82
Figura 4.7. Comparación gráfica de los métodos de análisis del colector de la Av. De los Cerezos para un periodo de retorno de 2 años.....	84
Figura 4.8. Comparación de curvas caudal (<i>Flow</i>) vs tiempo (<i>Elapsed Time</i>) entre los caudales máximos de dos tubos (<i>Link</i>) mediante los métodos de análisis del colector de la Av. De los Cerezos para un periodo de retorno de dos años	85
Figura 4.9. Comparación gráfica de los métodos de análisis del colector de la Av. De los Cerezos para un periodo de retorno de 10 años.....	87
Figura 4.10. Comparación de curvas caudal (<i>Flow</i>) vs tiempo (<i>Elapsed Time</i>) entre los caudales máximos de dos tubos (<i>Link</i>) mediante los métodos de análisis del colector de la Av. De los Cerezos para un periodo de retorno de 10 años	88
Figura 4.11. Comparación gráfica de los métodos de análisis del colector de la Av. De los Cerezos para un periodo de retorno de 20 años.....	91
Figura 4.12. Comparación de curvas caudal (<i>Flow</i>) vs tiempo (<i>Elapsed Time</i>) entre los caudales máximos de dos tubos (<i>Link</i>) mediante los métodos de análisis del colector de Av. De los Cerezos para un periodo de retorno de veinte años.....	92

INDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

Tabla 1.1. Coeficiente de rugosidad n de la fórmula de Manning	7
Tabla 1.2. Velocidades máximas y mínimas.....	9
Tabla 1.3. Coeficiente C para la ecuación de Hazen-Williams.....	11
Tabla 1.4. Relaciones de la ecuación de Chezy para contornos hidráulicamente lisos	13
Tabla 1.5. Relaciones de la ecuación de Chezy para contornos hidráulicamente rugosos	13
Tabla 1.6. Grupo hidrológico de suelos alterados.....	17

CAPÍTULO II

Tabla 2.7. Población total para cada descarga colector de la calle Mariscal Sucre ...	19
Tabla 2.8. Población total para cada descarga del colector de la Av. de los Cerezos	20
Tabla 2.9. Cotas de los pozos del colector de la calle Mariscal Sucre para la descarga 1.....	20
Tabla 2.10. Cotas de los pozos del colector de la calle Mariscal Sucre para la descarga 2.....	21
Tabla 2.11. Cotas de los pozos del colector de la Av. De los Cerezos para la descarga1	21
Tabla 2.12. Cotas de los pozos del colector de la Av. De los Cerezos para la descarga 2.....	21
Tabla 2.13. Cotas de los pozos del colector de la Av. De los Cerezos para la descarga 3.....	22
Tabla 2.14. Cotas de los pozos del colector de la Av. De los Cerezos para la descarga 4.....	22
Tabla 2.15. Cotas de los pozos del colector de la Av. De los Cerezos para la descarga 6.....	23
Tabla 2.16. Cotas de los pozos del colector de la Av. De los Cerezos para la descarga 5.....	23
Tabla 2.17. Cálculo del número de curva de la zona del colector ubicado en la calle Mariscal Sucre.....	27

Tabla 2.18. Cálculo del número de curva de la zona del colector ubicado en la Av. De los Cerezos	27
--	----

CAPÍTULO III

Tabla 3.1. Coordenadas en (x, y) de los pozos y descargas del colector de la calle Mariscal Sucre para la descarga 1	35
Tabla 3.2. Coordenadas en (x, y) de los pozos y descargas del colector de la calle Mariscal Sucre para la descarga 1	35
Tabla 3.3. Coordenadas en (x, y) de los pozos y descargas del colector de la Av. de los Cerezos para la descarga 1	36
Tabla 3.4. Coordenadas en (x, y) de los pozos y descargas del colector de la Av. de los Cerezos para la descarga 2	36
Tabla 3.5. Coordenadas en (x, y) de los pozos y descargas del colector de la Av. de los Cerezos para la descarga 3	36
Tabla 3.6. Coordenadas en (x, y) de los pozos y descargas del colector de la Av. de los Cerezos para la descarga 4	37
Tabla 3.7. Coordenadas en (x, y) de los pozos y descargas del colector de la Av. de los Cerezos para la descarga 6	37
Tabla 3.8. Coordenadas en (x, y) de los pozos y descargas del colector de la Av. de los Cerezos para la descarga 5	38
Tabla 3.9. Caudales Externos (Inflows) del colector de la calle Mariscal Sucre	39
Tabla 3.10. Caudales Externos (Inflows) del colector de la Av. De los Cerezos	40
Tabla 3.11. Cota y profundidad máxima de los pozos del colector de la calle Mariscal Sucre	41
Tabla 3.12. Cota y profundidad máxima de los pozos del colector de la Av. de los Cerezos	42
Tabla 3.13. Coordenadas, cota y profundidad máxima de las descargas del colector de la calle Mariscal Sucre	43
Tabla 3.14. Coordenadas, Cota y profundidad máxima de las descargas del colector de la Av. de los Cerezos	43
Tabla 3.15. Datos de los conductos o tuberías para la evaluación de la calle Mariscal para la descarga 1	46

Tabla 3.16. Datos de los conductos o tuberías para la evaluación de la calle Mariscal para la descarga 2	46
Tabla 3. 17. Datos de los conductos o tuberías para la evaluación de la Av. de los Cerezos para la descarga 1	47
Tabla 3.18. Datos de los conductos o tuberías para la evaluación de la Av. de los Cerezos para la descarga 2	47
Tabla 3.19. Datos de los conductos o tuberías para la evaluación de la Av. de los Cerezos para la descarga 3	48
Tabla 3.20. Datos de los conductos o tuberías para la evaluación de la Av. de los Cerezos para la descarga 4	48
Tabla 3. 21. Datos de los conductos o tuberías para la evaluación de la Av. de los Cerezos para la descarga 5	49
Tabla 3.22. Datos de los conductos o tuberías para la evaluación de la Av. de los Cerezos para la descarga 6	49
Tabla 3.23. Datos necesarios de las cuencas del colector de la calle Mariscal Sucre para la descarga 1	54
Tabla 3.24. Datos necesarios de las cuencas del colector de la calle Mariscal Sucre para la descarga 2	55
Tabla 3.25. Datos necesarios de las cuencas del colector de la Av. de los Cerezos para la descarga 1	55
Tabla 3.26. Datos necesarios de las cuencas del colector de la Av. de los Cerezos para la descarga 2	55
Tabla 3.27. Datos necesarios de las cuencas del colector de la Av. de los Cerezos para la descarga 3	56
Tabla 3.28. Datos necesarios de las cuencas del colector de la Av. de los Cerezos para la descarga 4	56
Tabla 3.29. Datos necesarios de las cuencas del colector de la Av. de los Cerezos para la descarga 5	57
Tabla 3.30. Datos necesarios de las cuencas del colector de la Av. de los Cerezos para la descarga 6	57
Tabla 3.31. Coordenadas, Cota, profundidad máxima y caudal mínimo para una lluvia de dos años de los vertederos de la Av. de los Cerezos	59
Tabla 3.32. Tubos en los que el caudal alcanza la capacidad máxima del colector de la calle Mariscal Sucre para un periodo de retorno de 2 años.....	64

Tabla 3.33. Tubos en los que el caudal alcanza la capacidad máxima del colector de la calle Mariscal Sucre para un periodo de retorno de 10 años.....	64
Tabla 3.34. Tubos en los que el caudal alcanza la capacidad máxima del colector de la calle Mariscal Sucre para un periodo de retorno de 20 años.....	65
Tabla 3.35. Tubos en los que el caudal alcanza la capacidad máxima del colector de Av. De los Cerezos para un periodo de retorno de 2 años	66
Tabla 3.36. Tubos en los que el caudal alcanza la capacidad máxima del colector de Av. De los Cerezos para un periodo de retorno de 10 años	67
Tabla 3.37. Tubos en los que el caudal alcanza la capacidad máxima del colector de Av. De los Cerezos para un periodo de retorno de 20 años	68

CAPÍTULO IV

Tabla 4.1. Comparación de los métodos de análisis del colector de la calle Mariscal Sucre para un periodo de retorno de dos años.....	74
Tabla 4.2. Comparación de los métodos de análisis del colector de la calle Mariscal Sucre para un periodo de retorno de diez años	77
Tabla 4.3. Comparación de los métodos de análisis del colector de la calle Mariscal Sucre para un periodo de retorno de 20 años	80
Tabla 4.4. Comparación de los métodos de análisis del colector de la Av. De los Cerezos para un periodo de retorno de dos años.....	83
Tabla 4.5. Comparación de los métodos de análisis del colector de la Av. De los Cerezos para un periodo de retorno de diez años.....	86
Tabla 4.6. Comparación de los métodos de análisis del colector de la Av. De los Cerezos para un periodo de retorno de veinte años.....	89
Tabla 4.7. Diferencia de caudales entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 2 años.....	93
Tabla 4.8. Diferencia de caudales entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 10 años.....	94
Tabla 4.9. Diferencia de caudales entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 20 años.....	94
Tabla 4.10. Diferencia de caudales entre los periodos de retorno 2,10 y 20 años mediante Flujo Estático.....	95

Tabla 4.11. Diferencia de caudales entre los periodos de retorno 2,10 y 20 años mediante Onda Cinemática	96
Tabla 4.12. Diferencia de caudales entre los periodos de retorno 2,10 y 20 años mediante Onda Dinámica.....	96
Tabla 4.13. Diferencia de caudales entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 2 años.....	97
Tabla 4.14. Diferencia de caudales entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 10 años.....	98
Tabla 4.15. Diferencia de caudales entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 20 años.....	98
Tabla 4.16. Diferencia de caudales entre los periodos de retorno 2,10 y 20 años mediante Flujo Estático.....	99
Tabla 4.17. Diferencia de caudales entre los periodos de retorno 2,10 y 20 años mediante Onda Cinemática	99
Tabla 4.18. Diferencia de caudales entre los periodos de retorno 2,10 y 20 años mediante Onda Dinámica.....	100
Tabla 4.19. Variación porcentual del incremento en cada año entre el colector de pendiente pronunciada y el colector de baja pendiente.....	100

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Número de escorrentía para áreas urbanas	108
Anexo 2. Población total y de cada tramo del colector de la calle Mariscal Sucre .	109
Anexo 3. Población total y de cada tramo del colector de la Av. de los Cerezos...	110
Anexo 4. Tabla de cálculo del caudal pluvial mediante el método racional de la Calle Mariscal Sucre.....	112
Anexo 5. Tabla de cálculo del caudal pluvial mediante el método racional de la Av. de los Cerezos	113
Anexo 6. Ubicación de pozos y tuberías en AutoCAD de la Calle Mariscal Sucre	115
Anexo 7. Ubicación de pozos y tuberías en AutoCAD de la Av. de los Cerezos....	116
Anexo 8. Tabla de cálculo del caudal sanitario 2020 mediante el método racional de la Calle Mariscal Sucre	118
Anexo 9. Tabla de cálculo del caudal sanitario 2030 mediante el método racional de la Calle Mariscal Sucre	122
Anexo 10. Tabla de cálculo del caudal sanitario 2040 mediante el método racional de la Calle Mariscal Sucre	123
Anexo 11. Tabla de cálculo del caudal sanitario 2020 mediante el método racional de la Av. de los Cerezos.....	124
Anexo 12. Tabla de cálculo del caudal sanitario 2030 mediante el método racional de la Av. de los Cerezos.....	126
Anexo 13. Tabla de cálculo del caudal sanitario 2040 mediante el método racional de la Av. de los Cerezos.....	127
Anexo 14. Hietograma para una lluvia de retorno de 2 años	129
Anexo 15. Hietograma para una lluvia de retorno de 10 años	130
Anexo 16. Hietograma para una lluvia de retorno de 20 años	131
Anexo 17. Tabla de porcentajes de impermeabilidad para cada año de la Calle Mariscal Sucre.....	131
Anexo 18. Tabla de porcentajes de impermeabilidad para cada año de la Av. de los Cerezos.....	132
Anexo 19. Caudal mínimo para los vertederos en la Av. de los Cerezos	132
Anexo 20. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Flujo Estático para un periodo de 2 años de la descarga uno	133

Anexo 21. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Flujo Estático para un periodo de 2 años de la descarga dos	134
Anexo 22. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Onda Cinemática para un periodo de 2 años de la descarga uno.....	135
Anexo 23. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Onda Cinemática para un periodo de 2 años de la descarga dos	136
Anexo 24. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Onda Dinámica para un periodo de 2 años de la descarga uno	137
Anexo 25. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Onda Dinámica para un periodo de 2 años de la descarga dos.....	138
Anexo 26. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 10 años de la descarga uno.....	139
Anexo 27. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 10 años de la descarga dos	140
Anexo 28. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 10 años de la descarga uno	141
Anexo 29. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 10 años de la descarga dos.....	142
Anexo 30. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Onda Dinámica para un periodo de retorno de 10 años de la descarga uno	143
Anexo 31. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Onda Dinámica para un periodo de retorno de 10 años de la descarga dos	144
Anexo 32. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 20 años de la descarga uno.....	145
Anexo 33. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 20 años de la descarga dos	146
Anexo 34. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 20 años de la descarga uno	147
Anexo 35. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 20 años de la descarga dos.....	148
Anexo 36. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Onda Dinámica para un periodo de retorno de 20 años de la descarga uno	148
Anexo 37. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Onda Dinámica para un periodo de retorno de 20 años de la descarga dos	149

Anexo 38. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de 2 años la descarga uno.....	149
Anexo 39. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de 2 años la descarga dos	150
Anexo 40. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de 2 años la descarga tres	150
Anexo 41. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de 2 años la descarga cuatro.....	151
Anexo 42. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de 2 años la descarga seis.....	151
Anexo 43. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de 2 años la descarga cinco	152
Anexo 44. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de 2 años la descarga uno	152
Anexo 45. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de 2 años la descarga dos.....	153
Anexo 46. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de 2 años la descarga tres.....	153
Anexo 47. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de 2 años la descarga cuatro	154
Anexo 48. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de 2 años la descarga cinco.....	154
Anexo 49. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de 2 años la descarga seis	155
Anexo 50. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de 2 años la descarga uno	155
Anexo 51. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de 2 años la descarga dos.....	156
Anexo 52. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de 2 años la descarga tres	156
Anexo 53. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de 2 años la descarga cuatro	157
Anexo 54. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de 2 años la descarga cinco	157

Anexo 55. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de 2 años la descarga seis	158
Anexo 56. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 10 años la descarga uno	158
Anexo 57. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 10 años la descarga dos.....	159
Anexo 58. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 10 años la descarga tres.....	159
Anexo 59. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 10 años la descarga cuatro	160
Anexo 60. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 10 años la descarga cinco.....	160
Anexo 61. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 10 años la descarga seis	161
Anexo 62. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 10 años la descarga uno	161
Anexo 63. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 10 años la descarga dos.....	162
Anexo 64. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 10 años la descarga tres	162
Anexo 65. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática Estático para un periodo de retorno de 10 años la descarga cuatro	163
Anexo 66. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 10 años la descarga cinco	163
Anexo 67. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 10 años la descarga seis	164
Anexo 68. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de retorno de 10 años la descarga uno.....	164
Anexo 69. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de retorno de 10 años la descarga dos	165
Anexo 70. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de retorno de 10 años la descarga tres	165
Anexo 71. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de retorno de 10 años la descarga cuatro.....	166

Anexo 72. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de retorno de 10 años la descarga cinco	166
Anexo 73. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de retorno de 10 años la descarga seis.....	167
Anexo 74. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 20 años la descarga uno	167
Anexo 75. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 20 años la descarga dos.....	168
Anexo 76. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 20 años la descarga tres.....	168
Anexo 77. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 20 años la descarga cuatro	169
Anexo 78. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 20 años la descarga cinco.....	169
Anexo 79. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 20 años la descarga seis	170
Anexo 80. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 20 años la descarga uno	170
Anexo 81. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 20 años la descarga dos.....	171
Anexo 82. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 20 años la descarga tres	171
Anexo 83. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 20 años la descarga cuatro	172
Anexo 84. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 20 años la descarga cinco	172
Anexo 85. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 20 años la descarga seis	173
Anexo 86. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de retorno de 20 años la descarga uno.....	173
Anexo 87. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica Estático para un periodo de retorno de 20 años la descarga dos	174
Anexo 88. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de retorno de 20 años la descarga tres	174

Anexo 89. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de retorno de 20 años la descarga cuatro.....	175
Anexo 90. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de retorno de 20 años la descarga cinco	175
Anexo 91. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de retorno de 20 años la descarga seis.....	176
Anexo 92. Gráficos Caudal-Tiempo de los tramos más relevantes de la calle Mariscal Sucre por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 2 años.....	177
Anexo 93. Gráficos Caudal-Tiempo de los tramos más relevantes de la calle Mariscal Sucre por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 2 años	178
Anexo 94. Gráficos Caudal-Tiempo de los tramos más relevantes de la calle Mariscal Sucre por el método de Flujo Dinámico para un periodo de retorno de 2 años.....	179
Anexo 95. Gráficos Caudal-Tiempo de los tramos más relevantes de la calle Mariscal Sucre por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 10 años.....	180
Anexo 96. Gráficos Caudal-Tiempo de los tramos más relevantes de la calle Mariscal Sucre por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 10 años ..	181
Anexo 97. Gráficos Caudal-Tiempo de los tramos más relevantes de la calle Mariscal Sucre por el método de Flujo Dinámico para un periodo de retorno de 10 años.....	182
Anexo 98. Gráficos Caudal-Tiempo de los tramos más relevantes de la calle Mariscal Sucre por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 20 años.....	183
Anexo 99. Gráficos Caudal-Tiempo de los tramos más relevantes de la calle Mariscal Sucre por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 20 años ..	184
Anexo 100. Gráficos Caudal-Tiempo de los tramos más relevantes de la calle Mariscal Sucre por el método de Flujo Dinámico para un periodo de retorno de 20 años.....	185
Anexo 101. Gráfico Caudal-Tiempo del tramo relevante de la Av. de los Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 2 años	186
Anexo 102. Gráfico Caudal-Tiempo del tramo relevante de la Av. de los Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 2 años.....	186
Anexo 103. Gráfico Caudal-Tiempo del tramo mas relevante de la Av. de los Cerezos por el método de Flujo Dinámico para un periodo de retorno de 2 años	187
Anexo 104. Gráfico Caudal-Tiempo del tramo mas relevante de la Av. de los Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 10 años.....	187
Anexo 105. Gráfico Caudal-Tiempo del tramo relevante de la Av. de los Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 10 años.....	188

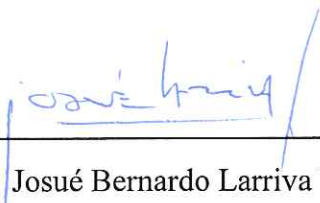
Anexo 106. Gráfico Caudal-Tiempo del tramo mas relevante de la Av. de los Cerezos por el método de Flujo Dinámico para un periodo de retorno de 10 años	188
Anexo 107. Gráfico Caudal-Tiempo del tramo mas relevante de la Av. de los Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 20 años	189
Anexo 108. Gráfico Caudal-Tiempo del tramo mas relevante de la Av. de los Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 20 años	189
Anexo 109Anexo 109. Gráfico Caudal-Tiempo del tramo mas relevante de la Av. de los Cerezos por el método de Flujo Dinámico para un periodo de retorno de 20 años	190

**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 CINÉTICA Y
ONDA DINÁMICA.**

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó la comparación en la modelación hidráulica de colectores de alcantarillado entre los modelos de Flujo Estático, Onda Cinética y Onda Dinámica para lluvias de diferentes períodos de diseño. Se evaluaron los colectores de las calles “Mariscal Sucre”, de baja pendiente, y el de la “Av. de los Cerezos”, de pendiente pronunciada, obteniéndose para cada uno diferentes escenarios en los que se identificaron los caudales máximos, condiciones de funcionamiento y puntos críticos. Se realizó la recopilación de la información catastral, se valoraron los aportes sanitarios, de infiltración y de lluvia, y para los cálculos se usó el software de cálculo SWMM.

Palabras clave: Alcantarillado, pendiente, evaluación, SWMM.



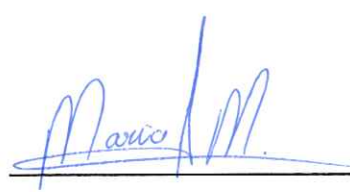
Josué Bernardo Larriva Vásquez

Director del Trabajo de Titulación



José Fernando Vázquez Calero

Coordinador de Escuela



María del Carmen Morocho Iñamagua



María José Rivera Urgilés

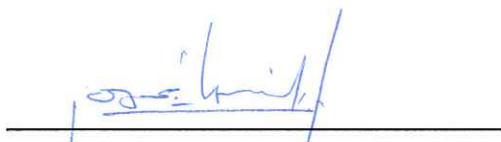
Autores

**EVALUATION AND COMPARISON OF THE HYDRAULIC OPERATION
OF THE COLLECTORS OF "MARISCAL SUCRE STREET" AND "LOS
CEREZOS AVE." THROUGH THE METHODOLOGIES OF STATIC
ANALYSIS, KINETIC WAVE AND DYNAMIC WAVE.**

ABSTRACT

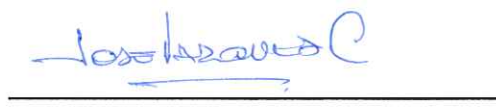
In this work, a comparison of the hydraulic models of sewer collectors for rain in different design periods was made. This comparison was developed between Static Flow, Kinetic Wave and Dynamic Wave models. The collectors of the low slope street "Mariscal Sucre" and the steep slope collectors of "Av. De los Cerezos" were evaluated. Maximum flow rates, operating conditions and critical points were obtained for each of the different identified scenarios. The compilation of cadastral information was carried out. The health, infiltration, and rainfall contributions were evaluated and the SWMM software was used for calculations.

Keywords: Sewerage, pending, evaluation, SWMM.



Josué Bernardo Larriva Vásquez

Thesis Director

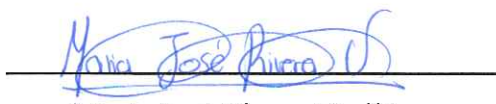


José Fernando Vázquez Calero

Faculty Coordinator

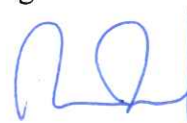


María del Carmen Morocho Iñamagua



María José Rivera Urgilés

Authors



Ing. Paúl Arpi

Traductor

María del Carmen Morocho Iñamagua

María José Rivera Urgilés

Trabajo de Titulación

Mst. Josué Bernardo Larriva Vásquez

Octubre, 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.**

INTRODUCCIÓN

La red de un sistema de alcantarillado es de gran importancia en el funcionamiento de una urbe, tiene impacto sobre la salud y el drenaje de la misma. En el caso de la ciudad de Cuenca después de la recolección, se conduce las aguas residuales a una planta de tratamiento donde reducen la contaminación, permitiendo la descarga hacia cursos superficiales, y en ciertos casos la reutilización de aguas de manera segura. La evaluación de un sistema de alcantarillado requiere métodos de cálculo que cuenten con bases científicas y con la tecnología más acorde a la situación actual. Esto se logra muchas veces a través de softwares que permiten el cálculo de diversas probabilidades de funcionamiento e incluyen el modelamiento de estructuras especiales de mantenimiento y operación.

En este caso se pretende conocer el funcionamiento de dos colectores importantes de la ciudad de Cuenca, el uno con baja pendiente y el otro con pendiente fuerte para analizar como varían con lluvias en periodos de retorno de dos, diez y veinte años, según el cambio de las condiciones externas.

Antecedentes

El sistema de alcantarillado que funciona en la actualidad en la ciudad de Cuenca fue construido en base a los criterios de los Planes Maestros de 1968 y 1985, años en el que se hizo un estudio de factibilidad y se determinó que existía un alto número de conexiones ilícitas y con alcantarillados sanitarios que descargaban sus aguas a colectores pluviales y viceversa (ETAPA EP, 2018).

La última evaluación y diseño de los colectores fue en el año 2003, donde se utilizó el método racional modificado.

En la actualidad la mayor parte de sistema de red de alcantarillado es de tipo combinado y cuenta con interceptores y colectores que conducen las aguas a plantas de tratamiento. En la ciudad existen 80 Km de redes de interceptores que son de forma variada, como sección baúl o sección cajón de diferentes dimensiones (ETAPA EP, 2018).

Problemática

Debido a que los colectores de la ciudad fueron diseñados y evaluados por última vez en el año 2003, y considerando que en el transcurso de estos quince años ha habido un cambio de uso de suelo, un incremento de población y variación en las áreas de aporte, se tiene la necesidad de evaluar el funcionamiento de los mismos. En esta evaluación se debe tomar en cuenta el crecimiento de caudales y de los nuevos datos de lluvias, los cuales provocan que los colectores ya no trabajen correctamente porque fueron diseñados con datos de años atrás.

El uso de un software permite analizar la capacidad de los colectores mediante tres métodos diferentes los que se compararan al cálculo original, en vista de que estos fueron diseñados con el método racional modificado.

Justificación

Se ha visto que en la ciudad no existen estudios de este tipo, por lo que resulta interesante comparar las metodologías de Análisis de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica contra el método Racional Modificado y determinar cuál es la más adecuada para el estado actual de dos colectores importantes de la ciudad, el uno con muy baja pendiente, y el otro con pendiente fuerte.

Objetivo general

Evaluar y modelar los colectores de alcantarillado de las calles “Mariscal Sucre” y “Av. de los Cerezos” mediante los métodos de Flujo Uniforme, Onda Cinemática y Onda Dinámica.

Objetivos específicos

- Investigar conceptos preliminares necesarios para desarrollo y comprensión de la investigación.
- Recopilar información detallada acerca de los colectores, y sobre su funcionamiento actual.
- Realizar los modelos hidráulicos para los dos colectores y varias simulaciones. Paralelamente elaborar un manual de apoyo sobre el manejo del programa.
- Analizar los resultados de los diferentes métodos y buscar soluciones para su correcto funcionamiento.

Alcances y resultados

- Se conceptualizarán las ideas necesarias para el desarrollo de la investigación.
- Se obtendrán los parámetros originales necesarios para realizar el desarrollo de la evaluación.
- Los resultados que dará el software mostrará la simulación mediante gráficos y valores. Dichos resultados nos ayudarán en la toma de decisión.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Hidráulica de tuberías

Existen tuberías de materiales diferentes, los que definen la rugosidad y por lo tanto la pérdida que se genera en el transcurso del paso del caudal, además el área que ocupa dicho caudal depende del diámetro y la velocidad, parámetros que tienen que ser los indicados para que el sistema de tuberías funcione de manera eficiente.

Las tuberías de alcantarillado se diseñan para trabajar a flujo libre por gravedad y el flujo en una tubería o canal se determina a partir de las características de desplazamiento y velocidad de una partícula. Si estas características permanecen constantes en el espacio, se presenta como flujo uniforme, y si permanecen constantes en el tiempo es un flujo permanente, por lo que para el dimensionamiento es conveniente asumir el flujo uniforme y permanente. En dichas condiciones resulta que la lámina del flujo es paralela al fondo de la tubería y la velocidad es constante en toda la trayectoria (López Cualla, 2003).

1.1.1 Flujo Uniforme Permanente

Un flujo considerado uniforme y permanente posee características constantes en tiempo y espacio, como se puede ver en la figura 1.1, es por esto que las condiciones de funcionamiento en la tubería como la velocidad real del flujo, la profundidad del flujo, el radio hidráulico y la profundidad hidráulica se encuentran a partir de relaciones hidráulicas que están basadas en el análisis de las características descritas en la figura 1.2 (López Cualla, 2003).

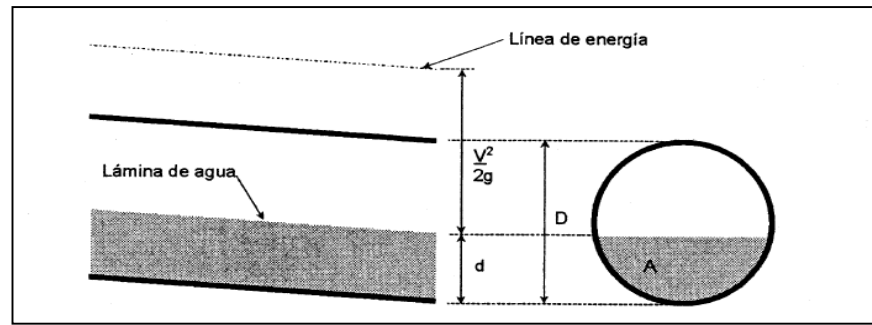


Figura 1.1. Flujo Uniforme y permanente en tuberías circulares
Fuente: (López Cualla, 2003)

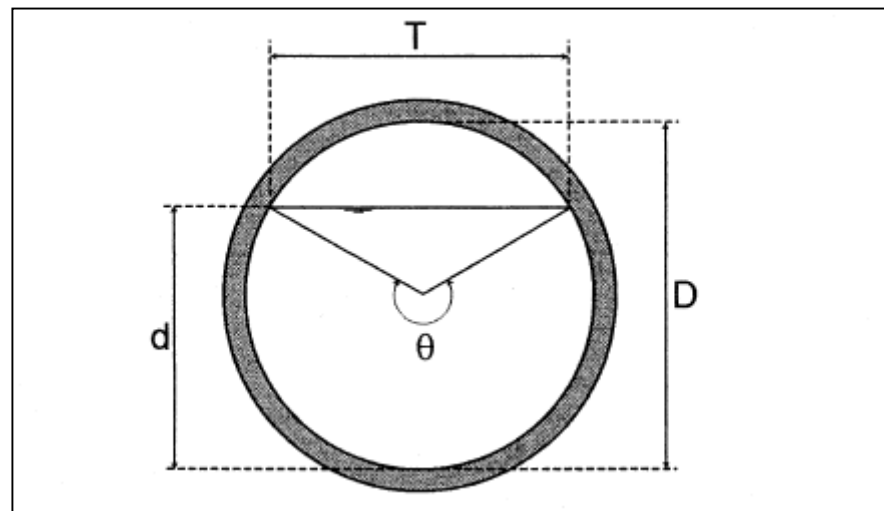


Figura 1.2. Elementos hidráulicos de una sección circular
Fuente: (López Cualla, 2003)

Área mojada, A:

$$A = \frac{D^2}{8} (\theta - \sin \theta) \quad (1.1)$$

Perímetro mojado, P:

$$P = \frac{D}{2} \theta \quad (1.2)$$

Radio hidráulico, R:

$$R = \frac{A}{P} = \frac{D}{4} \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta} \right) \quad (1.3)$$

Ancho superior, T:

$$T = D \left(\sin \left(\frac{\theta}{2} \right) \right) \quad (1.4)$$

$$T = 2\sqrt{d(D - d)} \quad (1.5)$$

Profundidad hidráulica, H:

$$H = \frac{A}{T} = \frac{D}{8} \left(\frac{\theta - \sin \theta}{\sin(\frac{\theta}{2})} \right) \quad (1.6)$$

Factor de sección, Z:

$$\frac{Q}{\sqrt{g}} = A\sqrt{H} = \frac{\sqrt{2}}{32} \frac{(\theta - \sin \theta)^{1.5}}{\left(\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)\right)^{0.5}} D^2 \quad (1.7)$$

Para la modelación de flujo uniforme, por lo general se utilizan las ecuaciones de Chezy o la de Manning, pero en nuestro medio utilizamos la segunda y es la siguiente:

$$V = \frac{R^{2/3} \times S^{1/2}}{n} \quad (1.8)$$

En donde:

V= velocidad media en la sección en m/seg

R=radio hidráulico en m = $\frac{A}{P}$

A= área de la sección de flujo en m²

P= perímetro mojado en m

R= radio hidráulico para la sección llena = $\frac{\pi D^2}{4\pi D} = \frac{D}{4}$

S= pendiente de la línea de energía en m/m

n= coeficiente de rugosidad Manning.

La ecuación de Manning se resume en:

$$Q = \frac{A^{5/3} \times S^{1/2}}{n \times P^{2/3}} \quad (1.9)$$

El área de la sección está en función del diámetro de la tubería y cuando hay un incremento fuerte en la pendiente o variación de caudal el diámetro varía y este no debe ser menor al de la sección anterior (López Cualla, 2003).

Determinar el coeficiente de rugosidad es muy importante para el diseño, debido a que un valor muy alto sobredimensiona el sistema y un valor bajo da una capacidad insuficiente para transportar el caudal de diseño. Es por eso que el coeficiente que se debe escoger depende del material de la tubería y los valores que se recomiendan se encuentran en la tabla 1.1 (López Cualla, 2003).

Tabla 1.1. Coeficiente de rugosidad n de la fórmula de Manning

Material	n
PVC y Polietileno de alta densidad	0,009
Asbesto Cemento	0,010
Hierro fundido nuevo	0,013
Hierro fundido usado	0,017
Concreto liso	0,012
Concreto Rugoso	0,014
Mampostería con mortero de cemento	0,020
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)

1.2 Aplicación de sistemas de información geográfica

Se llama Sistema de Información Geográfica (SIG) a la unión de hardware, software y datos geográficos que funcionan de manera organizada y capturan, almacenan, manipulan, analizan y despliegan información geográficamente referenciada para facilitar la visualización de datos obtenidos en un mapa y relacionar fenómenos geográficos de cualquier tipo, además representa y analiza los resultados en sitios web, resolviendo ágilmente problemas complejos de planificación y gestión, lo que apoya a la toma de decisiones (Laboratorio Unidad Pacífico Sur, 2014; Confederación de Empresarios de Andalucía, 2010).

Un SIG está formado por subsistemas y cada uno se encarga de una función diferente. Los subsistemas más importantes son los siguientes:

- Subsistema de datos: encargado de la operación de entrada y salida de datos y del funcionamiento de estos dentro del SIG, además permite el acceso de otros subsistemas para que tomen información que ellos necesiten (Olaya, 2014).
- Subsistema de visualización y creación cartográfica: crea mapas o leyendas a partir de los datos, también cumple la función de edición (Olaya, 2014).
- Subsistema de análisis: analiza los datos geográficos (Olaya, 2014).

1.3 Aplicación de software de cálculo

Al hablar de modelación hidráulica nos referimos a la reproducción a escala reducida de fenómenos, estados o procesos del flujo del agua. Esta ha sido utilizada durante décadas en la ingeniería, tal es el caso de Ecuador, donde la Escuela Politécnica Salesiana trabaja desde 1965 con modelos hidráulicos, siendo una herramienta indispensable para lograr diseños exitosos de estructuras para agua potable y alcantarillado (Castro D., Hidalgo B., & Poveda F.).

La aplicación de modelos hidráulicos en obras de ingeniería civil es de gran ayuda y beneficio debido a que estos se basan en principios físicos establecidos, por lo que la “modelación hidráulica” es considerada una ciencia que utiliza conceptos generales de análisis dimensional o ecuaciones empíricas en procesos específicos (Castro D., Hidalgo B., & Poveda F.).

Para la modelación hidráulica se utilizará el software de cálculo *Stormwater Management Model* (modelo de gestión de aguas pluviales) SWMM.

El software SWMM, funciona como un modelo hidráulico dinámico de simulación de precipitaciones, implicando la cantidad de agua evacuada, especialmente en alcantarillados urbanos. El programa analiza el momento que se genera escorrentía en las cuencas, el recorrido de la misma mediante tuberías, tomando en cuenta la evolución de la cantidad y calidad del agua, así como el caudal, el nivel de agua en los pozos durante una simulación en varios intervalos de tiempo (U.S. Environment Protection Agency , 2005).

Dicho software es de fácil acceso debido a que cuenta con una licencia gratuita y el instalador se puede encontrar en el sitio web oficial EPA del gobierno de los Estados Unidos.

1.4 Criterios para la evaluación de una red de distribución

1.4.1. Velocidades

La magnitud de la velocidad en colectores de aguas servidas es un factor muy importante por dos razones relevantes:

- Velocidades bajas pueden provocar obstrucción debido a que se sedimentarán los sólidos en las tuberías. Además, causa la acumulación de gas sulfhídrico en el líquido (Aldás Castro, 2011).
- Por otro lado, las velocidades altas pueden erosionar el material (Aldás Castro, 2011).

Por esta razón, es necesario diseñar tuberías con características de auto limpieza y que eviten erosión, para lo que se recomienda usar las velocidades indicadas en la tabla 1.2.

Tabla 1.2. Velocidades máximas y mínimas

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

Fuente: (Fondo Para el Logro de los ODM)

1.4.2. Diámetros

En las tuberías parcialmente llenas, deben tomarse en cuenta los diámetros internos reales y no los nominales. El diseño debe ser realizado según los diámetros que ofrece el mercado y con los materiales disponibles para dicho sistema, además debe cumplir con todas las determinaciones constructivas y económicas dadas por el diseñador para que funcione eficientemente (Empresas Públicas de Medellín E.S.P, 2009).

El diámetro nominal mínimo para una red de colectores debe ser de 200 mm y en alcantarillados para poblaciones pequeñas debe ser de 150mm (López Cualla, 2003).

1.4.3. Pérdidas de carga

Las pérdidas se consideran en la gradiente hidráulica, la cual es la línea imaginaria que une los valores de energía hidráulica total en diferentes secciones transversales del sistema. La gradiente de energía en alcantarillado es siempre descendente al menos que haya introducción de energía por bombeo (Fondo Para el Logro de los ODM).

Las pérdidas de carga se encuentran en función del material de la tubería, por lo que en este caso utilizaremos la ecuación de Hazen-Williams debido a que en esta se considera el coeficiente de rugosidad.

La ecuación es la siguiente:

(Fagro, 2015)

$$h_f = \left(\frac{10.679}{C^{1.852}} \right) \times \left(\frac{L}{D^{4.87}} \right) \times Q^{1.852} \quad (1.10)$$

De donde:

hf= pérdida de carga en m.

L= longitud de la tubería en m.

D= diámetro interno en m.

Q= caudal en m³ / seg

C= está en función del material y tenemos los valores en la tabla 1.3.

Tabla 1.3. Coeficiente C para la ecuación de Hazen-Williams

Material	Coeficiente C
Asbesto-cemento (nuevo)	135
Cobre y Latón	130
Ladrillo de saneamiento	100
Hierro fundido, nuevo	130
Hierro fundido, 10 años de edad	107-113
Hierro fundido, 20 años de edad	89-100
Hierro fundido, 30 años de edad	75-90
Concreto, acabado liso	130
Concreto, acabado común	120
Acero galvanizado (nuevo y usado)	125
Acero remachado nuevo	110
Acero remachado usado	85
PVC	140
PE	150
Plomo	130-140
Aluminio	130

Fuente: (Fagro, 2015)

1.5 Ecuación de Flujo Uniforme

El Flujo Uniforme ocurre cuando las características hidráulicas como caudal, velocidad, profundidad y área mojada son constantes a lo largo de la tubería o canal (Cherequen Morán, 1993).

Se simboliza como se muestra en la figura 1.3

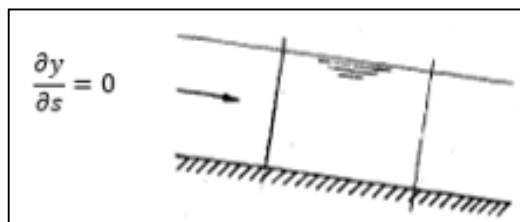


Figura 1.3. Flujo Uniforme en canales y tuberías
Fuente: (Cherequen Morán, 1993)

La pérdida de energía por fricción en el flujo uniforme en tuberías se determina con la fórmula de Darcy-Weisbach

$$h_f = f * \frac{1}{4R} * \frac{v^2}{2g} \quad (1.11)$$

Donde:

$$R = \text{radio hidráulico} = \frac{\text{área mojada}}{\text{perímetro mojado}} = \frac{A}{P}$$

V = velocidad

g = gravedad

En canales, la pendiente de la línea de energía (S_f) es igual a la pendiente de la superficie libre (S_w) y a la pendiente de fondo (S_o) (Cherequen Morán, 1993):

$$S = \frac{h_f}{L} = \frac{fV^2}{8gR} \quad (1.12)$$

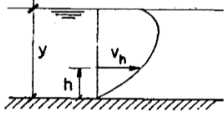
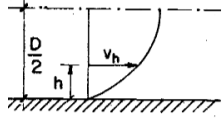
Donde:

$$Re = \text{número de Reynolds} = \frac{V4R}{\nu}$$

$$\nu = -\sqrt{32RS} \log\left(\frac{K}{14.8R} + \frac{1.255\nu}{R\sqrt{32gRS}}\right) \quad (1.13)$$

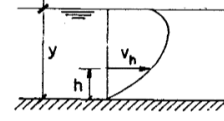
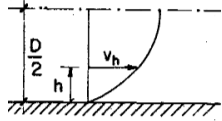
La ecuación de Chezy es utilizada en el análisis de flujo uniforme en tuberías y canales, se obtiene a partir de las relaciones según contornos lisos y rugosos como se indican en las tablas 1.4 y 1.5 respectivamente:

Tabla 1.4. Relaciones de la ecuación de Chezy para contornos hidráulicamente lisos

	Canales anchos	tuberías
Contornos hidráulicamente lisos		
Distribución de velocidades	$v_h = \frac{v_1}{x} \log \frac{104h}{\delta}$	$v_h = \frac{v_1}{x} \log \frac{104h}{\delta}$
Velocidad media	$v = \frac{v_1}{x} \log \frac{42R}{\delta}$	$v = \frac{v_1}{x} \log \frac{42R}{\delta}$

Fuente: (Cherequen Morán, 1993)

Tabla 1.5. Relaciones de la ecuación de Chezy para contornos hidráulicamente rugosos

	Canales anchos	tuberías
Contornos hidráulicamente rugosos		
Distribución de velocidades	$v_h = \frac{v_1}{x} \log \frac{30h}{k}$	$v_h = \frac{v_1}{x} \log \frac{30h}{k}$
Velocidad media	$v = \frac{v_1}{x} \log \frac{12R}{k}$	$v = \frac{v_1}{x} \log \frac{12R}{k}$

Fuente: (Cherequen Morán, 1993)

Se combinan entre liso y rugoso:

$$V = \frac{v_1}{x} \frac{6R}{\frac{k}{2} + \frac{\delta}{7}} \quad (1.14)$$

$$V_1 = \sqrt{\frac{r_o}{p}} = \sqrt{\frac{yRs}{p}} = \sqrt{gRs} \quad (1.15)$$

Reemplazamos 1.14 en 1.15 y obtenemos la ecuación de Chezy

$$V = 18 \log \left(\frac{6R}{\frac{k}{2} + \frac{\delta}{7}} \right) \sqrt{RS} \quad (1.16)$$

De donde:

V = velocidad media

R = radio hidráulico

S = pendiente de la línea de energía o pérdida de energía por unidad de longitud = $\frac{hf}{L}$

1.6 Método de Onda Cinemática

El método de Onda Cinemática es una simplificación de las ecuaciones de Saint-Venant para la modelación de tránsito hidráulico en redes. Es simple en su estructura, y, a pesar de no tomar en cuenta las fuerzas de presión y aceleración (debido a que no predominan en el flujo) cuenta con un buen comportamiento y resultados aproximados a la realidad en una modelación. Se basa en fuerzas gravitacionales y de fricción, por lo que se sabe que un flujo está dominado por ondas cinemáticas cuando las fuerzas gravitacionales o de presión no son importantes (Amarís Castro, Guerrero Barbosa, & Sánchez Ortiz, 2015; Chow, Maidment, & Mays, 1994).

En Onda Cinemática, la línea de energía total es paralela al fondo del canal y el flujo es uniforme y permanente a lo largo del tiempo como podemos observar en la figura 1.4.

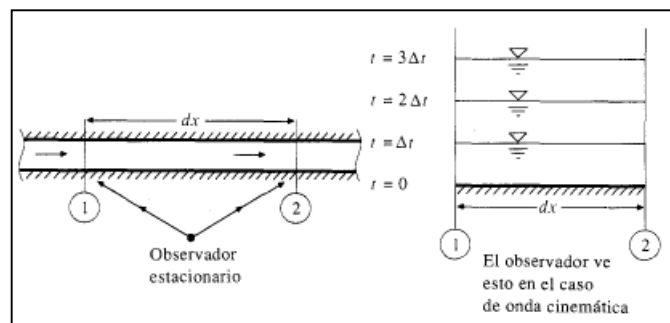


Figura 1.4. Onda Cinemática en un tramo corto de un canal vista por un observador estacionario
Fuente: (Chow, Maidment, & Mays, 1994)

El modelo de Onda Cinemática se define por las siguientes ecuaciones:

- Continuidad:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (1.14)$$

- Momentum:

$$S_0 = S_f \quad (1.15)$$

Si comparamos la ecuación de momentum con la ecuación de Manning y hablamos de que una onda es una variación en el flujo y que la celeridad de onda es la velocidad con la cual esta variación se mueve a lo largo del canal, decimos que la celeridad de onda se incrementa a medida que el caudal Q crece. (Chow, Maidment, & Mays, 1994)

1.7 Método de Onda Dinámica

El método de Onda Dinámica se considera como el modelo de transito hidráulico más completo debido a que cuenta con las fuerzas inerciales, presión, gravitacional y de fricción por lo que resuelve ecuaciones más completas (Amarís Castro , Guerrero Barbosa, & Sánchez Ortiz, 2015).

En Onda Dinámica la línea de energía total y la elevación de la superficie de agua no son paralelas al lecho como se puede mostrar en la figura 1.5:

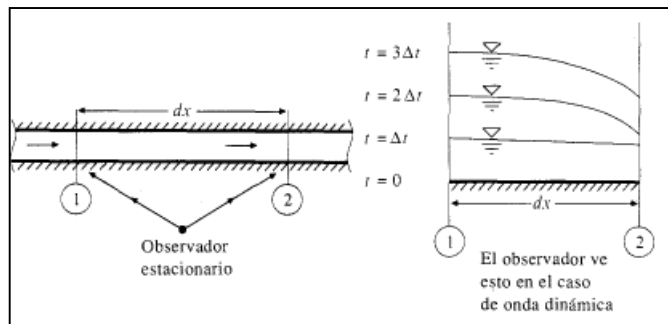


Figura 1.5. Onda Dinámica en un tramo corto de un canal vista por un observador estacionario.
Fuente: (Chow, Maidment, & Mays, 1994)

Las ecuaciones correspondientes a Onda Dinámica son:

$$\frac{dx}{dt} = V \pm C_d \quad (1.16)$$

$$\frac{d}{dt} (V \pm 2C_d) = g(S_0 - S_f) \quad (1.17)$$

De donde C_d es la celeridad de la onda que mide la velocidad de la misma con respecto al agua en reposo. Con agua en movimiento existen dos ondas dinámicas, una moviéndose aguas arriba con velocidad $V - C_d$ y otra moviéndose aguas abajo con velocidad $V + C_d$. Para que la onda se mueva hacia arriba en el canal se requiere que $V > C_d$ o que el flujo sea subcrítico. Lo que veremos en la figura 1.6 (Chow, Maidment, & Mays, 1994):

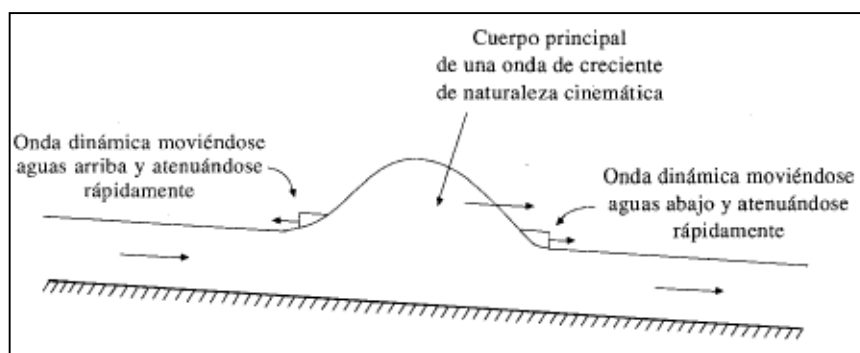


Figura 1.6. Movimiento de una onda de crecida
Fuente: (Chow, Maidment, & Mays, 1994)

Basándonos en la figura 1.6 concluimos que una onda de crecida que se desplaza con velocidad de onda cinemática se moverá aguas abajo en el canal más rápido que la velocidad del agua, mientras que las ondas dinámicas se mueven aguas arriba y aguas abajo al mismo tiempo (Chow, Maidment, & Mays, 1994).

1.8 Infiltración mediante el método de número de curva

En 1972 “Soil Conservation Service” (SCS) desarrolló el método de número de curva (CN), cuyo propósito es determinar las abstracciones hidrológicas que ocurren durante la precipitación en una lluvia, para estimar la escorrentía generada en la cuenca (Muñoz Pauta, 2013).

En superficies naturales el CN es menor a 100, mientras que para superficies impermeables y superficies de agua el CN es igual a 100 (Muñoz Pauta, 2013).

Para determinar el número de curva es necesario basarse en los siguientes factores:

- Grupo hidrológico del suelo.
- Tipo de cobertura.
- Condiciones de humedad.
- Conexiones directas al sistema de drenaje.

Para áreas urbanas la SCS propone la tabla del Anexo 1, la cual determina el número de curva, asumiendo que las áreas impermeables como calles, cuentas, alcantarillas, etc., están conectadas directamente al sistema de drenaje, mientras que las áreas permeables, considera a espacios abiertos en condiciones hidrológicas buenas.

En cuanto a la clasificación de grupo hidrológico del suelo tenemos la siguiente tabla:

Tabla 1.6. Grupo hidrológico de suelos alterados

Grupo hidrológico	Textura del suelo
A	Arena, arenas limosas, o franco arenoso
B	Franco limoso o limo
C	Franco arcilloso arenoso.
D	Franco arcilloso, franco arcilloso limoso, Arcillas o limos arcillosos, arcillas arenosas

Fuente: (Department of Agriculture (U.S.D.A) , 1985)

El número de curva es calculado mediante la siguiente ecuación:

$$CNP = \frac{\sum (A \times CN)}{\sum A} \quad (1.18)$$

De donde:

CNP= número de curva ponderado.

A= área del de la zona o suelo analizado.

CN= número de curva de la zona o suelo analizado.

CAPÍTULO II

RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN

2.1 Información demográfica

La población es un dato que se requiere para conocer el funcionamiento actual y futuro del colector y para calcular la capacidad necesaria del mismo. Para obtener dicho dato hemos encontrado las áreas de aporte y la densidad poblacional en base a los catastros y datos facilitados por el departamento de Información Geográfica de ETAPA EP. Multiplicando las áreas de aporte por la densidad poblacional de cada tubería perteneciente a los colectores, se obtuvo la población del año 2020 2030 y 2040 en relación a periodos de retorno de dos, diez y veinte años, lo que se puede apreciar en las tablas 2.1 y 2.2 de los Colectores de la calle Mariscal Sucre y Av. De los Cerezos respectivamente.



Figura 2.1. Calle Mariscal Sucre tramos 1-2 y tramos 7-8
Fuente: (Googlemaps, 2015)

Tabla 2.7. Población total para cada descarga colector de la calle Mariscal Sucre

Tubo	Población		
	2020	2030	2040
T1-D1	1325	1037	822
T13-D2	410	317	252
Total	1735	1354	1074

Fuente: ETAPA



Figura 2.2. Av. de los Cerezos tramo 1 y tramo 63
Fuente: (Googlemaps, 2015)

Tabla 2.8. Población total para cada descarga del colector de la Av. de los Cerezos

Tubo	Población		
	2020	2030	2040
T1- D1	74	86	103
T10-D2	30	41	50
T16-D3	261	335	418
T29-D4	705	851	1023
T45-D6	533	671	831
T51-D5	612	764	934
Total	2209	2741	3350

Fuente: ETAPA

2.2 Información topográfica

Los datos topográficos facilitan el conocimiento de la dirección del flujo y de la magnitud de las velocidades. Es así que con la información topográfica brindada de igual manera por el departamento de Información Geográfica ETAPA EP, se sabrá donde se encuentran ubicados los pozos de revisión, debido a que las cartas topográficas nos dan la ubicación exacta de los colectores de la “Avenida de los Cerezos” donde existen pendientes pronunciadas y de la “Mariscal Sucre” con pendiente baja.

En la tabla 2.3 hasta la tabla 2.10 se tienen las cotas de los colectores de la calle Mariscal Sucre y Av. De los Cerezos respectivamente.

Tabla 2.9. Cotas de los pozos del colector de la calle Mariscal Sucre para la descarga 1

Pozo	Cota de tapa	Cota de fondo
P1	2557.48	2554.695
P2	2555.09	2551.89
P3	2553.98	2551.15
P4	2551.436	2548.54
P5	2549.35	2546.61
P6	2547.72	2544.77
P7	2547.72	2544.62
P8	2546.5	2543.552
P9	2546.41	2543.52
P10	2546.233	2543.04
P11	2544.52	2541.49

Fuente: ETAPA

Tabla 2.10. Cotas de los pozos del colector de la calle Mariscal Sucre para la descarga 2

Pozo	Cota de tapa	Cota de fondo
P12	2544.51	2541.1
P13	2542.831	2540.293
D1	2542.74	2539.05
P14	2541.928	2541.232
P15	2541.253	2540.028
P16	2541.157	2539.013
P17	2539.316	2538.623
P18	2537.35	2536.995
P19	2535.66	2534.59
P20	2534.33	2533.11
D2	2534.33	2531.53

Fuente: ETAPA

Tabla 2.11. Cotas de los pozos del colector de la Av. De los Cerezos para la descarga1

Pozo	Cota de tapa	Cota de fondo
P1	2789.42	2787.62
P2	2785	2782
P3	2783.8	2780.9
P4	2778.5	2775.81
P5	2774.3	2771.28
P6	2768.27	2766.55
P7	2766.29	2763.79
P8	2763.49	2761.59
P9	2762.34	2760.3
P10	2761.6	2758.51

Fuente: ETAPA

Tabla 2.12. Cotas de los pozos del colector de la Av. De los Cerezos para la descarga 2

Pozo	Cota de tapa	Cota de fondo
P11	2760.86	2757.76
P12	2759.57	2756.26
P13	2755.51	2751.46
P14	2750	2746.56
P15	2744.91	2742.41
P16	2738.74	2735.63

Fuente: ETAPA

Tabla 2.13. Cotas de los pozos del colector de la Av. De los Cerezos para la descarga 3

Pozo	Cota de tapa	Cota de fondo
P17	2735.76	2732.77
P18	2731.34	2728.14
P19	2727.8	2724.06
P20	2720.91	2717.99
P21	2713.44	2711.52
P22	2708.97	2705.64
P23	2707.1	2703.34
P24	2704.61	2701.08
P25	2696.96	2694.91
P26	2693.82	2691.87
P27	2694.08	2690.98
P28	2693.85	2690.02
P29	2690.11	2686.32

Fuente: ETAPA

Tabla 2.14. Cotas de los pozos del colector de la Av. De los Cerezos para la descarga 4

Pozo	Cota de tapa	Cota de fondo
P30	2687.05	2683.33
P31	2682.15	2678.77
P32	2676.78	2673.41
P33	2675.89	2672.64
P34	2674.59	2670.22
P35	2673.16	2669.01
P36	2669.32	2665.69
P37	2666.02	2662.36
P38	2662.28	2658.87
P39	2657.53	2655.72
P40	2654.97	2652.27
P41	2653.37	2650.75
P42	2652.09	2649.01
P43	2648.15	2645.05
P44	2644.63	2641.58
P45	2642.175	2638.603

Fuente: ETAPA

Tabla 2.15. Cotas de los pozos del colector de la Av. De los Cerezos para la descarga 6

Pozo	Cota de tapa	Cota de fondo
P46	2640.296	2637.496
P47	2640	2637.41
P48	2636.418	2634.028
P49	2634.318	2632.528
P50	2630	2628
P64	2625.57	2622.3

Fuente: ETAPA

Tabla 2.16. Cotas de los pozos del colector de la Av. De los Cerezos para la descarga 5

Pozo	Cota de tapa	Cota de fondo
P51	2625.39	2623.96
P52	2625.02	2623.47
P53	2623.41	2622.09
P54	2622.4	2620.09
P55	2618.93	2615.99
P56	2616.9	2612.44
P57	2611.27	2607.78
P58	2608.68	2606.68
P59	2607	2603.56
P60	2605.27	2601.54
P61	2599.72	2597.64
P62	2597.12	2595.16
P63	2595.001	2593.501

Fuente: ETAPA

2.3 Información catastral

De igual manera, el catastro brindado por el departamento de información geográfica de ETAPA EP, nos indica la longitud, el diámetro que se encuentran en la tabla 3.15 y la ubicación de las tuberías que se encuentran desde la tabla 3.1 hasta la tabla 3.8. En la figura 2.2 del colector de calle Mariscal Sucre y 2.3 del colector de la Av. De los Cerezos, podemos apreciar cómo se encuentran ubicados y las tuberías que aportan a los colectores.

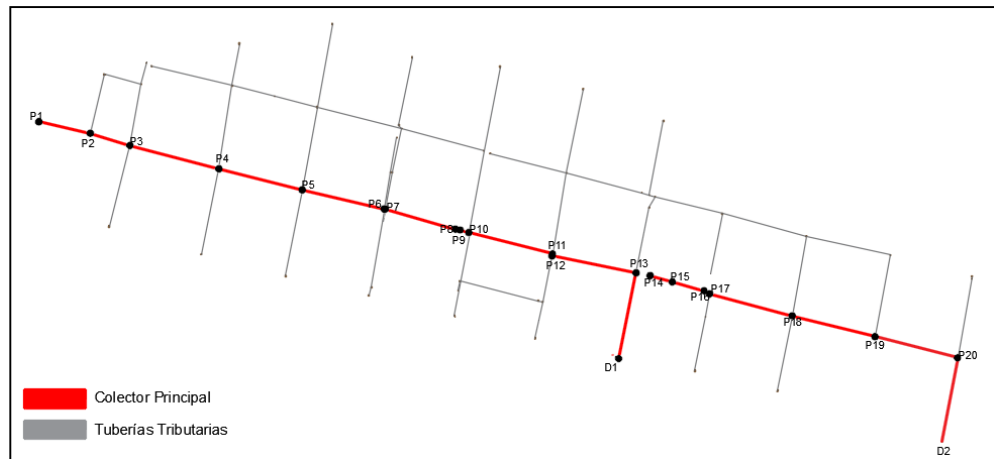


Figura 2.3. Catastro del colector de la calle Mariscal Sucre
Fuente: ETAPA EP

Se observa en la figura 2.4 que el colector de la calle Mariscal Sucre está dividido en dos descargas.

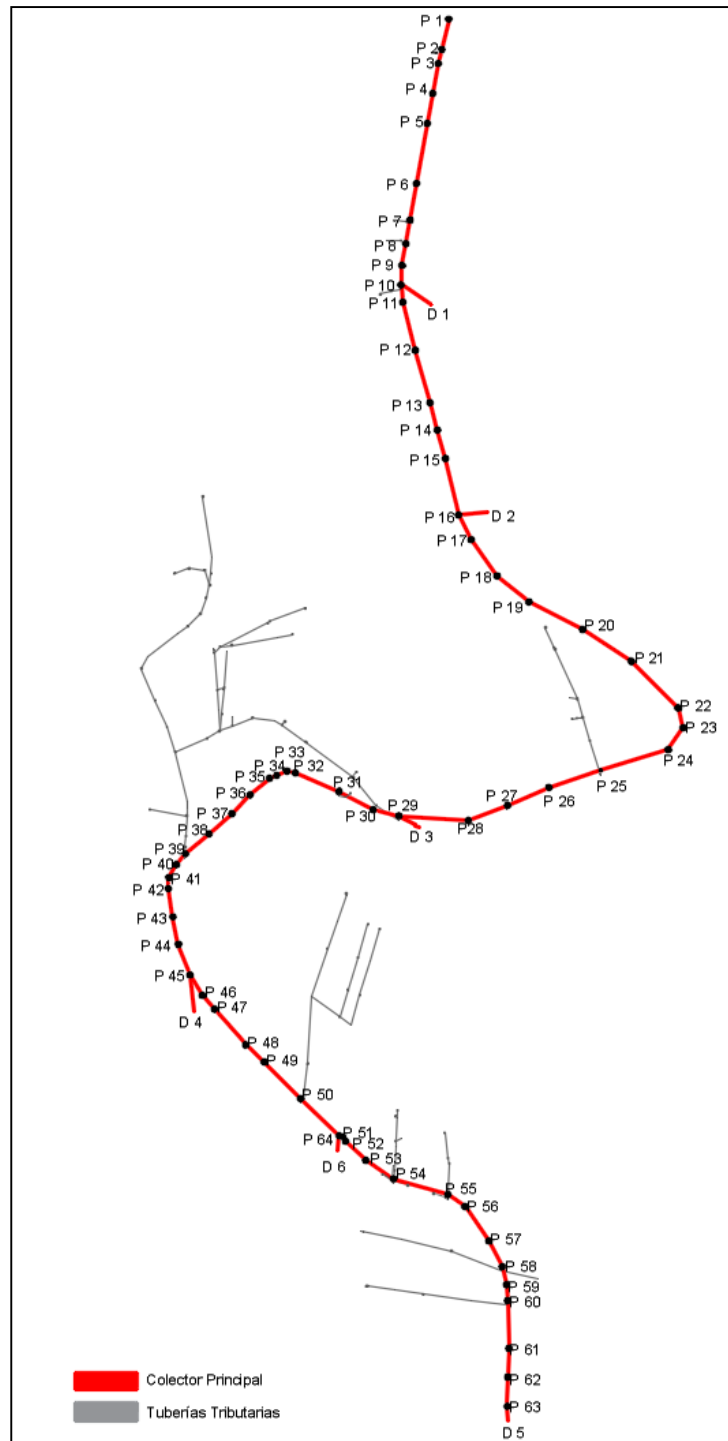


Figura 2.4. Catastro del colector de la Avenida de los Cerezos
Fuente: ETAPA EP

De igual manera, se observa que el colector de la Av. De los Cerezos está dividido en seis descargas.

2.4 Caudales

Mediante el método racional se han calculado los caudales que conduce cada colector, con el objetivo de tener una guía de comparación al momento de que el software de cálculo nos de los resultados finales sobre el caudal que llevan los mismos.

- Según el método racional el caudal total que lleva el colector de la calle Mariscal Sucre es de: 3302.87 l/seg
- Según el método racional el caudal total que lleva el colector de la Av. De los Cerezos es de: 1455.32 l/seg

Los cálculos de los caudales se encuentran en el Anexo 4 y en el Anexo 5 para los colectores de la calle Mariscal Sucre y Av. De los Cerezos respectivamente

2.5 Cálculo del número de curva

Según un documento en formato *shape*, brindado por el departamento de Sistemas de Información Geográfica (SIG) de la Universidad del Azuay se pudo analizar que el tipo de suelo existente en la calle Mariscal Sucre es de **tipo B**, debido a que posee características de suelo “**franco limosas o limo**” y según la tabla 1.6 lo clasifica como tal.

Con el mismo procedimiento, analizamos el tipo de suelo de la Av. De los Cerezos y concluimos que es **tipo A** en la zona inferior debido a que posee características de suelo **Arena, arenas limosas**, o franco arenoso. En la zona superior donde se localiza el colector existe un suelo **tipo C** porque posee características **Franco Arcilloso Arenoso**.

Con esta información procedemos a la tabla de “números de curva de escorrentía” que propone la SCS, la misma que se encuentra en el Anexo 1, y, aplicando la ecuación 1.18, calculamos el número de curva, resultados que se encuentran en las tablas 2.11 y 2.12

Tabla 2.17. Cálculo del número de curva de la zona del colector ubicado en la calle Mariscal Sucre

Suelo tipo B			
Uso de Tierra	Área A (m2)	CN	A*CN
Terreno abierto condiciones buenas (cobertura de césped < = 50 %)	18703.93	68	1271867
Calles con bordillo y alcantarillas	55286.91	83	4588813.7
Techos y pavimentos	201479.54	98	19744995
Total	275470.38		25605676
CNP	92.953		

Fuente: Autor

Tabla 2.18. Cálculo del número de curva de la zona del colector ubicado en la Av. De los Cerezos

Uso de la tierra	Suelo tipo A			Suelo tipo C		
	Área (m2)	CN	Producto	Área (m2)	C N	Producto
Terreno abierto condiciones buenas (cobertura de cesped <=50%)	1821.21	68	123842.69	58528.61	86	5033460.83
Terreno abierto condiciones buenas (cobertura de cesped 50% a 75%)	41834.36	49	2049884.02	5278.50	79	417001.65
Terreno abierto condiciones buenas (cobertura de cesped >= al 75%)	4625.48	39	180393.94	60767.19	74	4496772.52
Áreas impermeables	16884.93	98	1654723.73	99949.79	98	9795080.02
Callesde tierra	2510.95	72	180788.82	23447.75	87	2039954.58
Pavimentados bordillo y alcantarillas	6330.27	98	620367.33	28099.28	98	2753730.31
Total	74007.24		4810000.56	276071.15		24535999.9
CNP	83.84					

Fuente: Autor

CAPÍTULO III

MODELACIÓN HIDRÁULICA

Como se mencionó anteriormente, se trabajará con el software Stormwater Management Model (SWMM) para la evaluación de los colectores. La modelación se aplicará para periodos de retorno de dos, diez y veinte años.

El programa SWMM ya cuenta con manuales detallados, por lo que en el Capítulo III se procederá a realizar un manual de apoyo con ejercicios reales que servirá a dichos manuales, donde se hará una descripción del procedimiento de como a partir de los datos existentes, se generan las propiedades para introducir al programa, la simulación de programa y la interpretación de los mismos.

3.1 Interfaz gráfica

La interfaz gráfica que posee SWMM, tiene funciones que posee cualquier software que trabaja bajo ambiente de Windows, contiene barras de Menú Principal, de Herramientas y de Estado, además un Panel de Navegación y una ventana de Mapa de área de estudio donde se grafica el modelo hidráulico.

Dicha interfaz se encuentra en la figura 3.1.

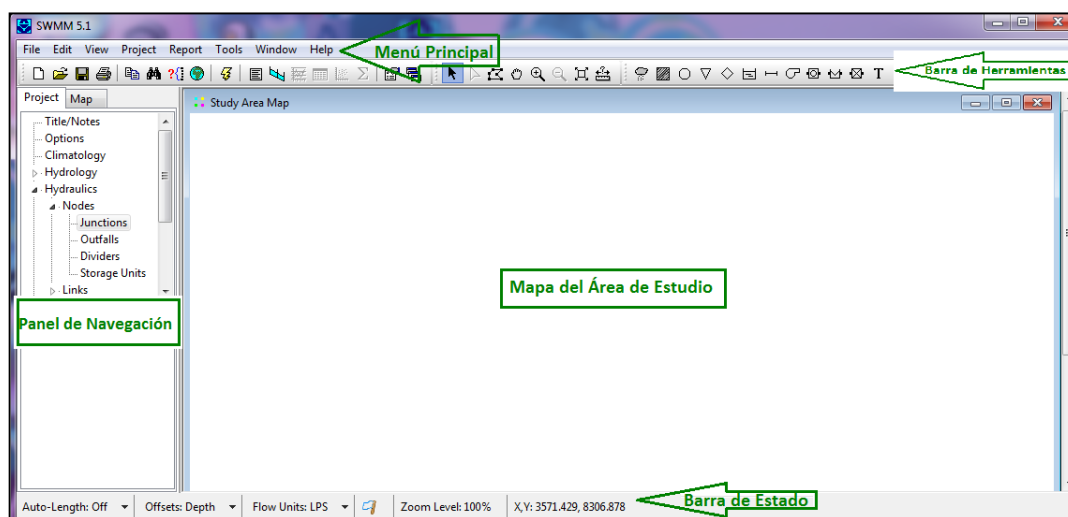


Figura 3.1. Interfaz gráfica de SWMM
Fuente: SWMM

3.2 Calibración de datos

Para la calibración de los datos, se debe seguir los pasos que se detallan a continuación:

1. Ajustar las coordenadas en (x, y) del mapa de área de estudio donde trabajaremos, esto nos ayudará a saber la correcta ubicación del colector.

Las coordenadas a ingresar son las de la esquina superior izquierda (C1) y la de la esquina inferior derecha (C2) del contorno de la zona donde se encuentra el colector, tal como se indica en la figura 3.2.

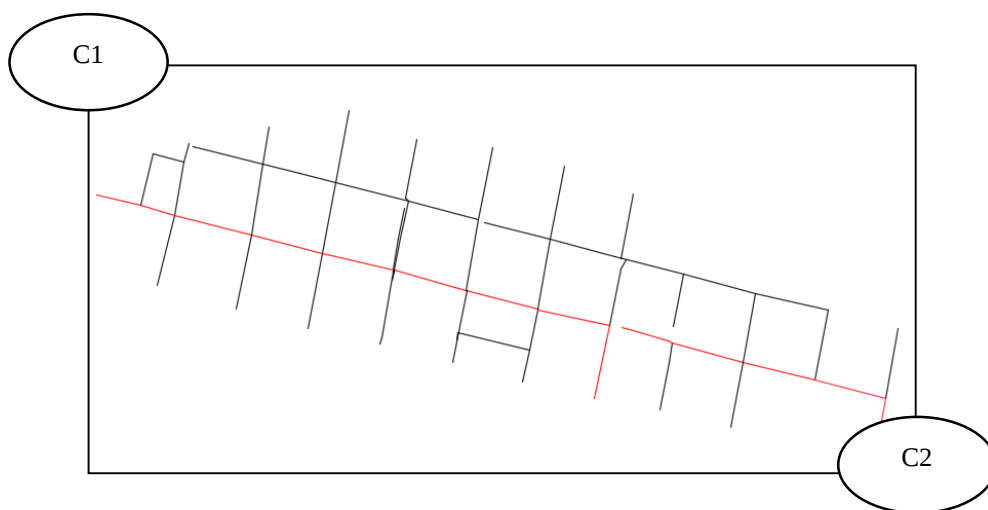


Figura 3.2. Ejemplo de las coordenadas a ingresar en el programa
Fuente: Autor

2. Para ajustar las coordenadas hacemos lo siguiente:
 - En el menú principal seleccionamos la pestaña **View** (Ver).
 - Se procede a la opción **Dimensions** (dimensiones).
 - A continuación, colocamos las coordenadas Superior Izquierda (C1) e inferior derecha (C2) y seleccionamos las unidades **Meters** (metros) como lo indica la figura 3.3.

Figura 3.3. Pasos a realizar la calibración de datos en SWMM
Fuente: SWMM

En la figura 3.4 y 3.5 se indican las coordenadas ingresadas para el colector de la calle Mariscal Sucre y el de la Av. De los Cerezos respectivamente.

Figura 3.4. Ajuste de coordenadas del colector de la calle Mariscal Sucre
Fuente: SWMM

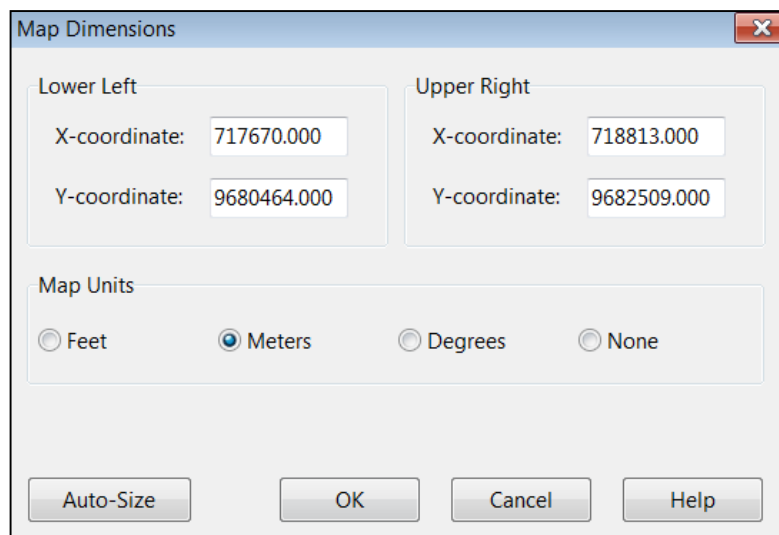


Figura 3.5. Ajuste de coordenadas del colector de la Av. De los Cerezos
Fuente: SWMM

- Finalmente damos clic en **OK**.
3. En la barra de estado, en la parte inferior a la izquierda cambiamos la opción de “longitud automática” con el fin de que en el momento que ingresemos las coordenadas de los pozos, el programa calcule automáticamente las longitudes de las tuberías. De igual modo seleccionamos las unidades de caudal en que vamos a trabajar, en este caso utilizaremos LPS (litros por segundo)
 4. Ingresamos los valores que por defecto deseamos que el programa utilice al introducir los datos.
- En la barra de menú seleccionamos la pestaña **Project** (proyecto) como se indica en la figura 3.6.

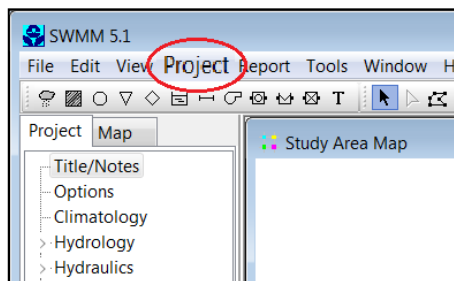


Figura 3.6. Pasos a realizar la calibración de datos en SWM
Fuente: SWMM

- Continuamos seleccionando la opción **Defaults** (valores predeterminados).
- Aparecerá la ventana **Project Defaults** y procedemos a llenar las etiquetas con las que deseamos que aparezcan los elementos de la modelación seleccionando la pestaña **ID Labels** (identificación de etiquetas), en nuestro caso colocamos las etiquetas como indica la figura 3.7.

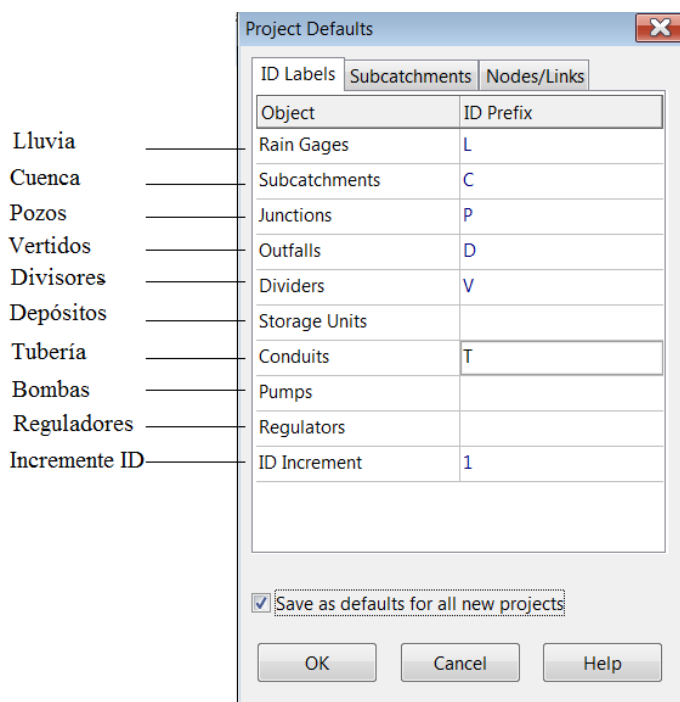


Figura 3.7. Pasos a realizar la calibración de datos en SWMM
Fuente: SWMM

- En la figura 3.8 observamos como llenar los valores que por defecto deseamos que se encuentren al momento de graficar las cuencas o áreas de aporte, para lo que seleccionamos la pestaña **Subcatchments** (cuencas).

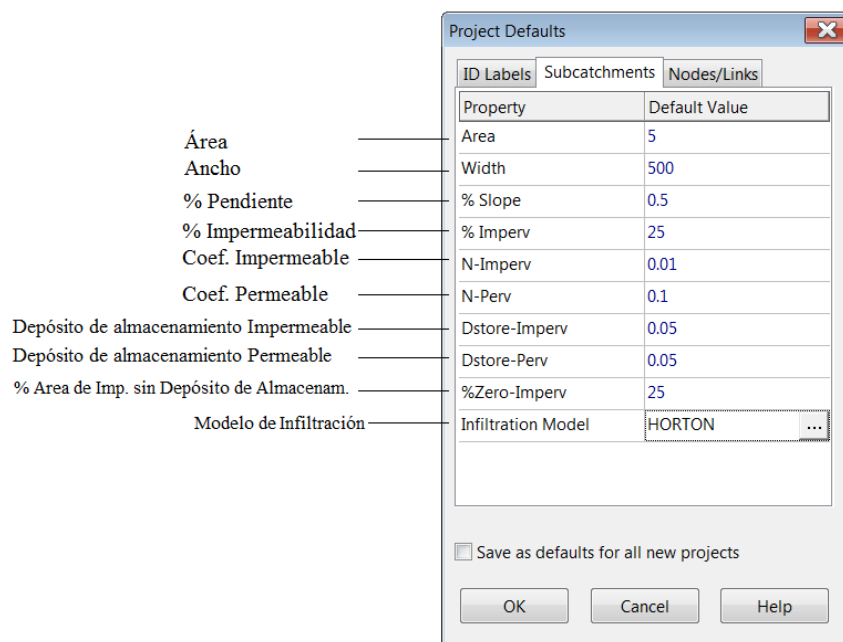


Figura 3.8. Pasos a realizar la calibración de datos en SWMM
 Fuente: SWMM

- En la figura 3.9 se observa la opción ***Infiltration Model*** (método de infiltración), donde seleccionamos la pestaña, nos aparecerá una ventana donde tenemos que escoger el método de infiltración ***CURVE_NUMBER*** (número de curva) y asignar el número de curva calculado previamente en el numeral 2.5. Dar clic en ***OK*** (aceptar).

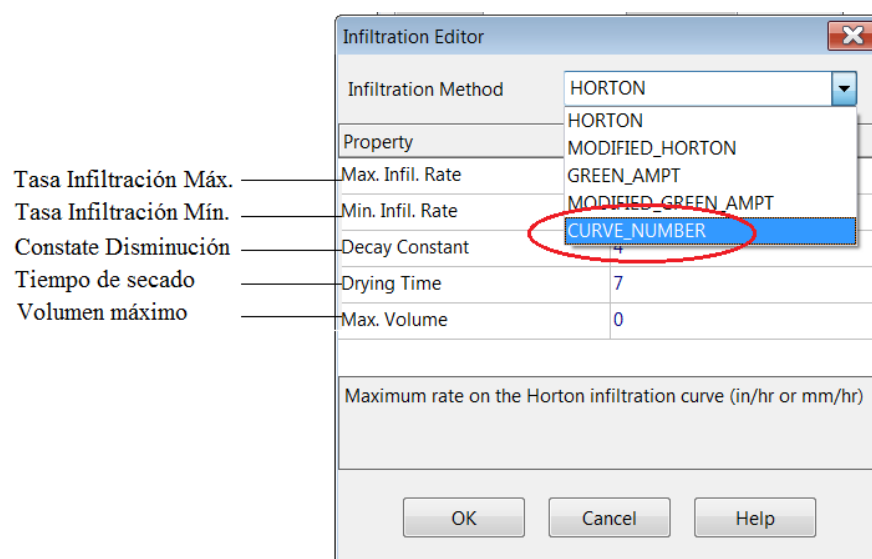


Figura 3.9. Pasos a realizar la calibración de datos en SWMM
 Fuente: SWMM

- De igual manera procedemos a llenar los valores que por defecto queremos que estén en las tuberías o conductos.

En la opción **Routing Method** (método de enrutamiento), figura 3.10, seleccionamos el tipo de flujo por el que deseamos evaluar, *Steady Flow* para Flujo Estático, *Kinematic Wave* para Onda Cinemática y *Dinamic Wave* para Onda Dinámica.

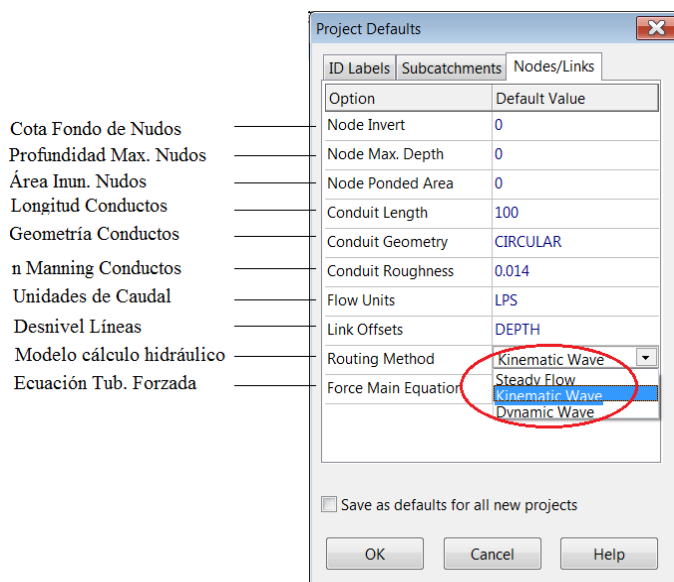


Figura 3.10. Pasos a realizar la calibración de datos en SWMM
Fuente: Autor

- Finalmente damos clic en **OK** (aceptar).

3.3 Trazo de pozos, descargas e introducción de datos

1. En la barra de herramientas seleccionamos la opción de pozo, figura 3.11 y a continuación damos clic izquierdo en el área de mapa de estudio, graficando de esta forma el pozo.

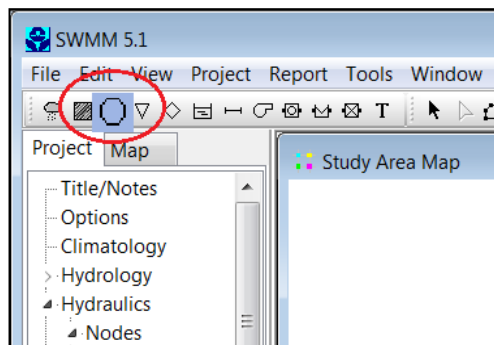


Figura 3.11. Pasos para el trazo de pozos en SWMM
Fuente: Autor

2. Para la introducción de valores necesarios, damos doble clic sobre el pozo y aparecerá la ventana de propiedades, y, debido a que le dimos la etiqueta **P** en los valores por defecto, la identificación del pozo llevará dicho prefijo.

Coordenadas en (x, y) de los pozos de la calle Mariscal Sucre y Av. de los Cerezos.

Tabla 3.1. Coordenadas en (x, y) de los pozos y descargas del colector de la calle Mariscal Sucre para la descarga 1

Pozos	Coordenada x	Coordenada y
P1	720974.6	9679713.2
P2	721042.18	9679698.1
P3	721094.27	9679682.1
P4	721211.18	9679651.3
P5	721320.73	9679623.6
P6	721428.15	9679598.5
P7	721429.79	9679598.3
P8	721522.18	9679572
P9	721528.24	9679570.8
P10	721539.6	9679567.5
P11	721649.77	9679539.2
P12	721649.19	9679536.5

Fuente: ETAPA

Tabla 3.2. Coordenadas en (x, y) de los pozos y descargas del colector de la calle Mariscal Sucre para la descarga 1

Pozos	Coordenada x	Coordenada y
P13	721736.71	9679401.6
P14	721778.24	9679510.6
P15	721807.32	9679502.4
P16	721848.92	9679490.7
P17	721856.16	9679486.8
P18	721964.65	9679457.9
P19	722073.58	9679430.4
P20	722182.77	9679402.6

Fuente: ETAPA

Tabla 3.3. Coordenadas en (x, y) de los pozos y descargas del colector de la Av. de los Cerezos para la descarga 1

Pozos	Coordenada x	Coordenada y
P1	718251.379	9682387.21
P2	718242.029	9682347.53
P3	718237.616	9682328.8
P4	718230.188	9682289.42
P5	718223.057	9682250.11
P6	718209.037	9682171.09
P7	718200.556	9682123.3
P8	718194.957	9682091.74
P9	718190.119	9682063.34
P10	718188.547	9682037.81

Fuente: ETAPA

Tabla 3.4. Coordenadas en (x, y) de los pozos y descargas del colector de la Av. de los Cerezos para la descarga 2

Pozos	Coordenada x	Coordenada y
P11	718190.992	9682014.93
P12	718207.579	9681951.71
P13	718226.622	9681882.89
P14	718236.697	9681846.84
P15	718247.101	9681809.57
P16	718263.925	9681735.06

Fuente: ETAPA

Tabla 3.5. Coordenadas en (x, y) de los pozos y descargas del colector de la Av. de los Cerezos para la descarga 3

Pozos	Coordenada x	Coordenada y
P17	718280.952	9681702.56
P18	718314.777	9681654.94
P19	718357.115	9681620.92
P20	718427.211	9681584.51
P21	718491.476	9681542.75
P22	718552.819	9681481.47
P23	718559.644	9681455.31
P24	718540.059	9681426.56
P25	718451.096	9681399.2
P26	718383.274	9681376.97
P27	718328.67	9681353.32
P28	718277.041	9681333.67
P29	718185.809	9681339.52

Fuente: ETAPA

Tabla 3.6. Coordenadas en (x, y) de los pozos y descargas del colector de la Av. de los Cerezos para la descarga 4

Pozos	Coordenada x	Coordenada y
P30	718152.174	9681347.78
P31	718106.964	9681371.78
P32	718049.725	9681396.02
P33	718038.541	9681398.13
P34	718025.118	9681392.68
P35	718015.974	9681389.08
P36	717990.293	9681366.97
P37	717966.112	9681342.27
P38	717935.973	9681315.96
P39	717905.332	9681289.8
P40	717893.156	9681275.47
P41	717883.494	9681258.42
P42	717882.845	9681243.81
P43	717888.642	9681206.59
P44	717895.938	9681170.66
P45	717911.314	9681130.15

Fuente: ETAPA

Tabla 3.7. Coordenadas en (x, y) de los pozos y descargas del colector de la Av. de los Cerezos para la descarga 6

Pozos	Coordenada x	Coordenada y
P46	717927.257	9681103.34
P47	717943.223	9681085.06
P48	717984.337	9681038.47
P49	718008.788	9681015.79
P50	718056.607	9680967.85
P64	718107.61	9680918.71

Fuente: ETAPA

Tabla 3.8. Coordenadas en (x, y) de los pozos y descargas del colector de la Av. de los Cerezos para la descarga 5

Pozos	Coordenada x	Coordenada y
P51	718107.609	9680918.71
P52	718115.615	9680911.73
P53	718142.135	9680886.37
P54	718178.807	9680862.33
P55	718250.277	9680841.28
P56	718272.869	9680825.57
P57	718304.222	9680780.38
P58	718321.587	9680746.58
P59	718327.289	9680722.84
P60	718328.733	9680702.1
P61	718330.461	9680639.33
P62	718328.949	9680601.41
P63	718328.253	9680563.14

Fuente: ETAPA

La ubicación de los pozos se encuentra en el Anexo 6 para el colector de la calle Mariscal Sucre y Anexo 7 para el colector de la Av. De los Cerezos.

- Luego procedemos a la introducción de caudales externos **Inflows**, donde damos clic en el valor, figura 3.12.

Junction 1	
Property	Value
Name	1
X-Coordinate	821.429
Y-Coordinate	8107.143
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	0
Max. Depth	0
Initial Depth	0
Surcharge Depth	0
Ponded Area	0
User-assigned name of junction	

Labels on the left connected to properties:

- Coordenada X — X-Coordinate
- Coordenada Y — Y-Coordinate
- Descripción — Description
- Marca — Tag
- Aportes — Inflows
- Tratamiento — Treatment
- Cota de Fondo — Invert El.
- Profundidad Máxima — Max. Depth
- Nivel Inicial — Initial Depth
- Altura Sobrepresión — Surcharge Depth
- Área de Inundación — Ponded Area

Figura 3.12. Pasos para la introducción de datos en pozos en SWMM

Fuente: Autor

- Aparecerá la siguiente ventana, figura 3.13, y en la pestaña **Direct** (directo), colocamos el valor de caudal en la opción **Baseline** (caudal base) y damos clic en **OK**.

Figura 3.13. Pasos para la introducción de datos en pozos en SWMM

Fuente: Autor

Los datos de caudales externos (Inflows) del colector de la calle Mariscal Sucre y Av. de los Cerezos se muestran en las tablas 3.9 y 3.10.

Tabla 3.9. Caudales Externos (Inflows) del colector de la calle Mariscal Sucre

Tubo	Caudal (l/seg)			Tubo	Caudal (l/seg)		
	2020	2030	2040		2020	2030	2040
T1	0.29	0.29	0.29	T11	10.51	8.53	1.36
T2	0.79	0.78	0.43	T12	11.17	9.05	1.47
T3	2.42	2.13	0.55	T12-D1	11.17	9.05	1.47
T4	3.43	2.92	0.67	T13	0.11	0.09	0.07
T5	5.11	4.31	0.87	T14	0.2	0.17	0.16
T6	5.82	4.89	0.96	T15	0.25	0.2	0.17
T7	6.25	5.25	1.06	T16	0.66	0.56	0.28
T8	6.27	5.26	1.06	T17	1.22	1	0.44
T9	6.32	5.3	1.16	T18	3.41	2.75	0.6
T10	10.27	8.35	1.36	T18-D2	3.41	2.75	0.6

Fuente: Autor

Tabla 3.10. Caudales Externos (Inflows) del colector de la Av. De los Cerezos

Tubo	Caudal (l/seg)			Tubo	Caudal (l/seg)		
	2020	2030	2040		2020	2030	2040
T1	0.12	0.13	0.14	T32	2.5	3.03	3.65
T2	0.19	0.2	0.24	T33	2.55	3.08	3.69
T3	0.31	0.33	0.38	T34	2.64	3.19	3.81
T4	0.43	0.47	0.53	T35	2.73	3.27	3.9
T5	0.66	0.74	0.83	T36	2.95	3.55	4.2
T6	0.82	0.92	1.04	T37	3.16	3.78	4.46
T7	0.92	1.01	1.14	T38	5.14	6.08	7.18
T8	0.99	1.08	1.23	T39	5.34	6.32	7.45
T9	1.07	1.17	1.32	T40	5.48	6.49	7.64
T10-D1	1.07	1.17	1.32	T41	5.73	6.77	7.99
T10	0.05	0.05	0.05	T42	5.99	7.07	8.31
T11	0.16	0.17	0.17	T43	6.23	7.34	8.63
T12	0.28	0.3	0.33	T44	0.09	0.1	0.11
T13	0.37	0.4	0.42	T44-D4	0.09	0.1	0.11
T14	0.45	0.5	0.55	T45	0.23	0.27	0.32
T15	0.59	0.69	0.77	T46	0.61	0.72	0.83
T15-D2	0.59	0.69	0.77	T47	0.87	1.04	1.22
T16	0.07	0.08	0.1	T48	1.34	1.59	1.89
T17	0.22	0.23	0.27	T49	4.72	5.8	7.01
T18	0.32	0.35	0.41	T50	0.04	0.05	0.07
T19	0.48	0.53	0.6	T50-D6	0.04	0.05	0.07
T20	0.64	0.72	0.82	T51	0.31	0.38	0.46
T21	0.89	1	1.16	T52	0.56	0.71	0.84
T22	1.05	1.2	1.4	T53	1.29	1.59	1.88
T23	1.14	1.31	1.53	T54	2.2	2.71	3.25
T24	1.38	1.58	1.84	T55	2.51	3.08	3.71
T25	1.86	2.18	2.54	T56	2.66	3.26	3.93
T26	2.08	2.45	2.86	T57	4.24	5.22	6.29
T27	2.49	2.96	3.48	T58	4.95	6.05	7.27
T28	3.04	3.65	4.31	T59	5.12	6.23	7.49
T28-D3	3.04	3.65	4.31	T60	5.33	6.47	7.73
T29	0.84	1.06	1.31	T61	5.45	6.62	7.9
T30	2.01	2.46	2.97	T62	5.59	6.78	8.08
T31	2.46	3	3.61	T62-D5	5.59	6.78	8.08

Fuente: Autor

El cálculo del caudal sanitario para los diferentes años analizados se encuentra del Anexo 8 al Anexo 13.

- A continuación, se ingresa la cota de fondo en la opción **Invert El** y la profundidad máxima del pozo en **Max Depth**, como se indica en a figura 3.14.

Property	Value
Name	N1
X-Coordinate	718251.379
Y-Coordinate	9682387.207
Description	
Tag	
Inflows	YES
Treatment	NO
Invert El.	2787.62
Max. Depth	1.8
Initial Depth	0
Surcharge Depth	0
Ponded Area	0
Area of ponded water when flooded (m2)	

Figura 3.14. Pasos para la introducción de datos en pozos en SWMM
Fuente: Autor

Las tablas 3.11 y 3.12 indican los datos de cota y profundidad máxima de los pozos del colector de la calle Mariscal Sucre y Av. de los Cerezos.

Tabla 3.11. Cota y profundidad máxima de los pozos del colector de la calle Mariscal Sucre

Pozos	Cota de fondo	Profundidad máxima	Pozos	Cota de fondo	Profundidad máxima
P1	2554.695	2.785	P11	2541.49	3.03
P2	2551.89	3.2	P12	2541.1	3.41
P3	2551.15	2.83	P13	2540.293	2.538
P4	2548.54	2.896	P14	2541.232	1.28
P5	2546.61	2.74	P15	2540.028	1.9
P6	2544.77	2.95	P16	2539.013	2.24
P7	2544.62	3.1	P17	2538.623	2.63
P8	2543.552	2.948	P18	2536.995	2.321
P9	2543.52	2.89	P19	2534.59	2.321
P10	2543.04	3.193	P20	2533.11	2.55

Fuente: ETAPA

Tabla 3.12. Cota y profundidad máxima de los pozos del colector de la Av. de los Cerezos

Pozos	Cota de fondo	Profundidad máxima (m)	Pozos	Cota de fondo	Profundidad máxima (m)
P1	2787.62	1.8	P33	2672.64	3.25
P2	2782	3	P34	2670.22	4.37
P3	2780.9	2.9	P35	2669.01	4.15
P4	2775.81	2.69	P36	2665.69	3.63
P5	2771.28	3.02	P37	2662.36	3.66
P6	2766.55	1.72	P38	2658.87	3.41
P7	2763.79	2.5	P39	2655.72	1.81
P8	2761.59	1.9	P40	2652.27	2.7
P9	2760.3	2.04	P41	2650.75	2.62
P10	2758.51	3.09	P42	2649.01	3.08
P11	2757.76	3.1	P43	2645.05	3.1
P12	2756.26	3.31	P44	2641.58	3.05
P13	2751.46	4.05	P45	2638.603	3.572
P14	2746.56	3.44	P46	2637.496	2.8
P15	2742.41	2.5	P47	2637.41	2.59
P16	2735.63	3.11	P48	2634.028	2.39
P17	2732.77	2.99	P49	2632.528	1.79
P18	2728.14	3.2	P50	2628	2
P19	2724.06	3.74	P51	2623.96	1.43
P20	2717.99	2.92	P52	2623.47	1.55
P21	2711.52	1.92	P53	2622.09	1.32
P22	2705.64	3.33	P54	2620.09	2.31
P23	2703.34	3.76	P55	2615.99	2.94
P24	2701.08	3.53	P56	2612.44	4.46
P25	2694.91	2.05	P57	2607.78	3.49
P26	2691.87	1.95	P58	2606.68	2
P27	2690.98	3.1	P59	2603.56	3.44
P28	2690.02	3.83	P60	2601.54	3.73
P29	2686.32	3.79	P61	2597.64	2.08
P30	2683.33	3.72	P62	2595.16	1.96
P31	2678.77	3.38	P63	2593.501	1.5
P32	2673.41	3.37	P64	2622.3	3.27

Fuente: ETAPA

En el caso de la Av. de los Cerezos para la simulación con el flujo estático duplicaremos los pozos P10, P16, P29 y P45 con las mismas propiedades, esto, debido a que el flujo empezará el pozo P1 hasta el pozo P10 y terminará en la descarga 1 (D1), después empezará el pozo duplicado P10 hasta el pozo P16 y terminará en la descarga 2 (D2), lo mismo hacemos con los pozos P29 Y P45.

En la simulación con Onda Cinemática y Dinámica se reemplazará los pozos P10, P16, P29 y P45 por vertederos V1, V2, V3 y V4 respectivamente. Las propiedades de los vertederos se explicarán en el apartado 3.7

3. Para la introducción de la descarga, procedemos a hacerlo de la misma manera del pozo, seleccionando la opción descarga que se muestra en la figura 3.15.

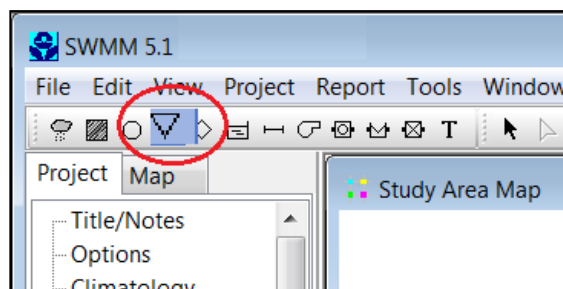


Figura 3.15. Pasos para la introducción de datos en descargas en SWMM

Fuente: Autor

- En la ventana de propiedades, colocamos de igual forma las coordenadas del punto de descarga y la profundidad máxima de dicho punto.

En las tablas 3.13 y 3.14 se muestran las coordenadas, cota y profundidad máxima de las descargas del colector de la calle Mariscal Sucre y Av. de los Cerezos respectivamente.

Tabla 3.13. Coordenadas, cota y profundidad máxima de las descargas del colector de la calle Mariscal Sucre

Descarga	Coordenada x	Coordenada y	Cota de fondo	Profundidad máxima (m)
D1	721759.701	9679514.231	2539.05	0
D2	722161.813	9679291.969	2531.53	0

Fuente: ETAPA

Tabla 3.14. Coordenadas, Cota y profundidad máxima de las descargas del colector de la Av. de los Cerezos

Descarga	Coordenada x	Coordenada y	Cota de fondo	Profundidad máxima (m)
D1	718320.8995	9681959.484	2729.39	0
D2	718482.4083	9681783.473	2679.61	0
D3	718213.0146	9681323.886	2683	0
D4	717852.2115	9680998.863	2619.212	0
D5	718328.8664	9680542.58	2592.94	0
D6	718105.8964	9680898.698	2601.02	0

Fuente: ETAPA

3.4 Trazo de conductos o tuberías e introducción de datos

1. Como se observa en la figura 3.16, en la barra de herramientas seleccionamos la opción de conducto, y lo trazamos de pozo a pozo en la dirección del flujo.

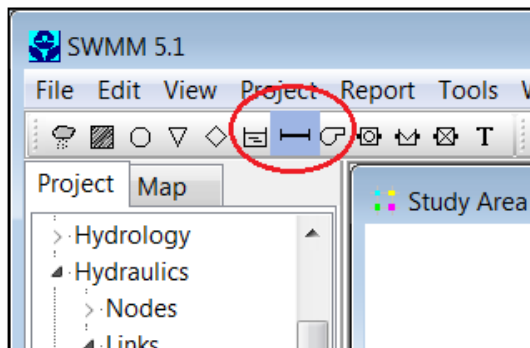


Figura 3.16 Pasos para el trazo de conductos o tuberías en SWMM
Fuente: Autor

2. Luego de haber graficado el conducto, damos doble clic sobre el mismo y asignamos las propiedades
 - Empezamos por la geometría de la tubería en la opción **Shape** (forma).
 - A continuación, aparecerá la siguiente ventana, figura 3.17, donde seleccionamos la geometría y en el caso de ser circular, en la opción **Maximum Height** (máxima profundidad) colocamos el diámetro en metros. Damos **OK** (aceptar).

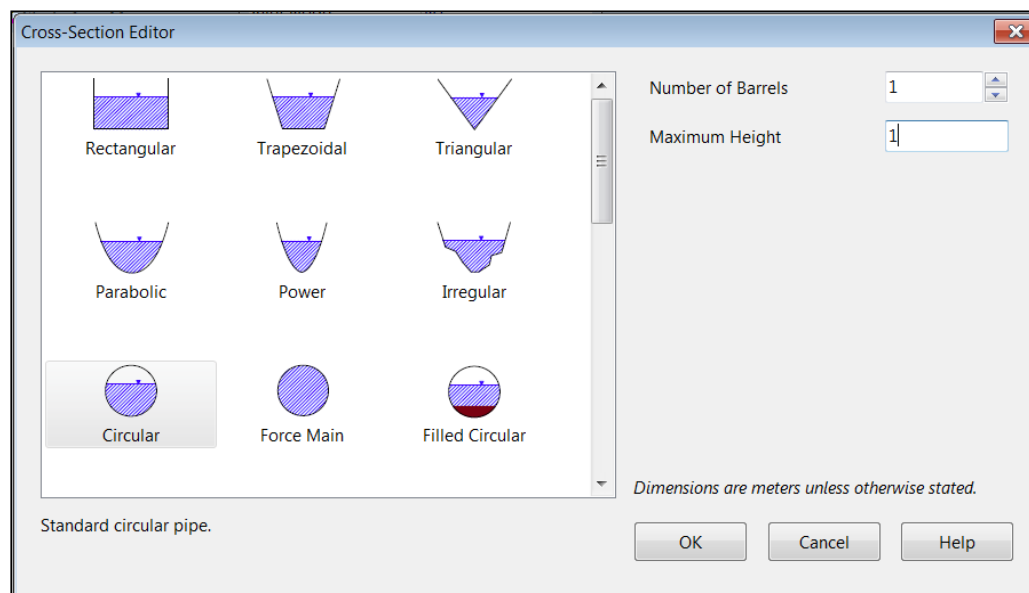
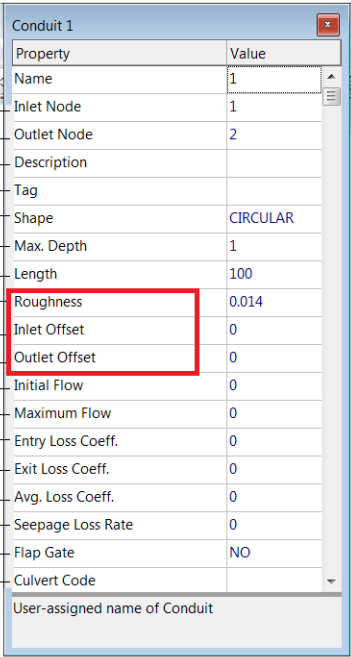


Figura 3.17. Pasos para la introducción de datos en conductos o tuberías en SWMM
Fuente: Autor

- En el caso de ser un canal trapezoidal seleccionamos **Trapezoidal** (trapezoide) y en **Maximum Height** (máxima altura) colocamos la profundidad máxima o la altura del canal; en **Bottom Width** (ancho de medida) colocamos la medida del ancho base; en **Left Slope** y **Right Slope**, colocamos la pendiente izquierda y derecha del canal respectivamente.
- En la opción **Roughness**, figura 3.18, colocamos la rugosidad de la tubería,
- Finalmente, en **Inlet Offset** y **Outlet Offset**, colocamos el desnivel de entrada y de salida de la tubería, respectivamente.



Property	Value
Name	1
Inlet Node	1
Outlet Node	2
Description	
Tag	
Shape	CIRCULAR
Max. Depth	1
Length	100
Roughness	0.014
Inlet Offset	0
Outlet Offset	0
Initial Flow	0
Maximum Flow	0
Entry Loss Coeff.	0
Exit Loss Coeff.	0
Avg. Loss Coeff.	0
Seepage Loss Rate	0
Flap Gate	NO
Culvert Code	
User-assigned name of Conduit	

Figura 3.18. Pasos para la introducción de datos en conductos o tuberías en SWMM
Fuente: Autor

De la tabla 3.15 a la 3.22 se muestra los datos necesarios de los conductos o tuberías para la evaluación de la calle Mariscal y Av. de los Cerezos.

Tabla 3.15. Datos de los conductos o tuberías para la evaluación de la calle Mariscal para la descarga 1

Tubo	Geometría	Diámetro (m)	Longitud (m)	Rugosidad	Desnivel de entrada (m)	Desnivel de salida (m)
T1	Circular	0.4	69.2422	0.009	0	0
T2	Circular	0.4	54.496	0.009	0	0.01
T3	Circular	0.55	120.8999	0.009	0	0.2
T4	Circular	0.7	112.9999	0.014	0	0.1
T5	Circular	0.8	110.3022	0.014	0	0
T6	Circular	0.8	1.648	0.014	0	0
T7	Circular	1	96.0725	0.014	0	0.058
T8	Circular	1	6.18	0.014	0	0
T9	Circular	1	11.83	0.014	0	0.4
T10	Circular	1.1	113.7299	0.014	0	0
T11	Circular	1.2	2.767	0.014	0	0.2
T12	Circular	1.2	112.7399	0.014	0	0.049
T12-D1	Circular	1.2	114.9202	0.014	0	0

Fuente: ETAPA EP

Tabla 3.16. Datos de los conductos o tuberías para la evaluación de la calle Mariscal para la descarga 2

Tubo	Geometría	Diámetro (m)	Longitud (m)	Rugosidad	Desnivel de entrada (m)	Desnivel de salida (m)
T13	Circular	0.3	30.2	0.014	0	0.15
T14	Circular	0.3	43.2217	0.014	0	0.39
T15	Circular	0.3	8.232	0.014	0	0
T16	Circular	0.4	112.2811	0.009	0	0.005
T17	Circular	0.5	112.3499	0.009	0	0
T18	Circular	0.8	112.6499	0.009	0	0
T18-D2	Trapezoidal	0.4 x 1 x 1	112.6418	0.014	0	0

Fuente: ETAPA EP

Tabla 3. 17. Datos de los conductos o tuberías para la evaluación de la Av. de los Cerezos para la descarga 1

Tubo	Geometría	Diámetro (m)	Longitud (m)	Rugosidad	Desnivel de entrada (m)	Desnivel de salida (m)
T1	Circular	0.3	40.77	0.014	0	0
T2	Circular	0.3	19.24	0.014	0	0.85
T3	Circular	0.3	40.07	0.014	0	0.61
T4	Circular	0.4	39.95	0.014	0	0
T5	Circular	0.5	80.25	0.014	0	0
T6	Circular	0.5	48.58	0.014	0	0
T7	Circular	0.5	32.05	0.014	0	0
T8	Circular	0.5	28.81	0.009	0	0
T9	Circular	0.5	25.57	0.009	0	0
T9-D1	Circular	0.5	157.89	0.009	0	0

Fuente: ETAPA EP

Tabla 3.18. Datos de los conductos o tuberías para la evaluación de la Av. de los Cerezos para la descarga 2

Tubo	Geometría	Diámetro (m)	Longitud (m)	Rugosidad	Desnivel de entrada (m)	Desnivel de salida (m)
T10	Circular	0.3	23.01	0.009	0	0
T11	Circular	0.3	65.36	0.009	0	0
T12	Circular	0.35	71.41	0.009	0	0
T13	Circular	0.35	37.42	0.009	0	0
T14	Circular	0.4	38.70	0.009	0	0
T15	Circular	0.45	76.38	0.009	0	0
T15-D2	Circular	0.5	225.9731	0.014	0	0

Fuente: ETAPA EP

Tabla 3.19. Datos de los conductos o tuberías para la evaluación de la Av. de los Cerezos para la descarga 3

Tubo	Geometría	Diámetro (m)	Longitud (m)	Rugosidad	Desnivel de entrada (m)	Desnivel de salida (m)
T16	Circular	0.3	36.70	0.014	0	0.06
T17	Circular	0.3	58.41	0.014	0	0.08
T18	Circular	0.3	54.31	0.014	0	0.09
T19	Circular	0.4	78.99	0.014	0	0.08
T20	Circular	0.4	76.64	0.014	0	0.07
T21	Circular	0.5	86.71	0.014	0	0.09
T22	Circular	0.5	27.03	0.014	0	0.09
T23	Circular	0.5	34.79	0.014	0	0.08
T24	Circular	0.6	93.07	0.014	0	0
T25	Circular	0.6	71.37	0.009	0	0
T26	Circular	0.7	59.51	0.009	0	0
T27	Circular	0.7	55.24	0.009	0	0
T28	Circular	0.7	91.53	0.009	0	0
T28-D3	Circular	0.7	33.2068	0.009	0	0

Fuente: ETAPA EP

Tabla 3.20. Datos de los conductos o tuberías para la evaluación de la Av. de los Cerezos para la descarga 4

Tubo	Geometría	Diámetro (m)	Longitud (m)	Rugosidad	Desnivel de entrada (m)	Desnivel de salida (m)
T29	Circular	0.6	34.63	0.009	0	0.55
T30	Circular	0.6	51.19	0.009	0	0.55
T31	Circular	0.6	62.16	0.009	0	0.63
T32	Circular	0.6	11.38	0.009	0	0
T33	Circular	0.6	14.49	0.009	0	0.7
T34	Circular	0.6	9.83	0.009	0	0.6
T35	Circular	0.6	33.88	0.009	0	0.3
T36	Circular	0.6	34.57	0.009	0	0.5
T37	Circular	0.6	40.00	0.009	0	0.41
T38	Circular	0.6	40.29	0.009	0	1.37
T39	Circular	0.7	18.81	0.009	0	0
T40	Circular	0.7	19.59	0.009	0	0.09
T41	Circular	0.7	14.63	0.009	0	0.42
T42	Circular	0.7	37.67	0.009	0	0.25
T43	Circular	0.8	36.67	0.009	0	0
T44	Circular	0.8	43.33	0.009	0	0
T44-D4	Circular	0.8	174.61	0.009	0	0

Fuente: ETAPA EP

Tabla 3. 21. Datos de los conductos o tuberías para la evaluación de la Av. de los Cerezos para la descarga 5

Tubo	Geometría	Diámetro (m)	Longitud (m)	Rugosidad	Desnivel de entrada (m)	Desnivel de salida (m)
T51	Circular	0.3	7.09	0.014	0	0
T52	Circular	0.3	36.70	0.014	0	0
T53	Circular	0.3	43.85	0.014	0	0
T54	Circular	0.3	74.51	0.014	0	0
T55	Circular	0.3	27.52	0.014	0	0
T56	Circular	0.3	55.00	0.014	0	2.24
T57	Circular	0.3	38.00	0.014	0	1.9
T58	Circular	0.35	24.42	0.014	0	0
T59	Circular	0.35	20.78	0.014	0	0.18
T60	Circular	0.5	62.80	0.014	0	0.46
T61	Circular	0.5	37.95	0.014	0	0.02
T62	Circular	0.5	38.27	0.014	0	0.09
T63-D5	Circular	0.5	7.5	0.014	0	0

Fuente: ETAPA EP

Tabla 3.22. Datos de los conductos o tuberías para la evaluación de la Av. de los Cerezos para la descarga 6

Tubo	Geometría	Diámetro (m)	Longitud (m)	Rugosidad	Desnivel de entrada (m)	Desnivel de salida (m)
T45	Circular	0.4	31.19	0.014	0	0
T46	Circular	0.4	24.27	0.014	0	0
T47	Circular	0.4	61.91	0.014	0	0
T48	Circular	0.4	33.35	0.014	0	0
T49	Circular	0.4	67.72	0.014	0	0
T50	Cuadrado	0.5x0.5	70.82	0.014	0	0
T50-D6	Cuadrado	0.5x0.5	19.13	0.014	0	0

Fuente: ETAPA EP

3.5 Introducción de datos de lluvia

1. Para introducir los datos de lluvia, en el panel de navegación seleccionamos la opción **Time Serie** (serie de tiempo), figura 3.19, y a continuación damos clic en +.

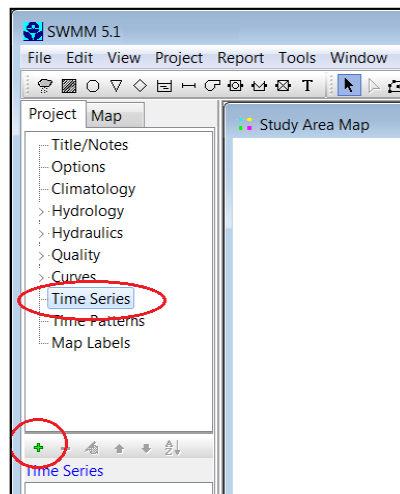


Figura 3.19. Pasos para la introducción de datos de lluvia en SWMM
Fuente: SWMM

- Aparecerá la ventana, figura 3.20, en donde introduciremos el hietograma al que se le asigna un nombre en **Time Series Name** y procedemos a introducir el tiempo en horas y minutos, acompañado del valor de lluvia en cada lapso de tiempo. Clic en **OK**.

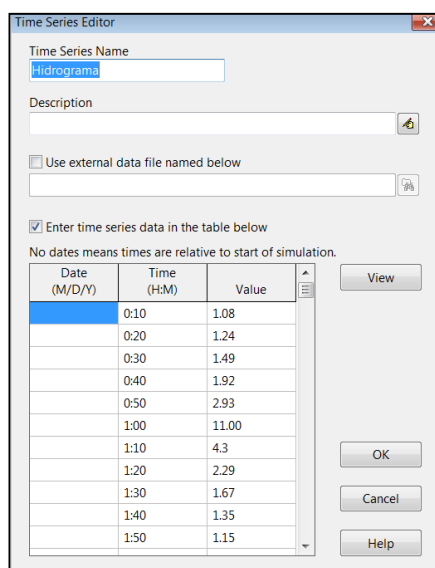


Figura 3.20. Pasos para la introducción de datos de lluvia en SWMM
Fuente: SWMM

Los hietogramas ingresados en la simulación para periodos de retorno de dos, diez y veinte años se encuentran en los Anexos 14, 15 y 16, respectivamente.

2. La serie cargada tiene que ser asociada a una lluvia, a la cual se le selecciona en la barra de herramientas.
3. Al dar doble clic sobre la lluvia graficada, se tendrá la ventana de propiedades, figura 3.21, en la cual se asignará el intervalo de tiempo del hietograma cargado en **Time Interval**, y, en **Series Name** los valores de lluvia cargados en este numeral paso 1.

Property	Value
Name	1
X-Coordinate	718252.958
Y-Coordinate	9682465.721
Description	
Tag	
Rain Format	VOLUME
Time Interval	0:10
Snow Catch Factor	1.0
Data Source	TIMESERIES
TIME SERIES:	
- Series Name	Hidrograma
DATA FILE:	
- File Name	*
- Station ID	*
- Rain Units	IN
X coordinate of rain gage on study area map	

Figura 3.21. Pasos para la introducción de datos de lluvia en SWMM
Fuente: SWMM

- En la pestaña **Rain Format** (formatos de lluvia) se despliega un menú, figura 3.22, donde seleccionamos **INTENSITY** si utilizamos un hietograma, **VOLUME** para pluviograma y **CUMULATIVE** para pluviograma acumulado, en este caso seleccionaremos **VOLUME** donde cada valor de precipitación es el volumen de la lluvia recogida durante un intervalo de tiempo en milímetros (mm) o pulgadas (in).

Property	Value
Name	L1
X-Coordinate	718252.958
Y-Coordinate	9682465.721
Description	
Tag	
Rain Format	INTENSITY
Time Interval	VOLUME
Snow Catch Factor	CUMULATIVE
Data Source	TIMESERIES
TIME SERIES:	
- Series Name	Hidrograma
DATA FILE:	
- File Name	*
- Station ID	*
- Rain Units	IN
Type of rainfall data recorded at rain gage	

Figura 3.22. Pasos para la introducción de datos de lluvia en SWMM
Fuente: SWMM

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

1. En la barra de herramientas, seleccionamos la cuenca, figura 3.23:

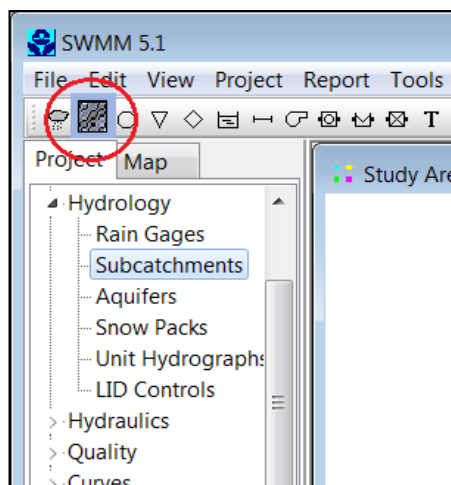


Figura 3.23. Pasos para el trazo de cuencas o áreas de aporte en SWMM
Fuente: SWMM

- Una vez seleccionada la cuenca, procedemos a graficarla, para lo que damos clic en el mapa del área de estudio y vamos dando clics hasta dar la forma deseada de la cuenca, para cerrarla damos ENTER o presionamos clic derecho.
- Si deseamos ajustar la forma de la cuenca o cambiar la silueta, procedemos a la barra de herramientas y seleccionamos **LINK VERTEX** y de los vértices de las cuencas arrastramos el mouse hasta ajustarla como deseemos, figura 3.24.

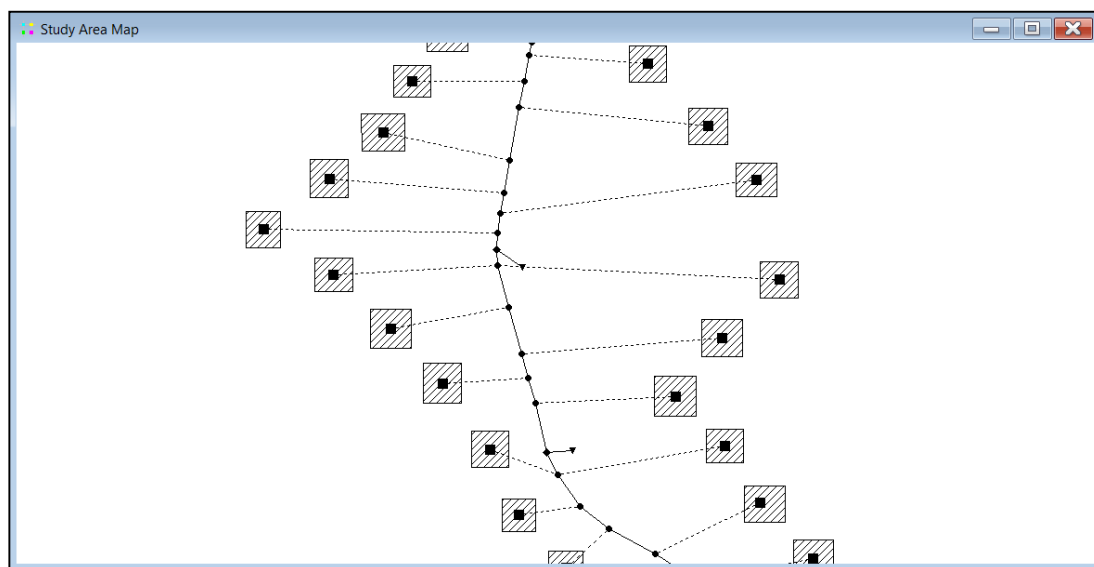


Figura 3.24. Pasos para el trazo de cuencas o áreas de aporte en SWMM
Fuente: SWMM

2. Una vez graficada la cuenca, damos doble clic sobre la misma, aparecerá una ventana de propiedades, figura 3.25, y asignamos las siguientes propiedades:
 - **Rain Gage** (lluvia): cargamos la lluvia que introducimos en el numeral 3.5 paso.
 - **Outlet** (pozo de descarga): asignamos el nombre del pozo al que asociaremos la cuenca.
 - **Area** (área): introducimos el área en hectáreas de la cuenca.
 - **Width** (ancho): es la anchura característica del flujo debido a la escorrentía del flujo superficial.
 - **% Slope** (pendiente en porcentaje): colocamos la pendiente de la cuenca.
 - **% Imperv** (impermeabilidad en porcentaje): es la impermeabilidad del suelo de la cuenca

Property	Value
Name	C20
X-Coordinate	718584.263
Y-Coordinate	9681659.727
Description	
Tag	
Rain Gage	1
Outlet	P20
Area	0.36026740
Width	48.14
% Slope	8.77
% Imperv	60
N-Imperv	0.01
N-Perv	0.1
Dstore-Imperv	0.05
Dstore-Perv	0.05
%Zero-Imperv	25
Subarea Routing	OUTLET
Percent Routed	100
Infiltration	CURVE_NUMBER

Figura 3.25. Pasos para la introducción de datos de cuencas o áreas de aporte en SWMM
Fuente: SWMM

Los datos necesarios de las cuencas de la calle Mariscal Sucre y Av. de los Cerezos se encuentran desde la tabla 3.23 a la tabla 3.30.

Tabla 3.23. Datos necesarios de las cuencas del colector de la calle Mariscal Sucre para la descarga 1

Cuenca	Área (ha)	Lluvia	Pozo de descarga	Ancho (m)	%Pendiente	%Impermeabilidad.
C1	0.23978	1	1	59.10	1.88	90
C2	0.43593	1	2	56.63	1.38	90
C3	1.99507	1	3	80.98	1.51	90
C4	1.20680	1	4	78.56	1.20	90
C5	1.91767	1	5	90.33	1.18	90
C6	0.95291	1	6	105.31	0.60	90
C7	0.60344	1	7	82.00	1.00	90
C8	0.04691	1	8	23.58	2.16	90
C9	0.06033	1	9	26.87	2.16	90
C10	7.24891	1	10	234.86	3.26	90

Fuente: Autor

Tabla 3.24. Datos necesarios de las cuencas del colector de la calle Mariscal Sucre para la descarga 2

Cuenca	Área (ha)	Lluvia	Pozo de descarga	Ancho (m)	%Pendiente	%Impermeabilidad.
C11	0.60560	1	11	108.05	0.5	90
C12	1.60670	1	12	116.51	0.3	90
C13	0.54157	1	13	83.83	0.3	90
C14	0.22734	1	14	35.62	0.5	90
C15	0.19997	1	15	45.53	0.5	90
C16	0.08549	1	16	26.47	0.5	90
C17	1.13846	1	17	88.31	0.42	90
C18	1.21235	1	18	89.56	1.57	90
C19	6.60385	1	19	340.99	3.91	90
C20	0.61797	1	20	93.55	0.14	90

Fuente: Autor

Tabla 3.25. Datos necesarios de las cuencas del colector de la Av. de los Cerezos para la descarga 1

Cuenca	Área (ha)	Lluvia	Pozo de descarga	Ancho (m)	%Pendiente	%Impermeabilidad.
C1	0.32256	1	1	55.10	4.01	60
C2	0.24322	1	2	47.98	9.11	60
C3	0.38795	1	3	59.15	1.71	60
C4	0.41001	1	4	58.68	3.36	60
C5	0.85048	1	5	71.05	8.86	60
C6	0.46848	1	6	59.78	1.16	60
C7	0.24620	1	7	45.31	1.00	60
C8	0.23041	1	8	42.27	1.00	60
C9	0.17877	1	9	40.96	0.21	60

Fuente: Autor

Tabla 3.26. Datos necesarios de las cuencas del colector de la Av. de los Cerezos para la descarga 2

Cuenca	Área (ha)	Lluvia	Pozo de descarga	Ancho (m)	%Pendiente	%Impermeabilidad.
C10	0.02498	1	10	25.66	5.24	60
C11	0.07293	1	11	42.03	2.63	60
C12	0.23654	1	12	42.22	1.00	60
C13	0.27215	1	13	28.53	1.73	60
C14	0.19387	1	14	42.13	5.61	60
C15	0.24485	1	15	41.43	1.00	60

Fuente: Autor

Tabla 3.27. Datos necesarios de las cuencas del colector de la Av. de los Cerezos para la descarga 3

Cuenca	Área (ha)	Lluvia	Pozo de descarga	Ancho (m)	%Pendiente	%Impermeabilidad.
C16	0.39346	1	16	27.43	16.95	60
C17	0.19521	1	17	43.21	5.41	60
C18	0.36971	1	18	41.37	3.96	60
C19	0.23297	1	19	65.86	1.00	60
C20	0.36027	1	20	48.14	8.77	60
C21	0.35027	1	21	63.36	4.98	60
C22	0.64327	1	22	78.49	4.03	60
C23	0.50767	1	23	53.79	1.00	60
C24	0.24017	1	24	39.95	11.27	60
C25	0.50176	1	25	127.55	13.07	60
C26	1.66831	1	26	57.94	11.02	60
C27	0.70421	1	27	90.82	9.44	60
C28	0.91746	1	28	85.83	8.20	60

Fuente: Autor

Tabla 3.28. Datos necesarios de las cuencas del colector de la Av. de los Cerezos para la descarga 4

Cuenca	Área (ha)	Lluvia	Pozo de descarga	Ancho (m)	%Pendiente	%Impermeabilidad.
C29	1.46307	1	29	106.52	2.30	60
C30	1.25184	1	30	58.16	7.02	60
C31	0.48995	1	31	65.87	37.75	60
C32	0.78677	1	32	35.52	53.87	60
C33	0.09733	1	33	34.77	27.84	60
C34	0.06766	1	34	34.91	26.08	60
C35	0.07529	1	35	41.25	22.03	60
C36	0.21685	1	36	70.87	12.08	60
C37	0.50047	1	37	53.04	23.67	60
C38	0.45937	1	38	53.64	34.58	60
C39	0.30160	1	39	62.77	9.32	60
C40	5.01872	1	40	269.72	15.80	60
C41	0.36037	1	41	73.86	12.97	60
C42	0.21786	1	42	73.23	7.59	60
C43	0.44529	1	43	71.19	6.80	60
C44	0.52034	1	44	69.65	13.91	60

Fuente: Autor

Tabla 3.29. Datos necesarios de las cuencas del colector de la Av. de los Cerezos para la descarga 5

Cuenca	Área (ha)	Lluvia	Pozo de descarga	Ancho (m)	%Pendiente	%Impermeabilidad.
C51	0.07016	1	51	37.53	4.26	60
C52	0.32013	1	52	9.73	1.69	60
C53	0.24549	1	53	42.29	12.07	60
C54	0.77379	1	54	78.05	13.22	60
C55	0.68775	1	55	76.83	12.45	60
C56	0.25074	1	56	27.79	8.13	60
C57	0.09532	1	57	51.73	11.86	60
C58	1.51286	1	58	52.44	7.11	60
C59	0.08207	1	59	131.19	5.14	60
C60	1.09273	1	60	113.11	6.36	60
C61	0.23295	1	61	35.66	9.32	60
C62	0.23679	1	62	39.04	6.68	60
C64	0.38363	1	64	33.60	1.00	60

Fuente: Autor

Tabla 3.30. Datos necesarios de las cuencas del colector de la Av. de los Cerezos para la descarga 6

Cuenca	Área (ha)	Lluvia	Pozo de descarga	Ancho (m)	%Pendiente	%Impermeabilidad.
C45	0.48422	1	45	26.92	5.53	60
C46	0.09221	1	46	26.59	25.55	60
C47	0.11147	1	47	47.61	6.10	60
C48	0.42365	1	48	35.65	10.33	60
C49	0.33900	1	49	46.73	29.99	60
C50	3.82755	1	50	180.71	13.29	60

Fuente: Autor

Los valores de impermeabilidad se encuentran en el Anexo 17 y 18.

3.7 Asignación de datos en vertederos

1. En la barra de herramientas seleccionamos *Add a flow divider node (divisor)*, figura 3.23, para ingresar un vertedero a la red.

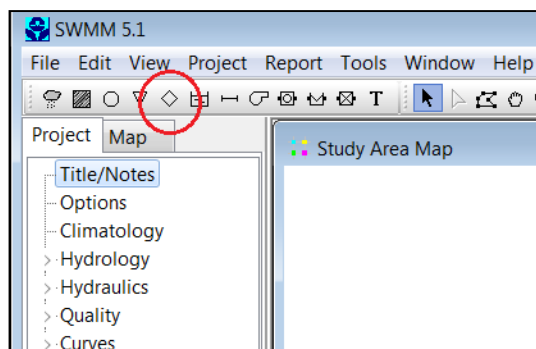


Figura 3.26. Pasos para la introducción de vertederos en SWMM
Fuente: SWMM

2. Se procede a asignar las propiedades de los vertederos, figura 3.27.

- Primero se asigna las coordenadas en x y y
- La cota de fondo en la opción **Invert El** (cota de fondo) y la profundidad máxima del pozo en **Max Depth** (profundidad máxima) en la parte superior.
- En **Diverted Link** (tubería desviada) asignamos la tubería, la cual va a derivar el caudal
- En la pestaña **Type** (tipo de divisor) seleccionamos **Cutt off** (caudal corte) debido a que este tipo de vertedero permite dividir al caudal total en caudal sanitario o base que continuará circulando en el colector y al excedente lo desviará hacia la descarga.
- Colocar el caudal sanitario del anterior pozo en **Min. Flow** (caudal mínimo)
- **Max. Deph** en la parte de abajo ponemos la altura de la cresta del vertedero.

Property	Value
Name	V1
X-Coordinate	718188.547
Y-Coordinate	9682037.813
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	2758.51
Max. Depth	3.09
Initial Depth	0
Surcharge Depth	0
Pondered Area	0
Diverted Link	T9-D1
Type	CUTOFF
Cutoff Divider	CUTOFF DIVIDER
Cutoff Flow	WEIR
Tabular Divider	TABULAR
Curve Name	*
Weir Divider	WEIR
Min. Flow	0
Max. Depth	0
Coefficient	0

Figura 3.27. Pasos para la introducción de vertederos en SWMM
Fuente: SWMM

En las tablas 3.31 se muestra las Coordenadas, Cota, profundidad máxima y caudal mínimo para una lluvia de dos años de los vertederos de la Av. de los Cerezos.

Tabla 3.31. Coordenadas, Cota, profundidad máxima y caudal mínimo para una lluvia de dos años de los vertederos de la Av. de los Cerezos

Vertederos	Cota de fondo	Profundidad máxima (m)	Tubería derivada.	Caudal mínimo (l/seg)
V1	2758.51	3.09	T10	1.07
V2	2735.63	3.11	T16	0.59
V3	2686.32	3.79	T29	3.61
V4	2638.603	3.572	T45	6.23

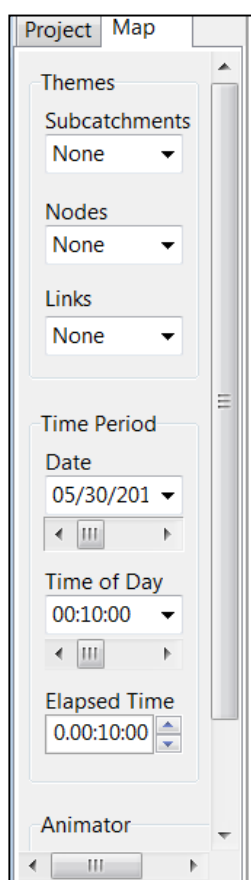
Fuente: Autor

El caso del colector de la Av. de los Cerezos se eliminará los pozos P10, P16, P29 y P45 estos serán reemplazados por los vertederos con las mismas coordenadas, cota de fondo y profundidad máxima.

En el Anexo 19 se encuentran los caudales mínimos para los diferentes periodos de retorno.

3.8 Ejecución de la Simulación

- Para ejecutar la simulación, nos dirigiremos a **run a simulation** que se encuentra en la barra de menú principal.
- Si al momento de realizar la simulación ocurre algún tipo de problema de cálculo, aparecerá un mensaje de error, el cual describirá el mismo y hay que corregirlo para continuar con la modelación.
- Luego de esto, aparecerá una ventana que indicará que la simulación esta lista.
- En la parte superior derecha del panel de navegación señalamos la pestaña **Map**, figura 3,28.



En esta pestaña obtenemos los resultados tales como velocidad, caudal, inundación, capacidad etc., dependiendo del tema de nuestro interés ya sea cuencas, pozos o tuberías.

Time Period nos indicará el transcurso de la lluvia o caudal en las tuberías durante las fechas ingresadas.

Time of Day nos indicará el transcurso de la lluvia o caudal en las tuberías durante el número de horas ingresadas.

Figura 3.28. Pasos para la ejecución de la simulación
Fuente: SWMM

3.9 Gráficos

En la opción de **Time Series Plot Selection** (gráfico evolución) creamos los gráficos de serie temporal, nos dirigimos al pozo o tubería hacemos clic y ponemos en **+Add** (añadir), enseguida presionamos ok, figura 3.29.

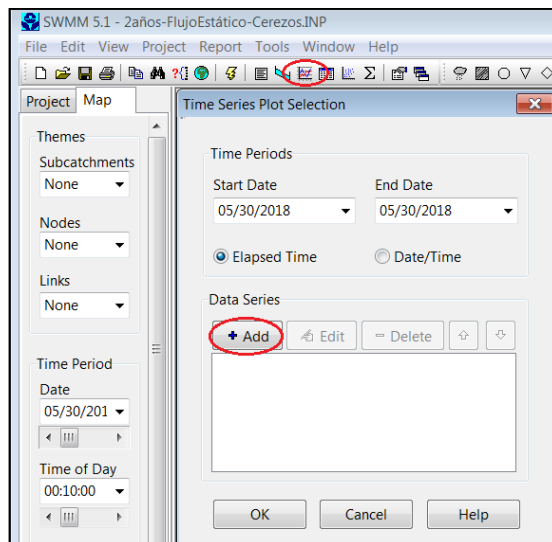


Figura 3.29. Pasos para la creación de gráficos
Fuente: SWMM

Saldrá un cuadro donde seleccionaremos el tipo de objeto como cuenca, tubería, sistema o pozo, y la variable propia de cada uno para el gráfico con respecto al tiempo, figura 3.30.

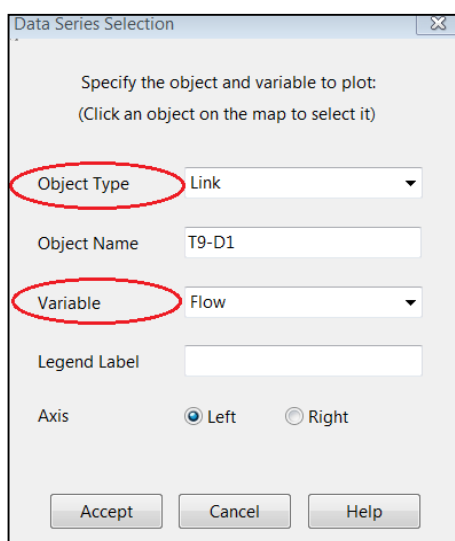


Figura 3.30. Pasos para la creación de gráficos
Fuente: SWMM

El resultado se observa en la figura 3.31.

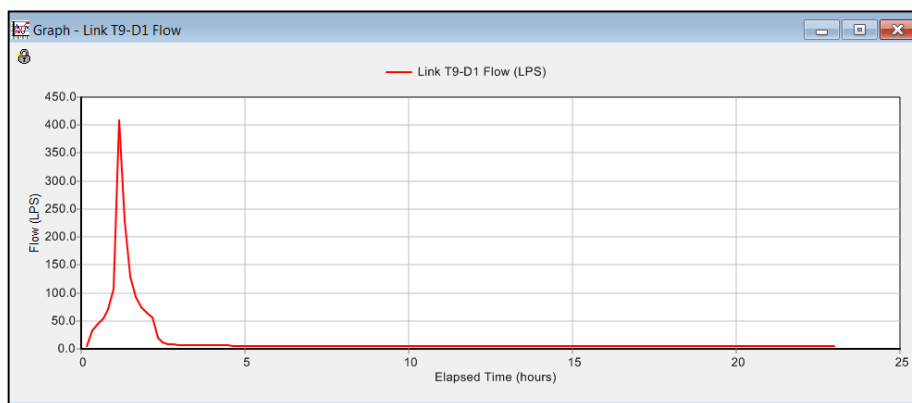


Figura 3.31. Pasos para la creación de gráficos
Fuente: SWMM

3.10 Perfiles

La opción de **Profile Plot Selection** nos ayudará creando los perfiles del alcantarillado señalando en **Star Node** el pozo inicial y en **End Node** el pozo final, figura 3.32. Después seleccionamos **Find Path** donde el programa buscará el camino ya que los pozos tendrán que ser continuos.

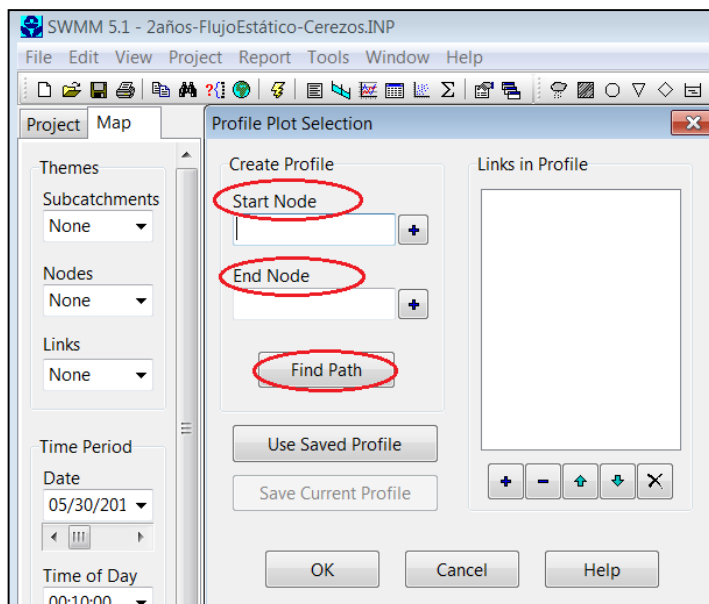


Figura 3.32. Pasos para la creación de perfiles
Fuente: SWMM

Damos click en **OK** y obtenemos el perfil del tramo esperado, figura 3.33.

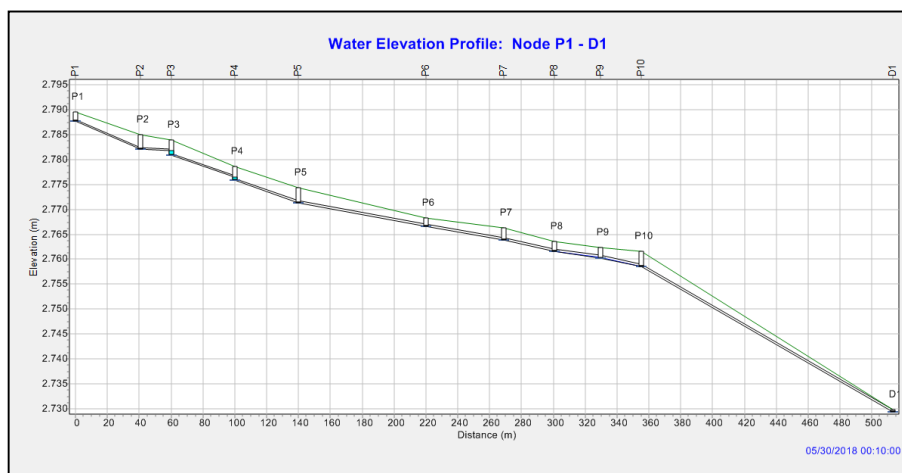


Figura 3.33. Pasos para la creación de perfiles
Fuente: SWMM

La simulación en el software EPA SWMM de los colectores de la calle Mariscal Sucre y Av. De los Cerezos mediante los modelos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para periodos de retorno de dos, diez y veinte años, se encuentra en el Anexo Digital 110.

3.11 Resultados

Luego de introducir los datos necesarios y realizar la modelación de los colectores, se obtuvieron los valores de caudal (Q), capacidad (C) e inundación (I) de cada tramo, valores que se encuentran en las tablas en el Anexo digital 111.

Al observar las tablas del Anexo digital 111, se identifica que en el método de Onda Dinámica con un periodo de retorno de 20 años existen tramos en los que el caudal alcanza la capacidad máxima de los tubos, es por eso que se tomarán como referencia para una comparación entre los métodos analizados y en los diferentes periodos de retorno.

Los valores de referencia se muestran en las tablas 3.32, 3.33 y 3.34 para el colector de la calle Mariscal Sucre, 3.35, 3.36 y 3.37 para el colector de la Av. De los Cerezos.

Tabla 3.32. Tubos en los que el caudal alcanza la capacidad máxima del colector de la calle Mariscal Sucre para un periodo de retorno de 2 años

Periodo de retorno de 2 Años										
H	T	F.Estático			O. Cinemática			O. Dinámica		
		Q (L/S)	C	I (L/S)	Q (L/S)	C	I (L/S)	Q (L/S)	C	I (L/S)
1:10	T6	1016.12	0.32	0	946.73	0.31	0	1024.72	0.57	0
1:10	T7	1119.16	0.49	0	1011.89	0.46	0	1116.07	0.53	0
1:10	T8	1133.12	0.65	0	1022.49	0.6	0	1112.29	0.62	0
1:10	T9	1149.33	0.59	0	1033.03	0.55	0	1125.71	0.59	0
1:10	T10	2223.94	0.62	0	2037.57	0.59	0	2254.06	0.56	0
1:10	T11	2331.18	0.3	0	2143.91	0.28	0	2322.01	0.49	0
1:10	T12	2559.84	0.77	0	2266.74	0.71	0	2459.04	0.75	0
1:20		1578.01	0.52	0	1774.13	0.56	0	1646.17	0.54	0
1:10	T13	36.11	0.27	0	35.55	0.27	0	38.36	0.28	0
1:10	T14	68.63	0.5	0	66.53	0.49	0	72.55	0.5	0
1:10	T15	82.81	0.44	0	80.46	0.43	0	86.94	0.69	0
1:10	T16	245.05	0.63	0	233.32	0.62	0	256.87	0.68	0
1:10	T17	435.45	0.53	0	411.68	0.52	0	452.85	0.82	0
1:10	T18	1477.58	0.63	0	1416.23	0.61	0	1552.19	0.81	0

Fuente: Autor

Tabla 3.33. Tubos en los que el caudal alcanza la capacidad máxima del colector de la calle Mariscal Sucre para un periodo de retorno de 10 años

Periodo de retorno de 10 Años										
H	T	F.Estático			O. Cinemática			O. Dinámica		
		Q (L/S)	C	I (L/S)	Q (L/S)	C	I (L/S)	Q (L/S)	C	I (L/S)
1:10	T6	1609.29	0.45	0	1510.14	0.43	0	1621.52	0.83	0
1:10	T7	1764.27	0.7	0	1613.5	0.66	0	1760.07	0.75	0
1:10	T8	1602.13	1	113.2	1610.09	1	14.19	1761.17	0.85	0
1:10	T9	1622.54	0.79	0	1623.46	0.79	0	1743.54	0.86	0
1:10	T10	3337.18	0.87	0	3230.39	0.86	0	3178.72	1	0
1:10	T11	3495.65	0.4	0	3387.78	0.39	0	3306.76	1	0
1:10	T12	2968.69	1	810.2	2968.69	1	642.8	3688.37	1	0
1:20		2461.15	0.74	0	2773.57	0.81	0	2574.11	0.76	0
1:10	T13	56.11	0.37	0	55.38	0.37	0	59.49	0.39	0
1:10	T14	106.08	0.7	0	103.22	0.69	0	112.13	0.74	0
1:10	T15	127.65	0.61	0	124.44	0.6	0	129.73	0.9	0
1:10	T16	361.71	1	14.26	364.45	0.96	12.66	383.08	1	0
1:10	T17	659.03	0.74	0	647.02	0.74	0	663.03	0.96	0
1:10	T18	2189.56	1	46.82	2167.8	0.95	40.82	2408.5	1	0

Fuente: Autor

Tabla 3.34. Tubos en los que el caudal alcanza la capacidad máxima del colector de la calle Mariscal Sucre para un periodo de retorno de 20 años

Periodo de retorno de 20 Años										
H	T	F.Estático			O. Cinemática			O. Dinámica		
		Q (L/S)	C	I (L/S)	Q (L/S)	C	I (L/S)	Q (L/S)	C	I (L/S)
1:10	T6	1824.87	0.49	0	1709.81	0.47	0	1556.56	1	0
1:10	T7	1995.79	0.78	0	1821.87	0.73	0	1658.89	1	0
1:10	T8	1602.13	1	333.9	1602.13	1	161.8	1622.83	1	0
1:10	T9	1620.4	0.78	0	1632.7	0.79	0	1568.43	1	0
1:10	T10	3351.54	1	148.3	3381.09	1	186.9	3628.28	1	0
1:10	T11	3523.08	0.4	0	3552.38	0.4	0	3747.17	1	0
1:10	T12	2968.69	1	946.2	2968.69	1	929.2	4125.89	1	0
1:20		2754.79	0.82	12.37	2976.25	1	121.8	3137.3	0.88	0
1:10	T13	63.71	0.41	0	62.92	0.41	0	68.07	1	0
1:10	T14	120.33	0.78	0	117.06	0.76	0	111.82	1	16.8
1:10	T15	144.71	0.68	0	141.06	0.66	0	107.8	1	30.42
1:10	T16	361.71	1	67.21	361.71	1	63.58	428.89	1	0
1:10	T17	699.21	0.78	0	703.61	0.78	0	789.57	1	0
1:10	T18	2189.56	1	272.5	2189.56	1	275.1	2760.13	1	0

Fuente: Autor

Tabla 3.35. Tubos en los que el caudal alcanza la capacidad máxima del colector de Av. De los Cerezos para un periodo de retorno de 2 años

Periodo de retorno de 2 años										
H	T	F.Estático			O. Cinemática			O. Dinámica		
		Q (L/S)	C	I (L/S)	Q (L/S)	C	I (L/S)	Q (L/S)	C	I (L/S)
1:10	T2	70.49	0.64	0	69.09	0.63	0	73.75	0.66	0
1:10	T17	26.55	0.16	0	129.14	0.51	0	191.54	0.69	0
1:20		15.16	0.11	0	76.61	0.34	0	101.36	0.43	0
1:10	T18	71	0.34	0	170.88	0.65	0	235.2	0.85	0
1:20		40.05	0.22	0	103.52	0.44	0	126.42	0.51	0
1:10	T40	1164.8	0.36	0	1286.65	0.39	0	1789.71	0.5	0
1:10	T45	57.44	0.16	0	6.23	0.03	0	413.4	0.96	0
1:10	T46	69.48	0.41	0	72.52	0.43	0	486.38	0.89	0
1:10	T47	84.3	0.18	0	86.03	0.18	0	499.59	0.89	0
1:10	T48	136.41	0.27	0	137.09	0.27	0	555.87	1	0
1:20		100.9	0.22	0	84.37	0.19	0	410.67	0.7	0
1:10	T49	180.71	0.39	0	178.1	0.39	0	569.5	0.99	34.07
1:20		124.81	0.3	0	110.9	0.27	0	436.61	0.74	0
1:10	T50	633.53	0.5	0	621.93	0.5	0	1054.17	0.78	0
1:10	T52	49.59	0.33	0	48.71	0.33	0	52.87	0.53	0
1:10	T53	86.69	0.46	0	84.38	0.46	0	74.7	0.89	0
1:20		50.49	0.31	0	52.07	0.32	0	47.36	0.39	0
1:10	T54	202.65	0.84	0	194.95	0.83	0	199.87	1	0
1:20		109.75	0.52	0	115.12	0.53	0	102.56	0.6	0
1:10	T55	196.03	1	98.66	196.03	1	91.1	312.26	1	0
1:20		163.44	0.75	0	171.44	0.77	0	155.63	0.71	0
1:10	T56	235.62	0.7	0	234.88	0.7	0	309.64	1	0
1:20		184.77	0.58	0	196.12	0.6	0	179.48	0.57	0
1:10	T57	230.51	1	19.92	242.88	1	19.37	326.23	0.9	0
1:20		194.53	0.75	0	210.8	0.8	0	193.51	0.63	0
1:10	T58	445.19	0.4	0	457.21	0.4	0	556.35	0.47	0
1:10	T59	462.38	0.49	0	473.81	0.49	0	573.59	0.57	0
1:10	T60	628.46	0.66	0	634.77	0.67	0	751.88	0.78	0
1:20		416.02	0.48	0	446.15	0.51	0	432.12	0.5	0
1:10	T61	668.38	0.69	0	670.94	0.69	0	775.96	0.94	0
1:20		438.74	0.5	0	474.1	0.53	0	456.2	0.51	0
1:10	T62	708.98	0.85	0	705.9	0.85	0	819.39	0.91	0
1:20		461.9	0.6	0	503.37	0.64	0	479.98	0.57	0
1:10	T50-D6	675.69	0.56	0	661.33	0.55	0	1094.78	0.82	0

Fuente: Autor

Tabla 3.36. Tubos en los que el caudal alcanza la capacidad máxima del colector de Av. De los Cerezos para un periodo de retorno de 10 años

Periodo de retorno de 10 años										
H	T	F. Estático			O. Cinemática			O. Dinámica		
		Q (L/S)	C	I (L/S)	Q (L/S)	C	I (L/S)	Q (L/S)	C	I (L/S)
1:10	T2	102.37	1	20.7	102.37	1	19.98	137.14	0.99	0
1:10	T17	46.44	0.24	0	243.95	0.86	0	247.02	1	25.88
1:20		26.35	0.16	0	144.99	0.55	0	182.89	0.78	0
1:10	T18	129.33	0.52	0	243.73	1	70.8	319.85	1	16.29
1:20		72.54	0.34	0	196.19	0.72	0	244.28	1	0
1:10	T40	2127.7 1	0.57	0	2395.74	0.62	0	3282.33	0.8	0
1:10	T45	68.58	0.18	0	7.34	0.04	0	400.17	1	0
1:10	T46	89.73	0.5	0	132.56	0.68	0	536.97	0.98	0
1:10	T47	115.68	0.22	0	156.18	0.28	0	559.2	0.98	0
1:10	T48	212.31	0.37	0	251.24	0.42	0	663.06	1	0
1:20		148.08	0.29	0	152.13	0.29	0	547	1	0
1:10	T49	290.6	0.56	0	324.48	0.61	0	567.11	1	179.94
1:20		191.3	0.41	0	199.48	0.42	0	567.77	0.98	18.03
1:10	T50	1144.0 9	0.79	0	1163.59	0.8	0	1473.62	1	0
1:10	T52	84.13	0.49	0	82.91	0.48	0	87.81	0.95	0
1:10	T53	143.3	0.68	0	139.98	0.67	0	136.29	1	15.03
1:20		85.82	0.46	0	88.25	0.47	0	91.04	0.8	0
1:10	T54	210.81	1	105.95	210.81	1	102.55	193.79	1	141.94
1:20		186.26	0.78	0	200.84	0.82	0	183.73	1	0
1:10	T55	196.03	1	175.02	196.03	1	175.02	340.21	1	32.17
1:20		196.03	1	94.96	196.03	1	107.73	264.54	1	0
1:10	T56	258.75	0.76	0	257.41	0.76	0	364.75	1	0
1:20		231.18	0.69	0	231.93	0.69	0	348.99	1	0
1:10	T57	230.51	1	51.11	230.51	1	49.99	392.4	1	0
1:20		230.51	1	18.54	248.39	0.99	19.3	366.75	0.9	0
1:10	T58	584.69	0.48	0	583.09	0.48	0	772.84	1	0
1:10	T59	610.29	0.6	0	607.17	0.6	0	799.9	1	42.45
1:10	T60	872.41	1	1.86	850	0.95	0.3	1042.4	1	0
1:20		598.87	0.64	0	617.65	0.65	0	707.76	0.75	0
1:10	T61	880.83	1	29.56	889.99	1	15.55	925.77	1	182.67
1:20		635.07	0.66	0	656.08	0.68	0	788.73	0.93	0
1:10	T62	730.41	1	211.29	730.41	1	209.18	992.97	0.98	0
1:20		671.92	0.81	0	700.79	0.84	0	822.22	0.92	0
1:10	T50-D6	1225.8 2	0.9	0	1240.85	0.91	0	1561.6	1	0

Fuente: Autor

Tabla 3.37. Tubos en los que el caudal alcanza la capacidad máxima del colector de Av. De los Cerezos para un periodo de retorno de 20 años

Periodo de retorno de 20 años										
H	T	F.Estático			O. Cinemática			O. Dinámica		
		Q (L/S)	C	I (L/S)	Q (L/S)	C	I (L/S)	Q (L/S)	C	I (L/S)
1:10	T2	102.37	1	51.32	102.37	1	50.47	170.84	1	0
1:10	T17	57.5	0.28	0	251.01	1	53.21	247.02	1	105.72
1:20		31.89	0.19	0	177.41	0.65	0	223.64	1	0
1:10	T18	161.81	0.62	0	243.73	1	107.71	319.85	1	39.18
1:20		88.13	0.39	0	237.73	0.85	7.37	273.77	1	0
1:10	T40	2671.6	0.67	0	3017.66	0.75	0	4091.26	1	0
1:10	T45	81.34	0.2	0	8.63	0.04	0	343.48	1	0
1:10	T46	107.61	0.58	0	167.42	0.83	0	516.89	1	0
1:10	T47	139.82	0.26	0	197.4	0.33	0	551.38	1	0
1:10	T48	260.16	0.43	0	315.82	0.5	0	680.5	1	0
1:20		178.12	0.33	0	185.36	0.33	0	580.82	1	0
1:10	T49	357.46	0.66	0	406.73	0.73	0	488.38	1	296.53
1:20		230.94	0.47	0	243.29	0.49	0	571.04	0.99	56.87
1:10	T50	1437.7	0.95	0	1469.55	0.97	0	1635.77	1	12.46
1:10	T52	102.43	0.57	0	100.9	0.56	0	109.84	1	0
1:10	T53	172.97	0.8	0	169.15	0.79	0	136.29	1	49.27
1:20		102.15	0.52	0	105.13	0.53	0	97.84	1	0
1:10	T54	210.81	1	0	210.79	1	166.29	193.79	1	180.24
1:20		210.81	1	0	226.18	0.99	25.03	203.81	1	0
1:10	T55	196.03	1	206	196.03	1	206.8	305.9	1	100.81
1:20		196.03	1	127.97	196.03	1	136.02	299.56	1	0
1:10	T56	270.91	0.79	0	270.02	0.79	0	385.99	1	0
1:20		237.72	0.71	0	238.78	0.71	0	369.29	1	0
1:10	T57	230.51	1	67.74	230.51	1	66.97	394.78	1	24.26
1:20		230.51	1	28.51	230.51	1	29.61	386.6	0.91	0
1:10	T58	657.59	0.53	0	657.91	0.53	0	852.89	1	0
1:10	T59	688.16	0.7	0	686.89	0.66	0	885.28	1	0
1:10	T60	872.48	1	105.05	872.41	1	105.06	1042.4	1	183.38
1:20		666.75	0.69	0	678.87	0.7	0	826.23	1	0
1:10	T61	880.83	1	63.05	949.25	0.99	91.63	919.39	1	201.77
1:20		709.71	0.72	0	724.64	0.74	0	865.33	1	0
1:10	T62	646.37	1	307.08	730.41	1	257.53	999.44	1	0
1:20		646.37	1	133.03	770.26	1	66.91	905.09	0.94	0
1:10	T50-D6	1400.6	1	88.38	1400.57	0.71	115.24	1749	1	0

Fuente: Autor

En la figura 3.34 se representa el hidrograma para una lluvia de periodo de retorno de 20 años, donde en el hietograma (color azul) se observa que el máximo valor de lluvia cae a los 60 minutos (una hora) y en el gráfico del caudal de un tubo (color naranja) se observa que el máximo a circular es a los 70 minutos (una hora y diez minutos) existiendo un desfase de 10 minutos entre las puntas, lo que indica que desde que cae la lluvia máxima, los tubos alcanzan a llevar un caudal máximo en un tiempo de 10 minutos

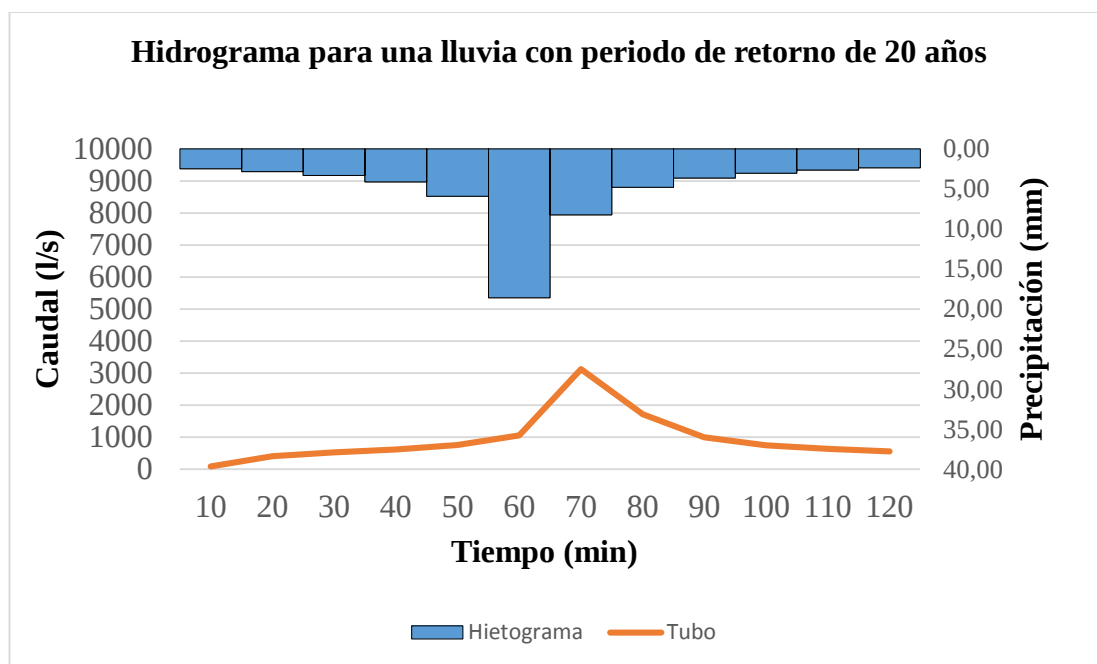


Figura 3.34. Hidrograma para un periodo de retorno de 20 años tanto para la Calle Mariscal Sucre como para la Av. de los Cerezos
Fuente: Autor

Cuando el tubo ha alcanzado su capacidad máxima se representa con el valor de 1, haciendo referencia al 100%, la misma que se ha presentado a la hora diez minutos, en ciertos tubos tanto del colector de la calle Mariscal Sucre como del colector de la Av. De los Cerezos.

En la figura 3.35 se observa gráficamente cuales son los tubos en los que el caudal alcanza la capacidad máxima en el colector de la calle Mariscal Sucre, los mismos que están representados de color rojo.

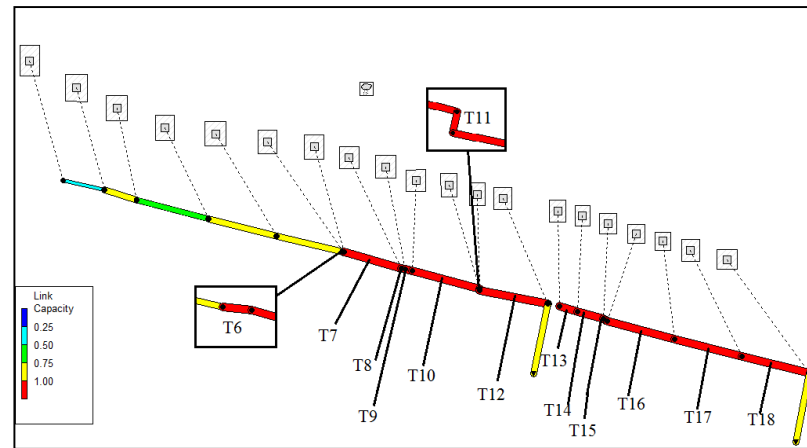


Figura 3.35. Tubos en los que el caudal alcanza la capacidad máxima del colector de la calle Mariscal Sucre
Fuente: Autor

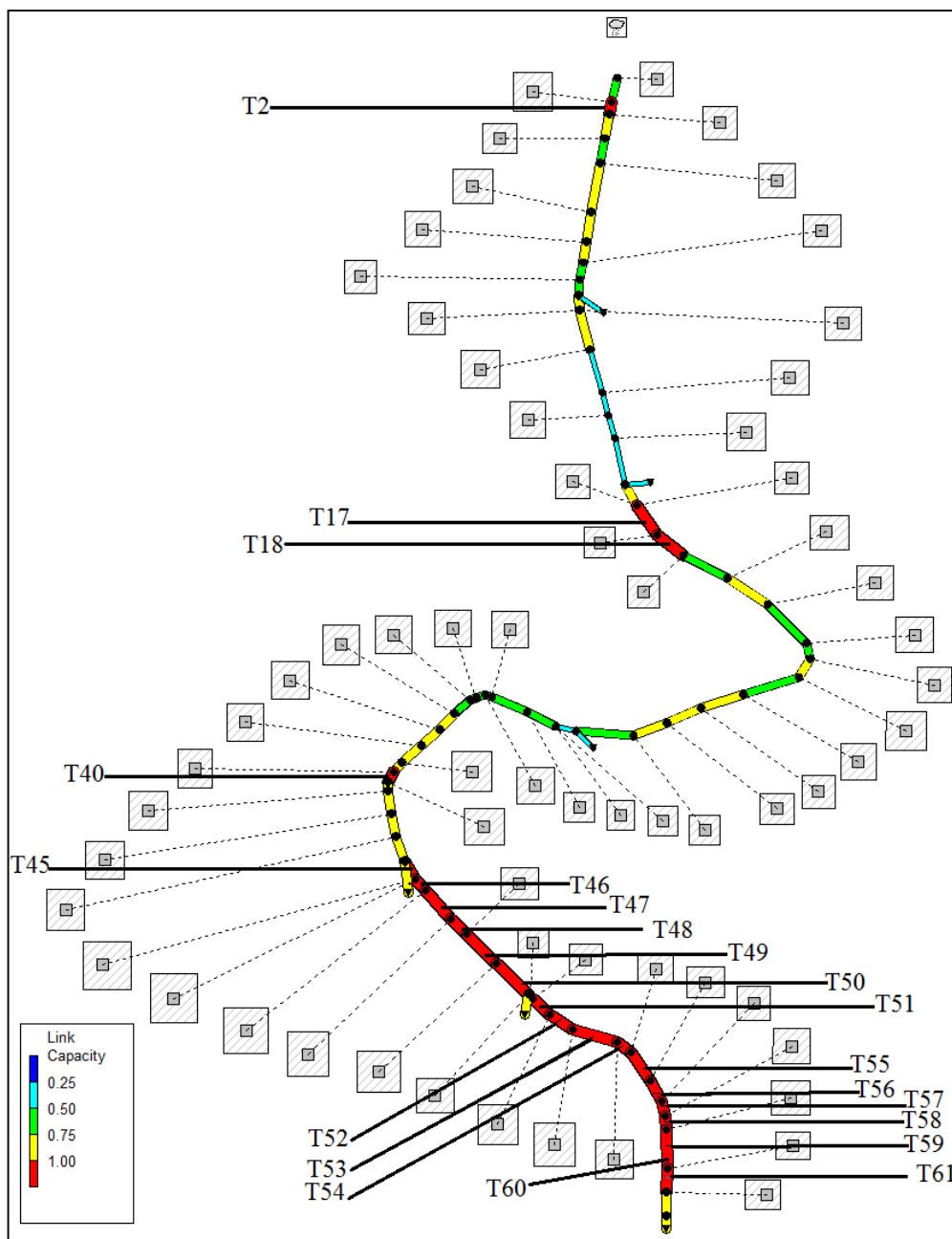


Figura 3.36. Tubos en los que el caudal alcanza la capacidad máxima del colector de la Av. De los Cerezos
Fuente: Autor

Los perfiles de los tubos del colector de la calle Mariscal Sucre se encuentran del Anexo 20 al 39 y de los tubos del colector de la Av. De los Cerezos se encuentran del Anexo 40 al 91.

Las curvas de caudal vs tiempo se encuentran del Anexo 92 al 100 para el colector de la calle Mariscal Sucre y para el colector de la Av. De los Cerezos se encuentran del Anexo 101 al 109.

Si se observa las tablas 3.14 y 3.15, encontramos que existen caudales de inundación, en la figura 3.37 para el colector de la Av. de los Cerezos y 3.38 para el colector de la calle Mariscal Sucre, observamos cual es el valor del área a inundarse y en que pozo sucedería.

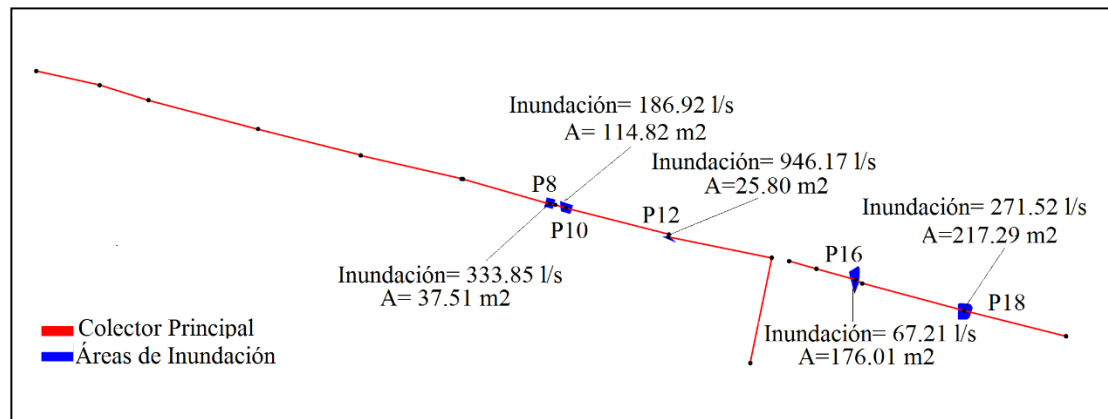


Figura 3.37. Áreas de inundación en el colector de la calle Mariscal Sucre
 Fuente: Autor

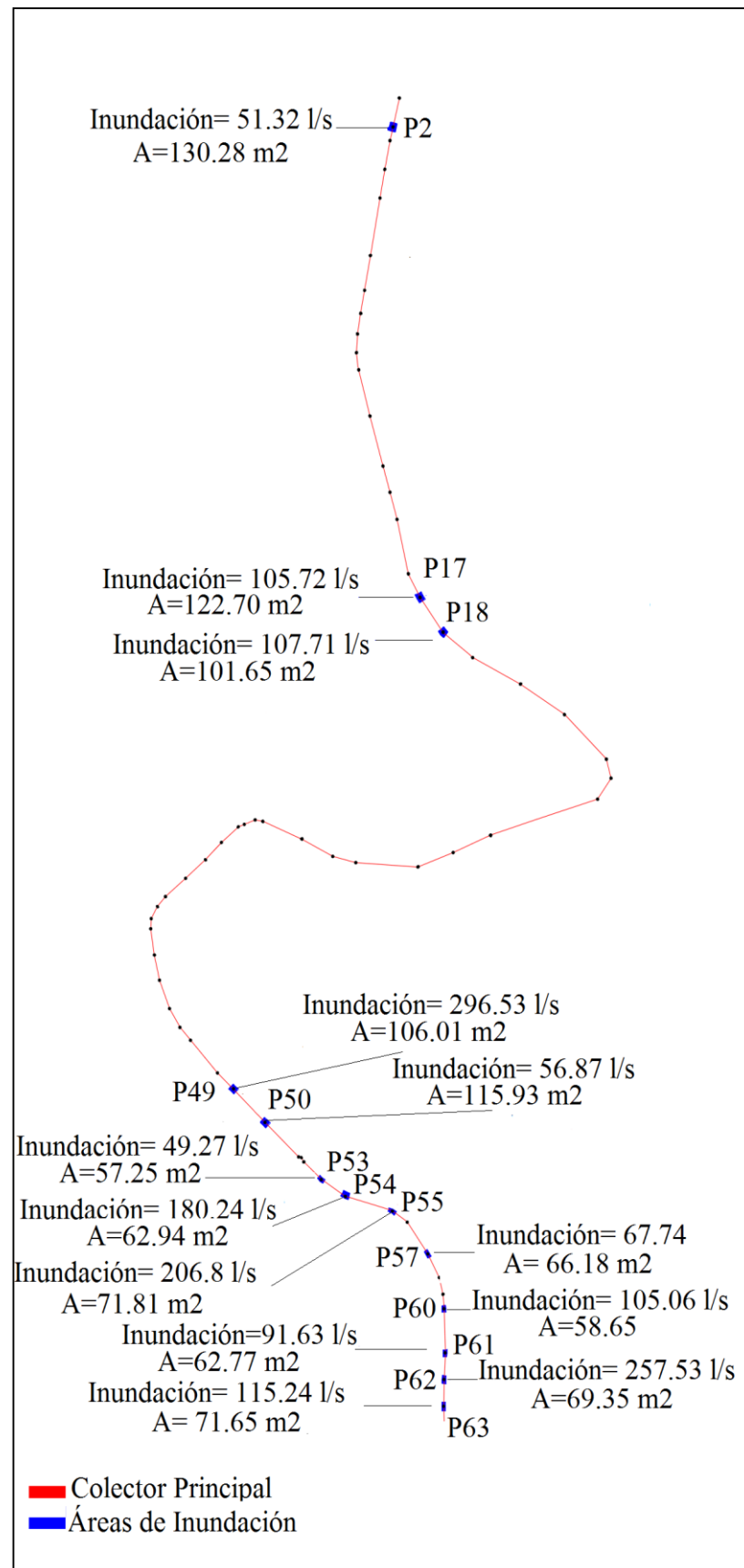


Figura 3.38. Áreas de inundación en el colector de la Av. De los Cerezos
Fuente: Autor

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el análisis de resultados nos basaremos en lo descrito en el capítulo anterior en la tabla 3.32 hasta la tabla de 3.37 y compararemos los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica en los periodos de retorno de dos, diez y veinte años de cada colector en los tramos que se aprecia de mejor manera la diferencia entre los modelos.

4.1 Comparación de los métodos analizados en el colector de la calle Mariscal Sucre

4.1.1 Comparación entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 2 años

En la tabla 4.1 se muestran los valores de una lluvia correspondiente a un periodo de retorno de dos años, dichos valores son de caudal (Q), capacidad (C) e inundación (I) de los tubos T8, T12 y T18 mediante los métodos de análisis de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica.

Tabla 4.1. Comparación de los métodos de análisis del colector de la calle Mariscal Sucre para un periodo de retorno de dos años

Periodo de retorno de 2 años										
Hora	Tubo	F. Estático			O. Cinemática			O. Dinámica		
		Q (L/S)	C	I (L/S)	Q (L/S)	C	I (L/S)	Q (L/S)	C	I (L/S)
1:10	T8	1133.12	0.65	0	1022.49	0.60	0	1112.29	0.62	0
1:10	T12	2559.84	0.77	0	2266.74	0.71	0	2459.04	0.75	0
1:10	T18	1477.58	0.63	0	1416.23	0.61	0	1552.19	0.81	0

Fuente: Autor.

Se observa que los tubos se encuentran trabajando de manera correcta, pues los valores de capacidad indican que no se encuentran saturados, dichos resultados se aprecian gráficamente en la figura 4.1.

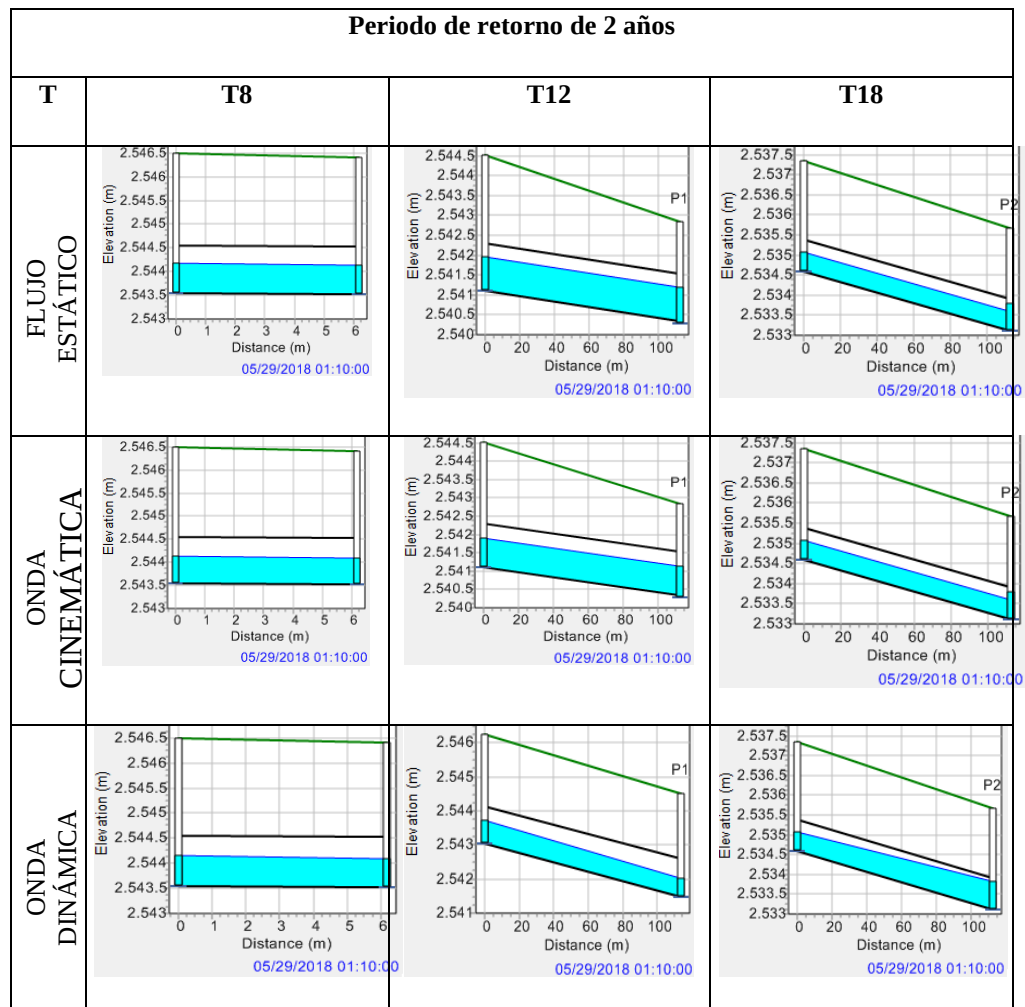


Figura 4.1. Comparación gráfica de los métodos de análisis del colector de la calle Mariscal Sucre para un periodo de retorno de dos años
Fuente: Autor

En la figura 4.2 observamos las curvas caudal vs tiempo mediante los tres métodos para el tubo T8 y T12, debido a que en el análisis en estos tubos, es notoria la diferencia de caudales.

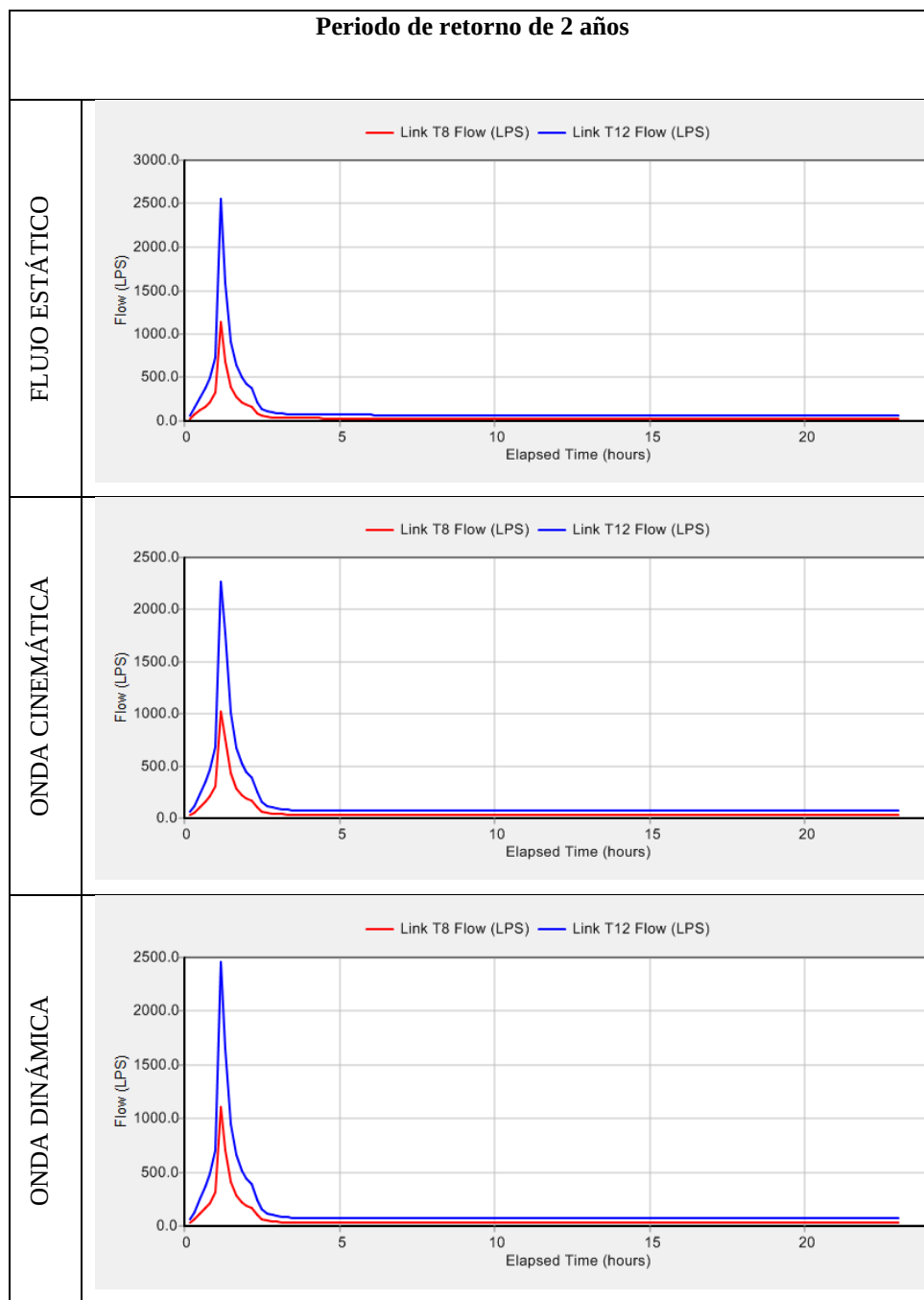


Figura 4.2. Comparación de curvas caudal (*Flow*) vs tiempo (*Elapsed Time*) entre los caudales máximos de dos tubos (*Link*) mediante los métodos de análisis del colector de la calle Mariscal Sucre para un periodo de retorno de dos años

Fuente: Autor

Observamos que el caudal punta que se tiene en la tabla 4.1 mediante los tres métodos, se encuentra a la hora diez minutos.

Luego la curva disminuye bruscamente lo que indica que la lluvia empieza a caer con menor intensidad.

Luego de que la curva ha llegado a su valor mínimo, en el análisis de Flujo Estático a las 17 horas con 20 minutos en el tubo T8, el caudal que circula es constante y pertenece al caudal base sanitario con un valor de 30.39 l/seg, mientras que este suceso ocurre a las 20 horas con 20 minutos en la tubería T12, circulando un caudal base de 68.67 l/seg.

En el análisis de Onda Cinemática el tubo T8, empieza a circular un caudal base de 30.39 l/seg a las 17 horas 20 minutos y el tubo T12 a las 20 horas 20 minutos circula un caudal base de 68.68 l/seg.

En el análisis de Onda Dinámica el tubo T8, empieza a circular un caudal base de 30.39 l/seg a las 17 horas 30 minutos y el tubo T12, de igual manera que en el análisis de Onda Cinemática, a las 20 horas 20 minutos circula un caudal base de 68.68 l/seg.

4.1.2 Comparación entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 10 años

Si se analiza la tabla 4.2 se encuentra que para una lluvia de 10 años el caudal en los tubos ha aumentado mediante los tres métodos de análisis con respecto a lo expuesto en la tabla 4.1

Tabla 4.2. Comparación de los métodos de análisis del colector de la calle Mariscal Sucre para un periodo de retorno de diez años

Periodo de retorno de 10 años										
Hora	Tubo	F.Estático			O. Cinemática			O. Dinámica		
		Q (L/S)	C	I (L/S)	Q (L/S)	C	I (L/S)	Q (L/S)	C	I (L/S)
1:10	T8	1602.13	1	113.18	1610.09	1	14.19	1761.17	0.85	0
1:10	T12	2968.69	1	810.22	2968.69	1	642.80	3688.37	1	0
1:10	T18	2189.56	1	46.82	2167.8	0.95	40.82	2408.5	1	0

Fuente: Autor

Si observamos los resultados de caudal en los tubos, estos han alcanzado su capacidad máxima en los tres análisis, tanto que, para el análisis de Flujo Estático y para el de Onda Cinemática existen valores considerables de inundación. Se visualiza de manera gráfica en la figura 4.3, donde se observa la inundación en los pozos.

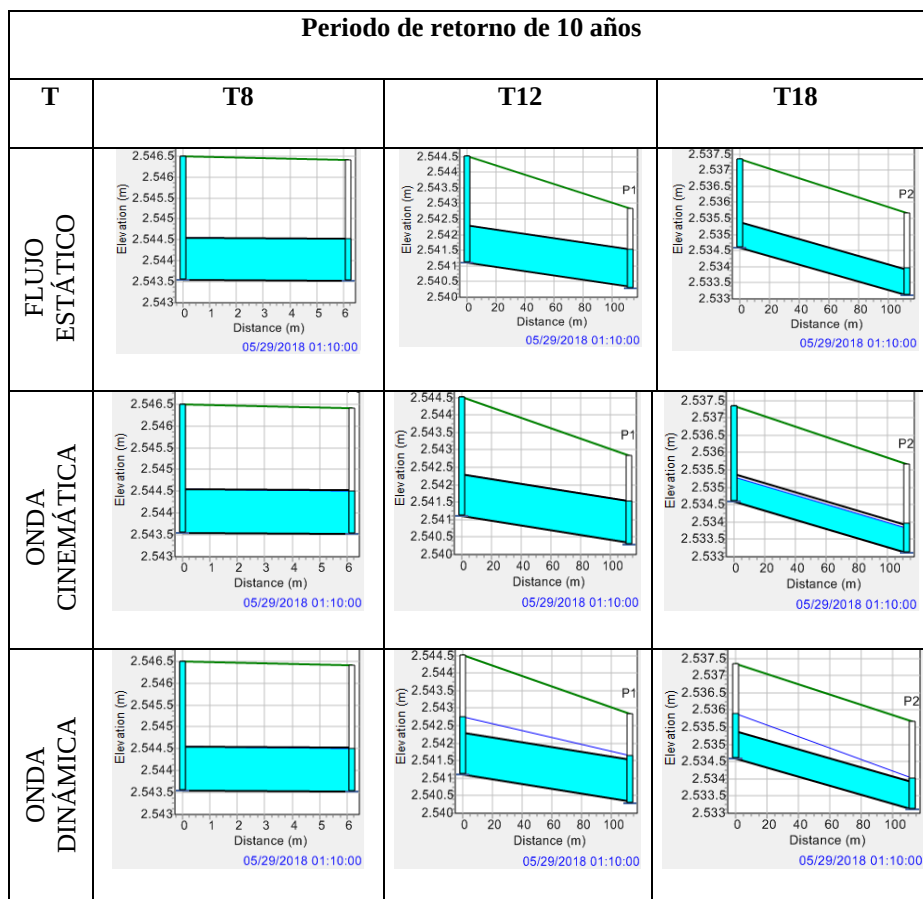


Figura 4.3. Comparación gráfica de los métodos de análisis del colector de la calle Mariscal Sucre para un periodo de retorno de diez años
Fuente: Autor

De igual manera en la figura 4.4 observamos las curvas caudal vs tiempo mediante los tres métodos para los tubos T8 y T12, debido a que, en el análisis en estos tubos, es notoria la diferencia de caudales.

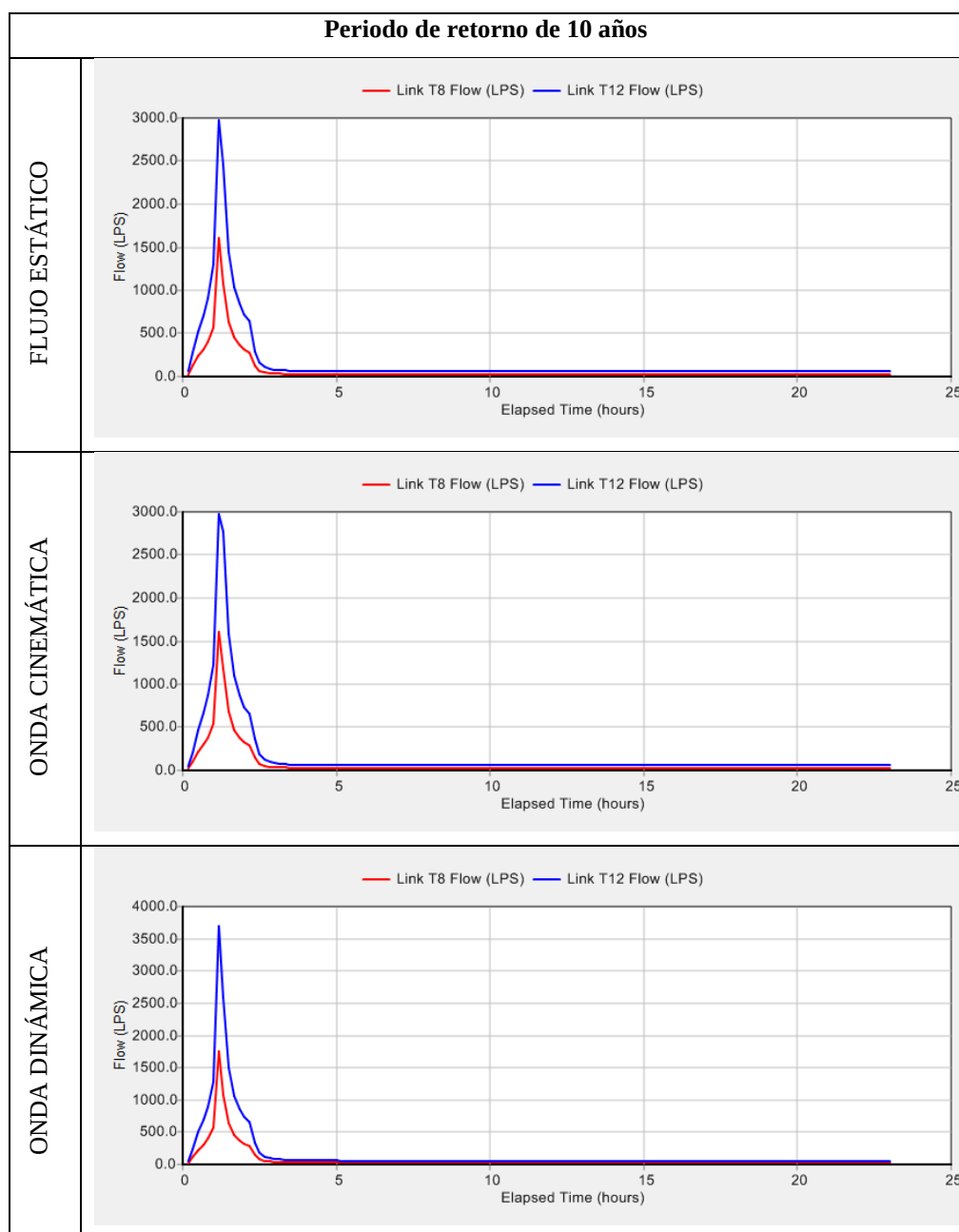


Figura 4.4. Comparación de curvas caudal (*Flow*) vs tiempo (*Elapsed Time*) entre los caudales máximos de dos tubos (*Link*) mediante los métodos de análisis del colector de la calle Mariscal Sucre para un periodo de retorno de diez años

Fuente: Autor

Observamos que el caudal punta que se tiene en la figura 4.4 mediante los tres métodos, se encuentra a la hora diez minutos.

Luego de que la curva ha llegado a su valor mínimo, en el análisis de Flujo Estático a las 17 horas con 30 minutos en el tubo T8, el caudal base que circula tiene un valor de 25.84 l/seg, mientras que a las 20 horas con 20 minutos en la tubería T12, circula un caudal base de 57.08 l/seg.

En el análisis de Onda Cinemática el tubo T8, empieza a circular un caudal base de 25.84 l/seg a las 17 horas 30 minutos y el tubo T12 a las 20 horas 20 minutos circula un caudal base de 57.08 l/seg.

En el análisis de Onda Dinámica el tubo T8, empieza a circular un caudal base de 25.84/seg a las 17 horas 30 minutos y el tubo T12, de igual manera que en el análisis de Onda Cinemática, a las 20 horas 20 minutos circula un caudal base de 57.08 l/seg.

4.1.3 Comparación entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 20 años

Analizando los resultados de la tabla 4.3 con periodo de retorno de 20 años en comparación de la tabla 4.2 de periodo de retorno de 10 años, hay un mayor número de tramos que funcionan sobre su capacidad máxima por los tres análisis como son T10 y T16.

Si observamos los valores de caudal de los tubos T8, T12 y T18 con respecto a los de la tabla 4.2, la diferencia es mínima en los métodos de Flujo Estático y Onda Cinemática. Mientras que en Onda Dinámica la variación de caudal es notable.

Tabla 4.3. Comparación de los métodos de análisis del colector de la calle Mariscal Sucre para un periodo de retorno de 20 años

Periodo de retorno de 20 años										
Hora	Tubo	F. Estático			O. Cinemática			O. Dinámica		
		Q (L/S)	C	I (L/S)	Q (L/S)	C	I (L/S)	Q (L/S)	C	I (L/S)
1:10	T8	1602.13	1	333.85	1602.13	1	161.79	1622.83	1	0
1:10	T10	3351.54	1	148.27	3381.09	1	186.92	3628.28	1	0
1:10	T12	2968.69	1	946.17	2968.69	1	929.19	4125.85	1	0
1:20		2754.79	0.82	12.37	2976.25	1	121.84	3137.3	0.88	0
1:10	T16	361.71	1	67.21	361.71	1	63.58	428.89	1	0
1:10	T18	2189.56	1	272.52	2189.56	1	275.13	2760.13	1	0

Fuente: Autor

La diferencia entre los valores de caudal de la tabla 4.3 que analiza el funcionamiento del colector en periodo de retorno de veinte años con la de la tabla 4.2 que analiza el funcionamiento del colector en periodo de retorno de diez años, se da debido a que en los dos casos los tubos han alcanzado su capacidad máxima en estos métodos, pero se observa con claridad que los valores de inundación han aumentado, como se observa en la figura 4.5.

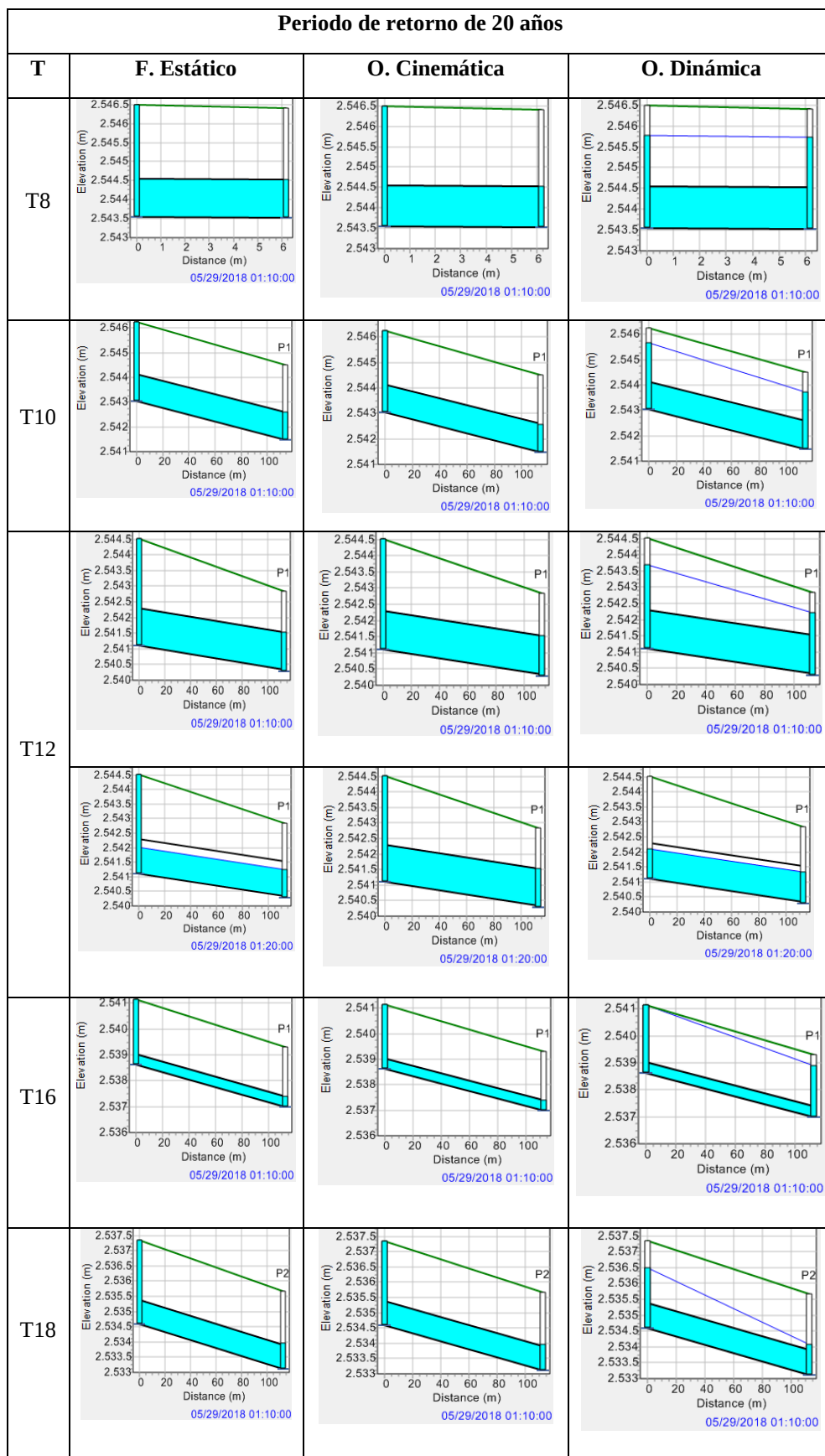


Figura 4.5. Comparación gráfica de los métodos de análisis del colector de la calle Mariscal Sucre para un periodo de retorno de 20 años

Fuente: Autor

En la figura 4.6 se observan las curvas caudal vs tiempo mediante los tres métodos para los tubos T10 y T16 mediante Flujo Estático; para el análisis de Onda Cinemática y Dinámica se analizarán los tubos T12 y T16.

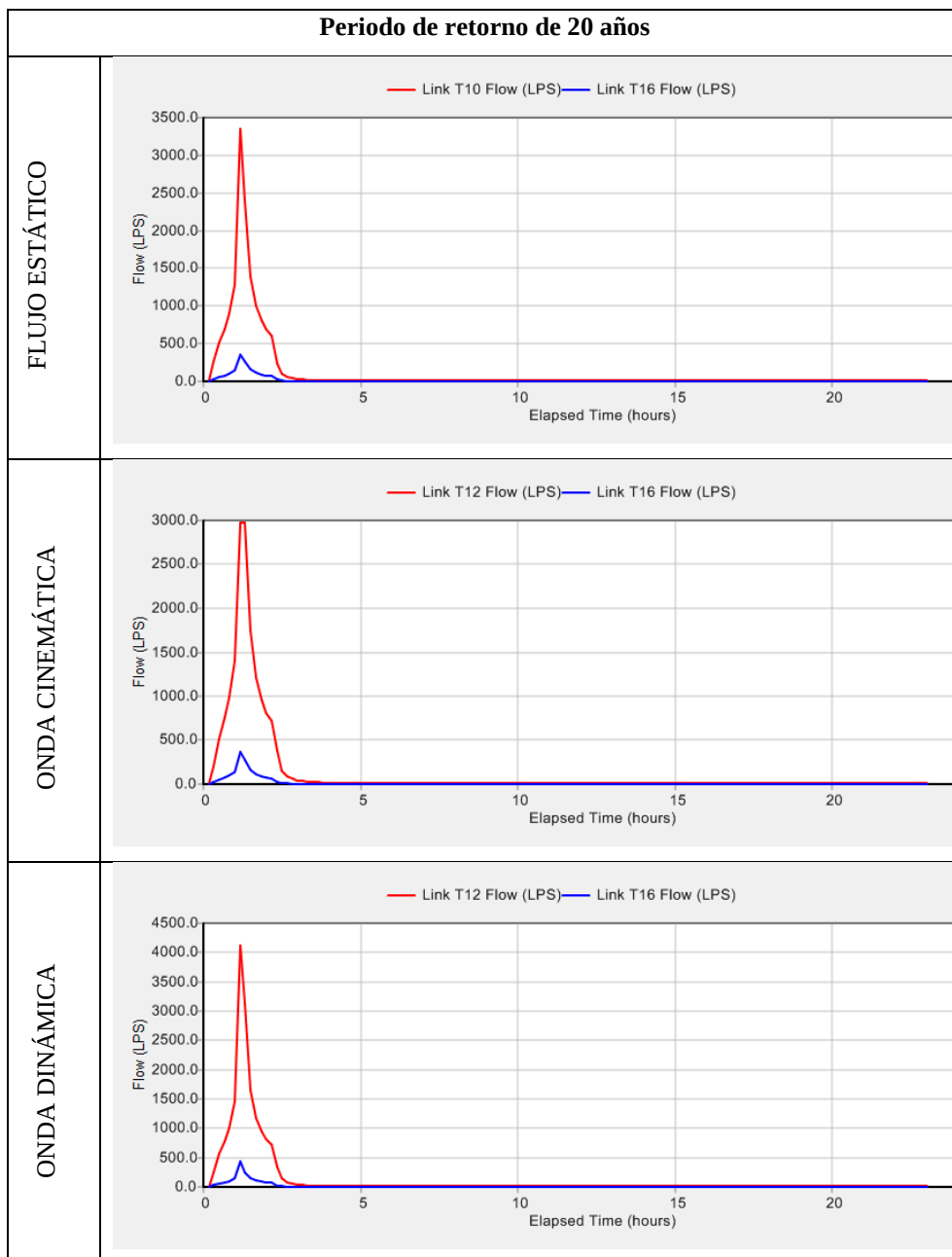


Figura 4.6. Comparación de curvas caudal(*Flow*) vs tiempo (*Elapsed Time*) entre los caudales máximos de dos tubos (*Link*) mediante los métodos de análisis del colector de la calle Mariscal Sucre para un periodo de retorno de veinte años

Fuente: Autor

Observamos que el caudal punta que se tiene en la figura 4.6 mediante los tres métodos, se encuentra a la hora diez minutos.

Luego de que la curva ha llegado a su valor mínimo, en el análisis de Flujo Estático a las 19 horas en el tubo T10, el caudal base que circula tiene un valor de 8.43 l/seg, mientras que a las 15 horas con 40 minutos en la tubería T16, circula un caudal base de 0.68 l/seg.

En el análisis de Onda Cinemática el tubo T12, empieza a circular un caudal base de 11.26 l/seg a las 20 horas 30 minutos y el tubo T16 a las 15 horas 40 minutos circula un caudal base de 0.68 l/seg.

En el análisis de Onda Dinámica el tubo T12, empieza a circular un caudal base de 0.02 l/seg a las 3 horas 40 minutos y el tubo T16, a las 4 horas circula un caudal base de 0.01 l/seg.

4.2 Comparación de los métodos analizados en el colector de la Av. De los Cerezos

4.2.1 Comparación entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 2 años

Como se observa en la tabla 4.4, mediante el análisis de Flujo Estático y Onda Cinemática, los valores de caudal de los tubos T48, T49, T54 y T55 varían en magnitudes mínimas con respecto a los obtenidos por Onda Dinámica.

Tabla 4.4. Comparación de los métodos de análisis del colector de la Av. De los Cerezos para un periodo de retorno de dos años

Periodo de retorno de 2 años										
Hora	Tubo	F. Estático			O. Cinemática			O. Dinámica		
		Q (L/S)	C	I (L/S)	Q (L/S)	C	I (L/S)	Q (L/S)	C	I (L/S)
1:10:00	T48	136.41	0.27	0	137.09	0.27	0	555.87	1	0
1:10:00	T49	180.71	0.39	0	178.10	0.39	0	569.5	0.99	34.07
1:10:00	T54	202.65	0.84	0	194.95	0.83	0	199.87	1	0
1:10:00	T55	196.03	1	98.66	196.03	1	91.1	312.26	1	0

Fuente: Autor

Esto se da debido a que la capacidad tanto el Flujo Estático como en la Onda Cinemática no ha llegado a su valor máximo, a comparación de la Onda Dinámica que incluso tiene inundación como se observa en la figura 4.7 en el tubo T49.

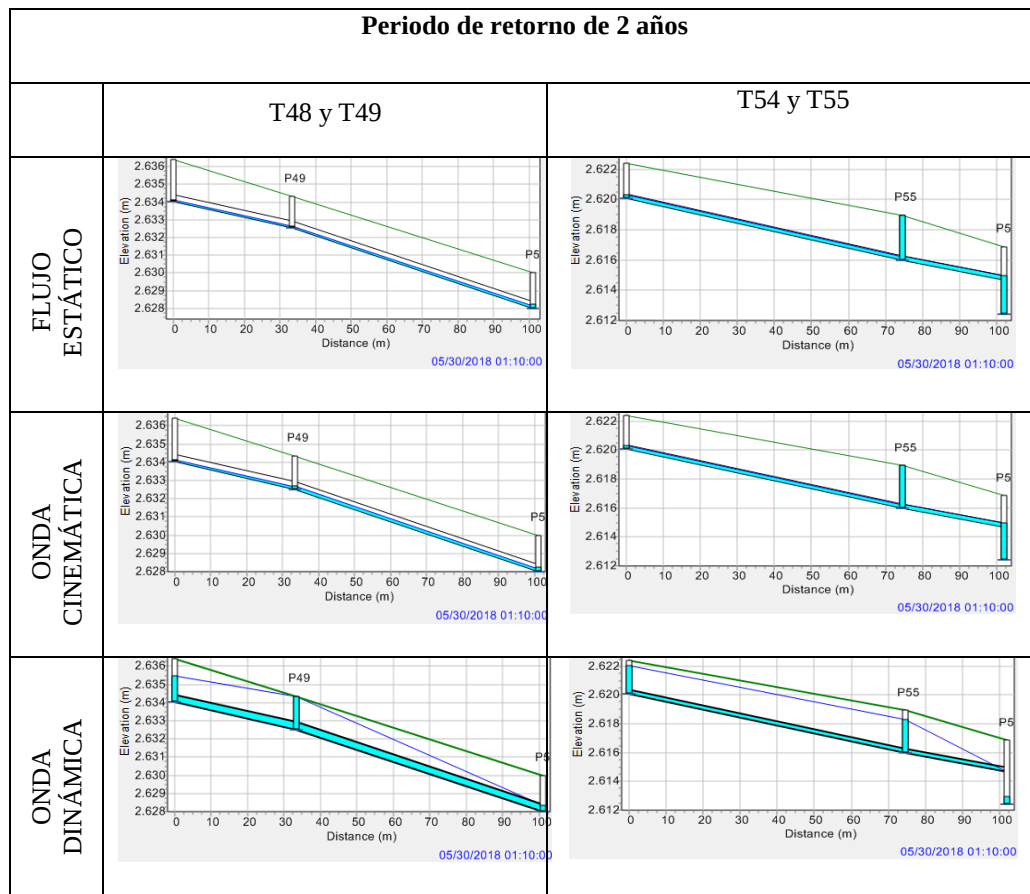


Figura 4.7. Comparación gráfica de los métodos de análisis del colector de la Av. De los Cerezos para un periodo de retorno de 2 años
Fuente: Autor

En la figura 4.8 se observan las curvas caudal vs tiempo mediante los tres métodos para los tubos T48 y T54 mediante Flujo Estático; para el análisis de Onda Cinemática y Dinámica se analizarán los tubos T48 y T55.

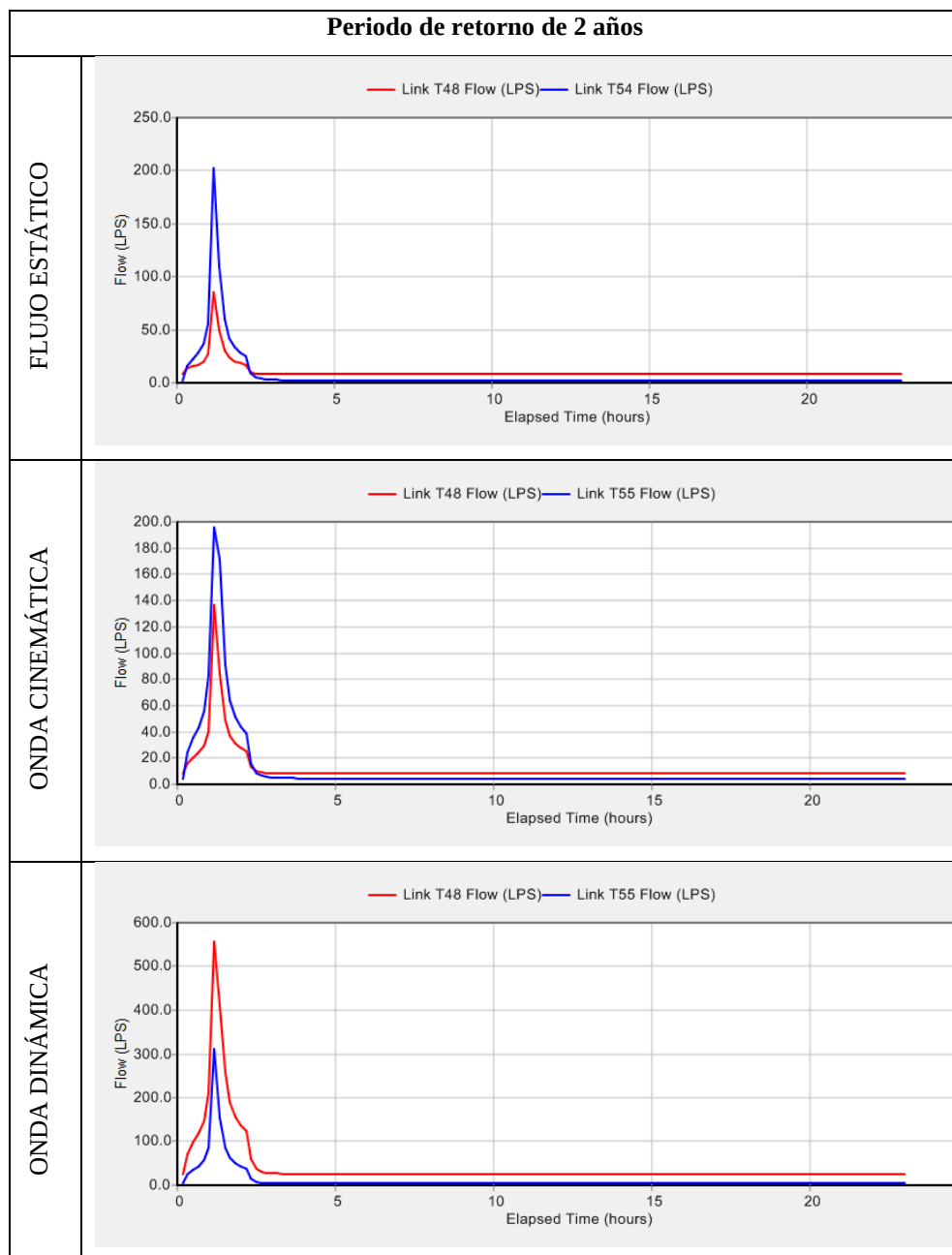


Figura 4.8. Comparación de curvas caudal (*Flow*) vs tiempo (*Elapsed Time*) entre los caudales máximos de dos tubos (*Link*) mediante los métodos de análisis del colector de la Av. De los Cerezos para un periodo de retorno de dos años

Fuente: Autor

Observamos que el caudal punta que se tiene en la figura 4.8 mediante los tres métodos, se encuentra a la hora diez minutos.

Luego de que la curva ha llegado a su valor mínimo, en el análisis de Flujo Estático a las 2 horas 20 minutos en el tubo T48, el caudal base que circula tiene un valor mínimo de 0.04 l/seg, mientras que a las 3 horas con 40 minutos el tubo T54, circula un caudal base mínimo de 0.03 l/seg.

En el análisis de Onda Cinemática el tubo T48, empieza a circular un caudal base de 8.03 l/seg a las 11 horas 30 minutos y el tubo T55 a las 12 horas 10 minutos circula un caudal base de 4.40 l/seg.

En el análisis de Onda Dinámica el tubo T48, empieza a circular un caudal base de 24.49 l/seg a las 15 horas 40 minutos y el tubo T55, a las 12 horas 10 minutos circula un caudal base de 4.40 l/seg.

4.2.2 Comparación entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 10 años

En la tabla 4.5 para una lluvia de 10 años, en comparación con la tabla 4.4 de una lluvia de dos años, los caudales han aumentado considerablemente por los tres métodos de análisis.

Tabla 4.5. Comparación de los métodos de análisis del colector de la Av. De los Cerezos para un periodo de retorno de diez años

Periodo de retorno de 10 años										
Hora	Tubo	F.Estático			O. Cinemática			O. Dinámica		
		Q (L/S)	C	I (L/S)	Q (L/S)	C	I (L/S)	Q (L/S)	C	I (L/S)
1:10	T48	212.31	0.37	0	251.24	0.42	0	663.06	1	0
1:10	T49	290.6	0.56	0	324.48	0.61	0	567.11	1	179.94
1:10	T54	210.81	1	105.95	210.81	1	102.55	193.79	1	141.94
1:10	T55	196.03	1	175.02	196.03	1	175.02	340.21	1	32.17

Fuente: Autor

En los tubos T48, T49 y T54 también han aumentado su capacidad siendo la excepción el tubo T55 que con una lluvia de 2 años ya alcanzó su capacidad máxima, por lo que la inundación comienza a aumentar

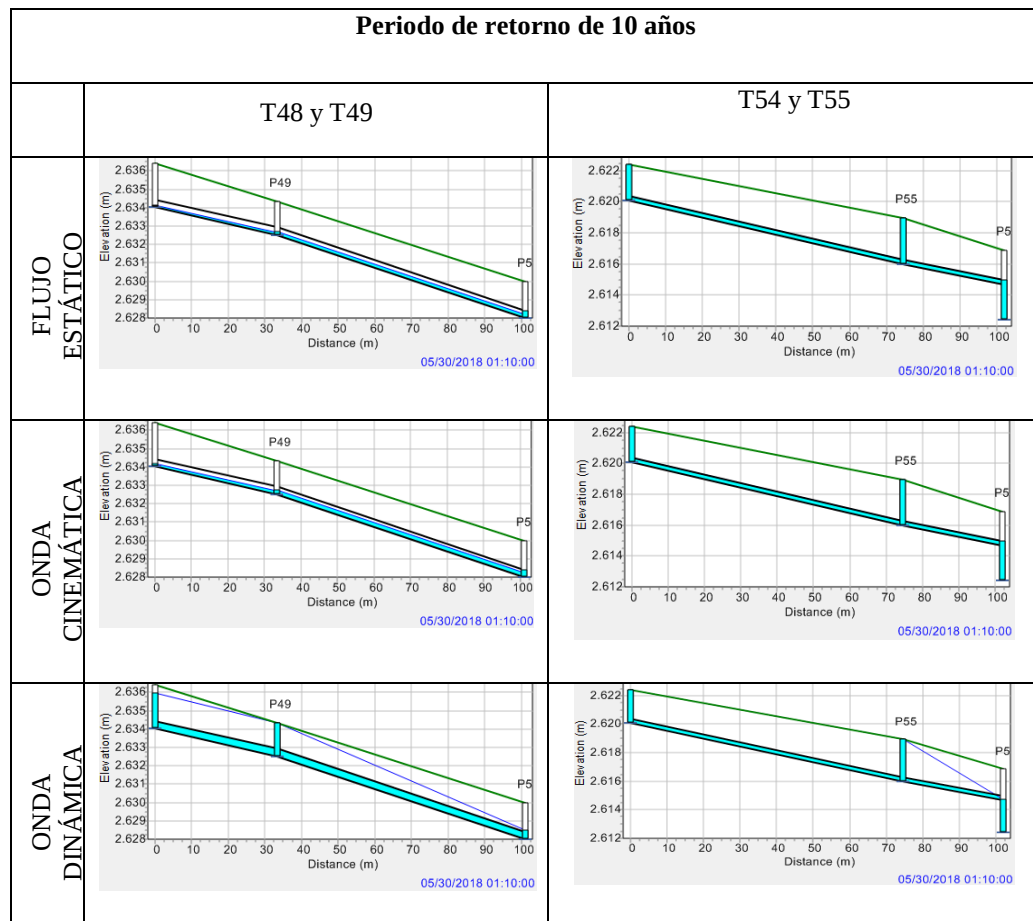


Figura 4.9. Comparación gráfica de los métodos de análisis del colector de la Av. De los Cerezos para un periodo de retorno de 10 años

Fuente: Autor

En la tabla figura 4.10 se observan las curvas caudal vs tiempo mediante los tres métodos para los tubos T48 y T49 mediante Flujo Estático; para el análisis de Onda Cinemática T49 y T55, finalmente en el análisis de Onda Dinámica se analizarán los tubos T48 y T55.

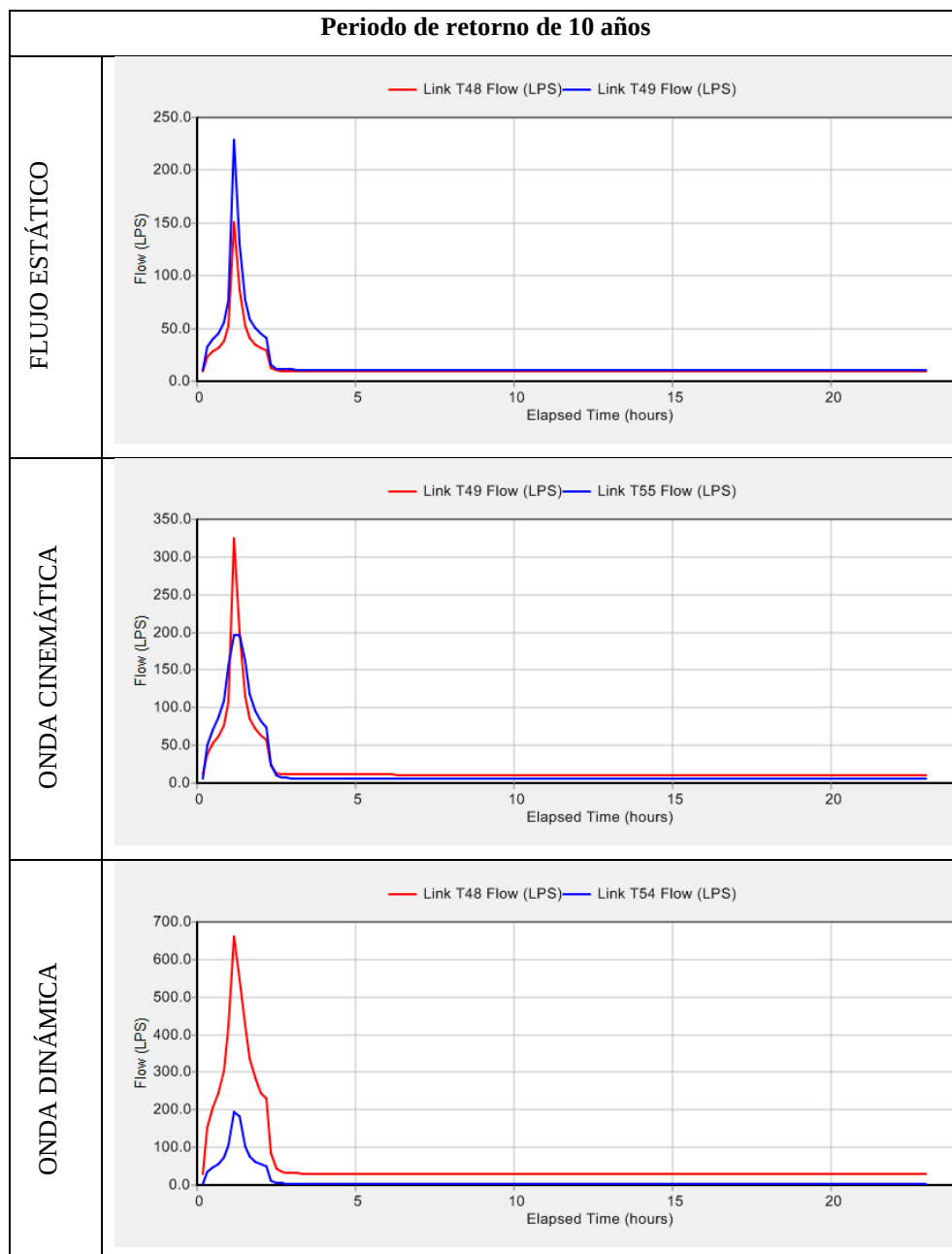


Figura 4.10. Comparación de curvas caudal (*Flow*) vs tiempo (*Elapsed Time*) entre los caudales máximos de dos tubos (*Link*) mediante los métodos de análisis del colector de la Av. De los Cerezos para un periodo de retorno de 10 años
Fuente: Autor

Observamos que el caudal punta que se tiene en la figura 4.10 mediante los tres métodos, se encuentra a la hora diez minutos.

Luego de que la curva ha llegado a su valor mínimo, en el análisis de Flujo Estático a las 6 horas con en el tubo T48, el caudal base que circula tiene un valor de 9.37 l/seg, mientras que a las 6 horas con 20 minutos en la tubería T49, circula un caudal base de 10.96 l/seg.

En el análisis de Onda Cinemática el tubo T49, empieza a circular un caudal base de 11.06 l/seg a las 9 horas 10 minutos y el tubo T55 a las 8 horas 10 minutos circula un caudal base de 5.44 l/seg.

En el análisis de Onda Dinámica el tubo T48, empieza a circular un caudal base de 29.23/seg a las 12 horas 40 minutos y el tubo T54, a las 11 horas 30 minutos circula un caudal base de 2.73 l/seg

4.2.3 Comparación entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 20 años

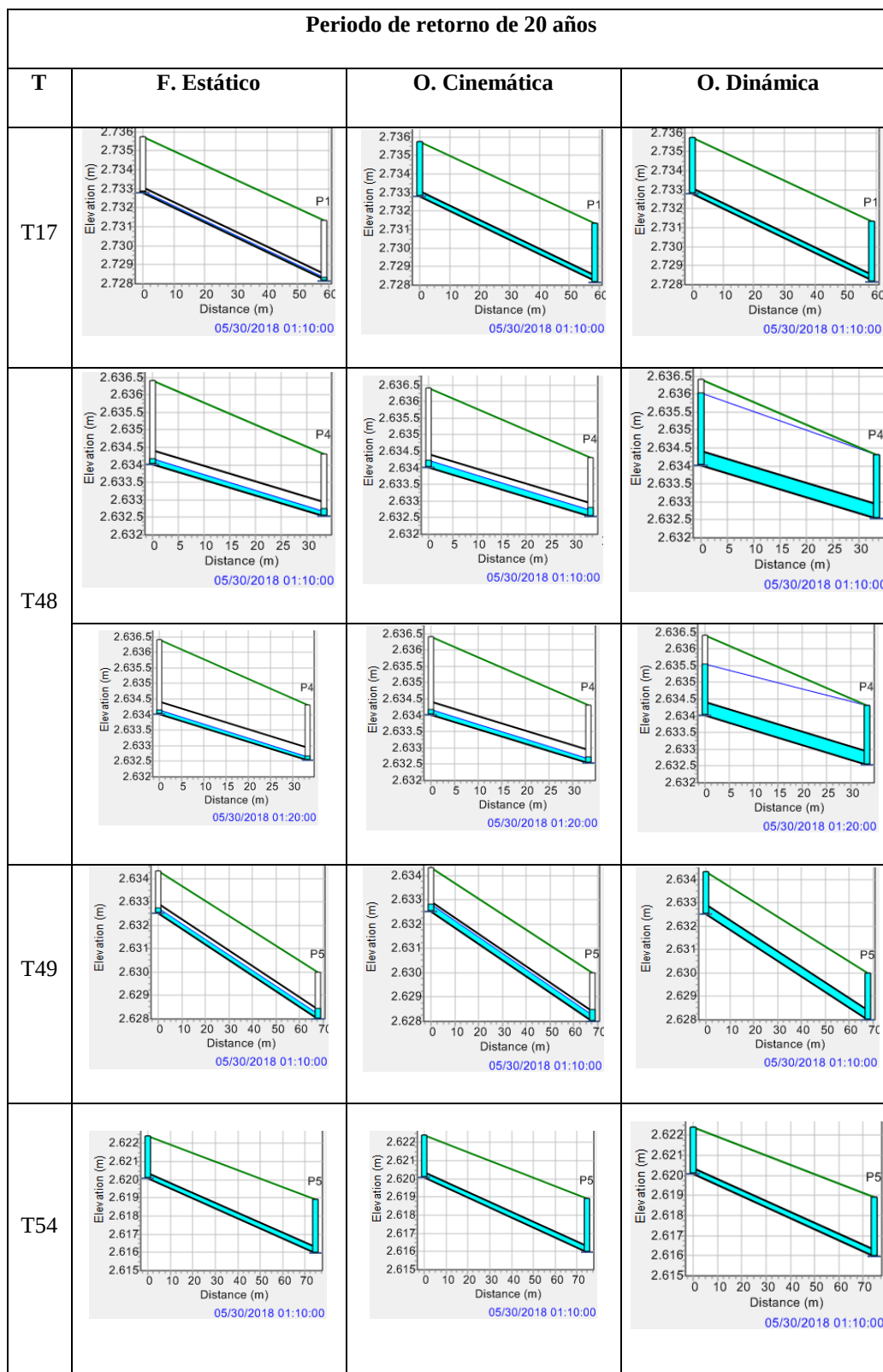
En la tabla 4.6, se observa que más tuberías comienzan a trabajar su máxima capacidad en los tres análisis. El caudal que circula en los tubos T54 y T55 ha dejado de crecer, incrementando sus inundaciones.

Tabla 4.6. Comparación de los métodos de análisis del colector de la Av. De los Cerezos para un periodo de retorno de veinte años

Periodo de retorno de 20 años										
Hora	Tubo	F.Estático			O. Cinemática			O. Dinámica		
		Q (L/S)	C	I (L/S)	Q (L/S)	C	I (L/S)	Q (L/S)	C	I (L/S)
1:10	T17	57.50	0.75	0	251.01	1	53.21	247.02	1	105.72
1:10	T48	260.16	0.43	0	315.82	0.5	0	680.5	1	0
1:10	T49	357.46	0.66	0	406.73	0.73	0	488.38	1	296.53
1:20		230.94	0.47	0	243.29	0.49	0	571.04	0.99	56.87
1:10	T54	210.81	1	169.14	210.79	1	166.29	193.79	1	180.24
1:20		210.81	1	21.59	226.18	0.99	25.03	203.81	1	0
1:10	T55	196.03	1	206	196.03	1	206.8	305.9	1	100.81
1:10	T60	872.48	1	105.05	872.41	872	105.06	885.28	1	183.38
1:10	T61	880.83	1	63.05	949.25	949	91.63	1042.4	1	201.77

Fuente: Autor

Los nuevos tubos saturados empiezan generar inundación por el método de Onda Dinámica, mientras que por los otros análisis todavía un porcentaje de capacidad permisible, valores que se representan gráficamente en la figura 4.11.



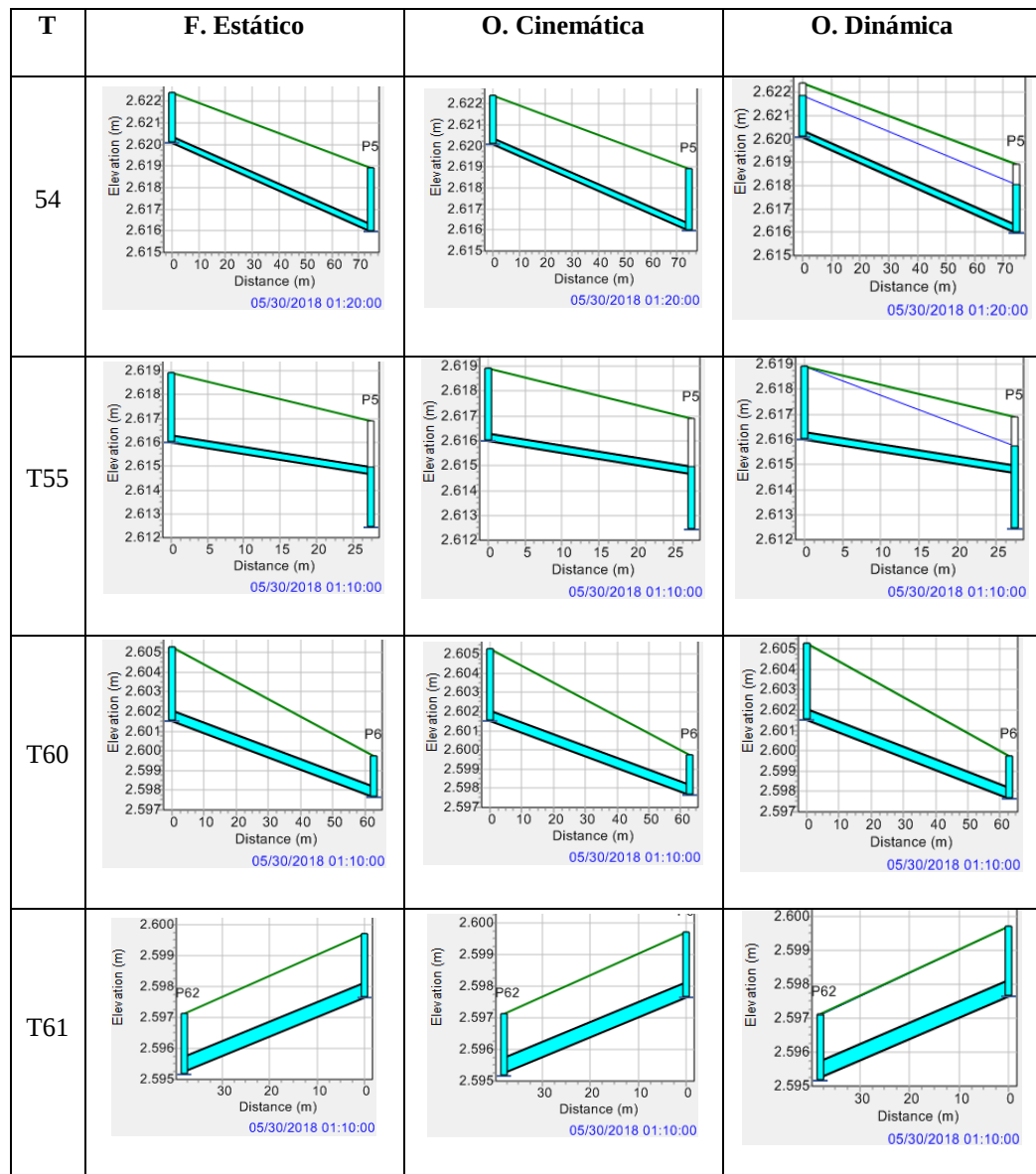


Figura 4.11. Comparación gráfica de los métodos de análisis del colector de la Av. De los Cerezos para un periodo de retorno de 20 años

Fuente: Autor

En la tabla 4.12 se observan las curvas caudal vs tiempo mediante los tres métodos para los tubos T17 y T61 mediante Flujo Estático y Onda Cinemática; para el análisis de Onda Dinámica se analizarán los tubos T54 y T61.

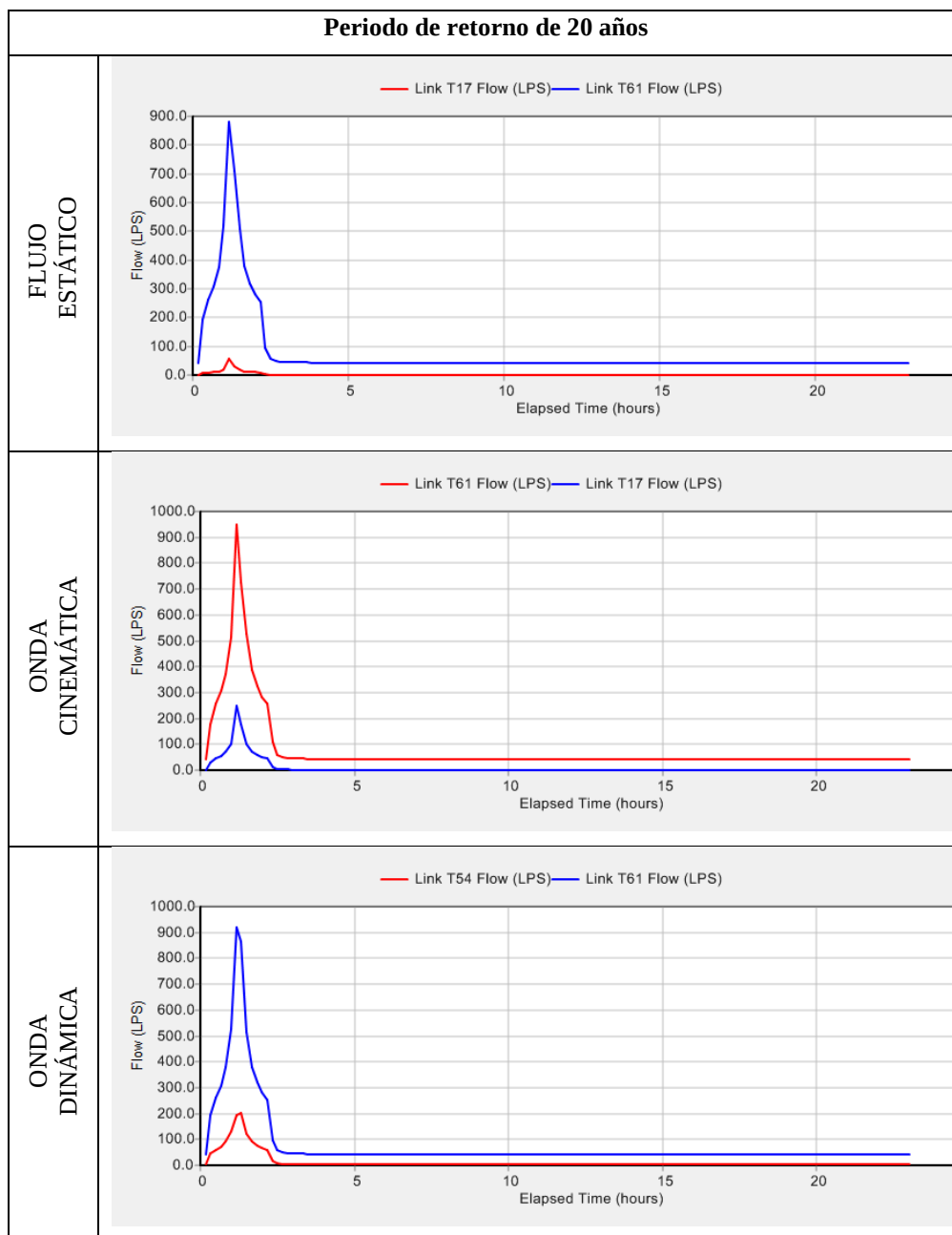


Figura 4.12. Comparación de curvas caudal (*Flow*) vs tiempo (*Elapsed Time*) entre los caudales máximos de dos tubos (*Link*) mediante los métodos de análisis del colector de Av. De los Cerezos para un periodo de retorno de veinte años

Fuente: Autor

Observamos que el caudal punta que se tiene en la 4.12 mediante los tres métodos, se encuentra a la hora diez minutos.

Luego de que la curva ha llegado a su valor mínimo, en el análisis de Flujo Estático a las 3 horas con 50 minutos en el tubo T17, el caudal base que circula tiene un valor de 2.56 l/seg, mientras que a las 15 horas con 40 minutos en la tubería T61, circula un caudal base de 42.92 l/seg.

En el análisis de Onda Cinemática el tubo T17 empieza a circular un caudal base de 1.15 l/seg a las 6 horas 40 minutos y el tubo T61 a las 15 horas 40 minutos circula un caudal base de 42.92 l/seg.

En el análisis de Onda Dinámica el tubo T54, empieza a circular un caudal base de 3.25 l/seg a las 11 horas 20 minutos y el tubo T61, a las 15 horas 40 minutos circula un caudal base de 42.92 l/seg.

4.3 Diferencia de caudales en valor porcentual del colector de la calle Mariscal Sucre

A continuación, analizaremos la diferencia de caudales en valor porcentual entre los métodos de Flujo Estático (F.E.), Onda Cinemática (O.C.) y Onda Dinámica (O.D.) en periodos de retorno de dos, diez y veinte años del colector de la calle Mariscal Sucre.

4.3.1 Diferencia de caudales del colector entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 2 años

En la tabla 4.7 se muestra la diferencia porcentual entre los valores de caudal obtenidos para la de dos años.

Tabla 4.7. Diferencia de caudales entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 2 años

H	T	F.E Q (L/S)	F.E vs O.C %	O.C Q (L/S)	O.C vs O.D %	O.D Q (L/S)	O.D vs F.E %	F.E Q (L/S)
1:10:00	8	1133.12	10.82	1022.49	8.07	1112.29	1.84	1133.12
1:10:00	12	2559.84	12.93	2266.74	7.82	2459.04	3.94	2559.84
1:10:00	18	1477.58	4.33	1416.23	8.76	1552.19	5.05	1477.58

Fuente: Autor

Se puede observar que la diferencia de porcentaje entre el método de análisis de Flujo Estático y Onda Cinemática es mayor que el de Onda Cinemática con Onda Dinámica y Onda Dinámica con Flujo Estático. Mientras que los valores entre Onda Cinemática y Onda Dinámica son mayores a los valores entre Onda Dinámica y Flujo Estático.

4.3.2 Diferencia de caudales del colector entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 10 años

Ahora se analizará, la diferencia porcentual entre los valores de caudal para una lluvia de 10 años.

Tabla 4.8. Diferencia de caudales entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 10 años

H	T	F.E Q (L/S)	F.E vs O.C%	O.C Q (L/S)	O.C vs O.D%	O.D Q (L/S)	O.D vs F.E%	F.E Q (L/S)
1:10:00	8	1602.13	0.49	1610.09	0.79	1622.83	1.29	1602.13
1:10:00	12	2968.69	0.00	2968.69	28.05	4125.85	38.98	2968.69
1:10:00	18	2189.56	1.00	2167.8	21.46	2760.13	26.06	2189.56

Fuente: Autor

Si se observa el tubo T8 tenemos que la diferencia por los tres métodos de análisis es mínima. El tubo T12 lleva el mismo caudal entre los análisis de Flujo estático y Onda Cinemática, mientras que en Onda Cinemática con Onda Dinámica y Onda Dinámica con Flujo Estático existe una diferencia mayor. El tubo T18 tiene un comportamiento similar al tubo T12.

4.3.3 Diferencia de caudales del colector entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 20 años

Para una lluvia de 20 años, tenemos más tuberías en las que el análisis muestra una variación notoria.

Tabla 4.9. Diferencia de caudales entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 20 años

H	T	F.E Q (L/S)	F.E vs O.C%	O.C Q (L/S)	O.C vs O.D%	O.D Q (L/S)	O.D vs F.E%	F.E Q (L/S)
1:10:00	8	1602.13	0.00	1602.13	1.28	1622.83	1.29	1602.13
1:10:00	10	3351.54	0.87	3381.09	6.81	3628.28	8.26	3351.54
1:10:00	12	2968.69	0.00	2968.69	28.05	4125.85	38.98	2968.69
1:20:00		2754.79	7.44	2976.25	5.13	3137.3	13.89	2754.79
1:10:00	16	361.71	0.00	361.71	15.66	428.89	18.57	361.71
1:10:00	18	2189.56	0.00	2189.56	20.67	2760.13	26.06	2189.56

Fuente: Autor

Si se observa con claridad, la diferencia entre Flujo Estático y Onda Cinemática es nula en los tubos T8, T12 en la hora diez minutos, T16 y T18 mientras que en los tubos T10 y T12 en la hora veinte minutos, es mínima. Ahora si se compara entre los valores de Onda Cinemática y Onda Dinámica, se concluye que estos son mayores a los valores entre Flujo Estático y Onda Cinemática y menores a los de Onda Dinámica y Flujo Estático.

4.3.4 Diferencia de caudales del colector entre los periodos de retorno 2, 10 y 20 años mediante Flujo Estático

En la tabla 4.10, tenemos la diferencia de caudal de los tubos en los diferentes periodos de retornos mediante Flujo Estático.

Tabla 4.10. Diferencia de caudales entre los periodos de retorno 2,10 y 20 años mediante Flujo Estático

Hora	T	2 años	2 vs 10%	10 años	10 vs 20 %	20 años
1:10:00	T8	1133.12	29.27	1602.13	0.00	1602.13
1:10:00	T10	2223.94	33.36	3337.18	0.43	3351.54
1:10:00	T12	2559.84	13.77	2968.69	0.00	2968.69
1:20:00		1578.01	35.88	2461.15	10.66	2754.79
1:10:00	T16	245.05	32.25	361.71	0.00	361.71
1:10:00	T18	1477.58	32.52	2189.56	0.00	2189.56

Fuente: Autor

La diferencia entre una lluvia de dos años y de diez años es mayor a la lluvia entre diez años y veinte años, debido a que si se verifican las tablas 4.1, 4.2 y 4.3, observamos que en una lluvia de 2 años los tubos no llevan el máximo caudal para el que fueron diseñados, lo contrario sucede en las lluvias de diez y veinte años, donde los tubos se han llenado en su totalidad y es por eso que en este análisis los valores de diferencia es nula en los tubos T8, T12 en una hora diez minutos, T16 y T18, mientras que en T10 y T12 con veinte minutos, el valor es mínimo.

4.3.5 Diferencia de caudales del colector entre los periodos de retorno 2, 10 y 20 años mediante Onda Cinemática

En el análisis de Onda Cinemática sucede lo mismo que en análisis de Flujo Estático.

Tabla 4.11. Diferencia de caudales entre los periodos de retorno 2,10 y 20 años mediante Onda Cinemática

Hora	T	2 años	2 vs 10%	10 años	10 vs 20 %	20 años
1:10:00	T8	1022.49	36.49	1610.09	0.50	1602.13
1:10:00	T10	2037.57	36.92	3230.39	4.46	3381.09
1:10:00	T12	2266.74	23.65	2968.69	0.00	2968.69
1:20:00		1774.13	36.03	2773.57	6.81	2976.25
1:10:00	T16	233.32	35.98	364.45	0.76	361.71
1:10:00	T18	1416.23	34.67	2167.8	0.99	2189.56

Fuente: Autor

Los valores de caudal entre las lluvias de dos y diez años son mayores a valores de diez y veinte años debido a que en un periodo de retorno de dos años los caudales son menores a los de diez y veinte años al circular no llenan en su totalidad a los tubos, cuando los otros ya lo han hecho.

4.3.6 Diferencia de caudales del colector entre los periodos de retorno 2, 10 y 20 años mediante Onda Dinámica

En la tabla 4.12 tenemos la diferencia de valores porcentuales entre los diferentes periodos de retorno mediante Onda Dinámica.

Tabla 4.12. Diferencia de caudales entre los periodos de retorno 2,10 y 20 años mediante Onda Dinámica

Hora	T	2 años	2 vs 10%	10 años	10 vs 20 %	20 años
1:10:00	T12	2459.04	33.33	3688.37	10.60	4125.89
1:20:00		1646.17	36.05	2574.11	17.95	3137.3
1:10:00	T14	72.55	35.30	112.13	0.28	111.82
1:10:00	T15	86.94	32.98	129.73	20.34	107.8
1:10:00	T18	1552.19	35.55	2408.5	12.74	2760.13

Fuente: Autor

La diferencia entre los valores de las lluvias entre dos y diez años es mayor a la de diez y veinte años por la misma razón de que en un periodo de retorno de 2 años los caudales han sido mínimos sin alcanzar la capacidad máxima mientras que en periodos de retorno de diez y veinte años los caudales ya han alcanzado y sobrepasado la capacidad de los tubos.

4.4 Diferencia de caudales en valor porcentual del colector de la Av. De los Cerezos

Como se analizó previamente en el colector de la calle Mariscal Sucre, se procederá de la misma manera en el colector de la Av. De los Cerezos, primero se empezará a comparar entre los métodos de Flujo Estático (F.E.), Onda Cinemática (O.C.) y Onda Dinámica (O.D.) en los diferentes periodos de retorno y luego se procederá a analizar la comparación entre los periodos de retorno de dos, diez y veinte años.

4.4.1 Diferencia de caudales del colector entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 2 años

En la tabla 4.13 podemos observar que la diferencia entre los métodos analizados de los tubos T48, T49 y T55 es creciente mientras que en T55 los porcentajes es de forma decreciente. Esto se da debido a que en T54 el tubo no ha alcanzado su caudal máximo que puede circular por el mismo porque varía según su capacidad.

Tabla 4.13. Diferencia de caudales entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 2 años

H	T	F.E Q (L/S)	F.E vs O.C%	O.C Q (L/S)	O.C vs O.D%	O.D Q (L/S)	O.D vs F.E%	F.E Q (L/S)
1:10:00	T48	85.2	37.85	137.09	75.34	555.87	84.67	85.2
1:10:00	T49	129.5	27.29	178.1	68.73	569.5	77.26	129.5
1:10:00	T54	202.65	3.95	194.95	2.46	199.87	1.39	202.65
1:10:00	T55	196.03	0.00	196.03	37.22	312.26	37.22	196.03

Fuente: Autor

Si observamos los resultados entre Flujo Estático y Onda Dinámica con respecto a los resultados entre el análisis de Onda Cinemática y Onda Dinámica y Onda Dinámica con Flujo Estático son menores.

4.4.2 Diferencia de caudales del colector entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 10 años

En los tubos T54 y T55 la diferencia de caudal entre el Flujo Estático y Onda Cinemática es nula debido a que los tubos han alcanzado su caudal máximo que puede circular mediante dichos métodos, mientras que el análisis por Onda Dinámica el resultado es mayor.

Tabla 4.14. Diferencia de caudales entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 10 años

H	T	F.E Q (L/S)	F.E vs O.C %	O.C Q (L/S)	O.C vs O.D %	O.D Q (L/S)	O.D vs F.E %	F.E Q (L/S)
1:10:00	T48	212.31	18.34	251.24	163.91	663.06	67.98	212.31
1:10:00	T49	290.6	11.66	324.48	74.78	567.11	48.76	290.6
1:10:00	T54	210.81	0.00	210.81	8.07	193.79	8.78	210.81
1:10:00	T55	196.03	0.00	196.03	73.55	340.21	42.38	196.03

Fuente: Autor

Al comparar el flujo Estático con Onda Dinámica y el de Onda Cinemática con Onda Dinámica los valores son mayores, debido a que los caudales por Onda Dinámica son mayores.

4.4.3 Diferencia de caudales del colector entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 20 años

En la tabla 4.15 los valores empiezan a variar en los nuevos tubos saturados como son T17, T60 y T61 debido a que el caudal varía según su capacidad existiendo así, un rango muy extenso entre valores pequeños y valores grandes.

Tabla 4.15. Diferencia de caudales entre los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica para un periodo de retorno de 20 años

H	T	F.E Q (L/S)	F.E vs O.C %	O.C Q (L/S)	O.C vs O.D %	O.D Q (L/S)	O.D vs F.E %	F.E Q (L/S)
1:10:00	T17	57.5	77.09	251.01	1.59	247.02	76.72	57.5
1:10:00	T48	260.16	17.62	315.82	115.47	680.5	61.77	260.16
1:10:00	T49	357.46	12.11	406.73	20.07	488.38	26.81	357.46
1:20:00		230.94	5.08	243.29	134.72	571.04	59.56	230.94
1:10:00	T54	210.81	0.01	210.79	8.06	193.79	8.78	210.81
1:20:00		210.81	6.80	226.18	9.89	203.81	3.43	210.81
1:10:00	T55	196.03	0.00	196.03	56.05	305.9	35.92	196.03
1:10:00	T60	872.48	0.01	872.41	1.48	885.28	1.45	872.48
1:10:00	T61	880.83	7.21	949.25	9.81	1042.4	15.50	880.83

Fuente: Autor

En los tubos T49, T54 y T55 el porcentaje empieza a ser mínimo debido a que empiezan a saturarse por los distintos métodos. Comenzando así a ser semejantes los caudales por el análisis de Flujo Estático y Onda Cinemática.

4.4.4 Diferencia de caudales del colector entre los periodos de retorno 2, 10 y 20 años mediante Flujo Estático

El porcentaje de diferencia de caudal entre años por el mismo método es decreciente debido a que los tubos empiezan a saturarse por completo.

Tabla 4.16. Diferencia de caudales entre los periodos de retorno 2,10 y 20 años mediante Flujo Estático

Hora	T	2 años	2 vs 10%	10 años	10 vs 20 %	20 años
1:10:00	T48	136.41	35.75	212.31	18.39	260.16
1:10:00	T49	180.71	37.81	290.6	18.70	357.46
1:10:00	T54	202.65	3.87	210.81	0.00	210.81
1:10:00	T55	196.03	0.00	196.03	0.00	196.03

Fuente: Autor

Como es el caso de los tubos T54 y T55 que la diferencia es nula debido a que ya alcanzaron su máximo caudal que puede circular por dichos tubos.

4.4.5 Diferencia de caudales del colector entre los periodos de retorno 2, 10 y 20 años mediante Onda Cinemática

La diferencia de caudal entre el periodo de retorno de una lluvia de 2, 10 y 20 años es decreciente debido a que empiezan a saturarse los tubos por lo que en los tubos T54 y T55 es nula.

Tabla 4.17. Diferencia de caudales entre los periodos de retorno 2,10 y 20 años mediante Onda Cinemática

Hora	T	2 años	2 vs 10%	10 años	10 vs 20 %	20 años
1:10:00	T48	137.09	45.43	251.24	3.43	260.16
1:10:00	T49	178.1	45.11	324.48	9.23	357.46
1:10:00	T54	194.95	7.52	210.81	0.00	210.81
1:10:00	T55	196.03	0.00	196.03	0.00	196.03

Fuente: Autor

Los porcentajes entre la diferencia de 2 y 10 años es mayor a la de 10 años con respecto a los de 20 años porque se comienzan a saturar.

4.4.6 Diferencia de caudales del colector entre los periodos de retorno 2, 10 y 20 años mediante Onda Dinámica

La diferencia de porcentaje entre tubos empieza a ser variadas ya que por ser un método más complejo y por el cambio de lluvias los caudales empiezan a ser tanto decrecientes, crecientes e iguales.

Tabla 4.18. Diferencia de caudales entre los periodos de retorno 2,10 y 20 años mediante Onda Dinámica

Hora	T	2 años	2 vs 10%	10 años	10 vs 20%	20 años
1:10:00	T48	555.87	16.17	663.06	2.56	680.5
1:10:00	T49	569.5	0.42	567.11	16.12	488.38
1:10:00	T54	199.87	3.14	193.79	0.00	193.79
1:10:00	T55	312.26	8.22	340.21	66.93	203.81

Fuente: Autor

En este método los tubos empiezan a trabajar con su caudal máximo por lo que los valores empiezan a ser discontinuos.

4.5 Diferencia entre el colector de la calle Mariscal Sucre de pendiente baja y el colector de la Av. De los cerezos de pendiente pronunciada

Luego de realizar el análisis de lo que sucede en cada uno de los colectores en los diferentes periodos de retorno y en los diferentes métodos de cálculo, se analizará la diferencia existente entre los dos colectores debido a que son de diferente pendiente.

La tabla 4.19, indica la variación porcentual del incremento en cada año del colector de la calle Mariscal Sucre comparado con el incremento en cada año del colector de la Av. De los Cerezos, tomando como referencia los tubos más relevantes de cada colector para dicho análisis.

Tabla 4.19. Variación porcentual del incremento en cada año entre el colector de pendiente pronunciada y el colector de baja pendiente

Periodo	Hora	Av. De los Cerezos		vs	calle Mariscal Sucre	
		Tubo	% ΔQ	%	% ΔQ	Tubo
2 años	1:10:00	T57	41.53	28.59	12.93	T12
10 años	1:10:00	T57	70.23	45.99	24.24	T12
20 años	1:10:00	T57	71.26	32.28	38.98	T12

Fuente: Autor

El colector de la Av. De los Cerezos, de pendiente alta, lleva mayor caudal proporcionalmente sobre su capacidad, que el colector de la calle Mariscal Sucre de pendiente baja, lo que indica que las condiciones topográficas tienen gran importancia, y en colectores de alta pendiente deberían realizarse comprobaciones por otros métodos de cálculo para condiciones de lluvia extrema.

Además, con los análisis realizados en el presente capítulo, las curvas de caudal vs tiempo, indican que el colector de pendiente alta se vacía antes que el colector de pendiente baja. Tanto en el párrafo anterior como en este, se puede observar que ambas situaciones se deben a que con mayores pendientes se alcanzan mayores velocidades.

Los diámetros del colector de la Av. De los cerezos son menores con respecto a los del colector de la calle Mariscal Sucre, debido a que este tiene un mayor número de descargas por su longitud y pendiente, mientras que el opuesto posee menor longitud y la pendiente baja provocando mayor tiempo de acumulación de caudal.

En el análisis de Onda Dinámica se pudo constatar que los colectores pueden llegar a trabajar a presión debido a que llevan un caudal mayor, que el calculado por los otros métodos. En el colector de pendiente baja esto provoca que el valor calculado de inundación sea mucho menor que el de Onda Cinemática, es decir en lugar de acumularse en los pozos el agua se transporta por la tubería, lo que muestra las diferencias que se pueden obtener en los resultados dependiendo del método de cálculo. En el caso del colector de pendiente alta, debido a las mayores velocidades se podría producir desgaste en los puntos de unión entre tuberías, disminuyendo la vida útil del colector, si este funciona a presión.

Cuando se trabaja en un colector de baja pendiente en general, el método de Flujo Uniforme puede usarse para diseño, ya que como se ha visto en los análisis los colectores funcionan bien, salvo en lluvias extremas, mientras que para analizar un colector de alta pendiente se observa la necesidad de considerar el método de Onda Dinámica para evaluar el mismo en lluvias altas.

Conclusiones

En el presente trabajo se realizó la modelación hidráulica del sistema de alcantarillado de las calles Mariscal Sucre y Av. De los Cerezos, evaluando los mismos mediante los métodos de Flujo Estático, Onda Cinemática y Onda Dinámica en periodos de retorno de dos, diez y veinte años.

Se investigaron los conceptos preliminares los cuales se desarrollan en el capítulo I, donde se describe principalmente sobre la hidráulica de tuberías, el software de cálculo, criterios para la evaluación de una red de distribución, infiltración mediante el método de número de curva y sobre los diferentes métodos de evaluación empleados.

En el capítulo II se muestra la recopilación de información utilizada la cual incluye tablas y gráficos de información demográfica, información topográfica y catastral. El colector de la Calle Mariscal Sucre servirá a una población de 1735, 1344 y 1074 personas para los años 2020, 2030 y 2040 respectivamente mientras que el colector Av. de los Cerezos servirá a una población de 2209, 2741 y 3350 personas para los años 2020, 2030 y 2040 respectivamente. En la actualidad el colector de la Calle Mariscal Sucre drena una caudal de 16029.32 l/s, el suelo es de Tipo B según la tabla de escorrentía SCS y su número de curva es 92.953. El colector de la Av. de los Cerezos lleva un caudal de 2190 l/s, tiene dos tipos de suelo A y C según la tabla de escorrentía SCS y su número de curva es 83.84.

Se realizaron los modelos mediante el software SWMM y además se elaboró un manual de apoyo sobre la utilización del mismo, información detallada en el capítulo III.

Se analizaron los resultados de los diferentes métodos, descripción que se encuentra en el capítulo IV, a través de tablas que comparan los modelos, las diferencias entre los mismos y la diferencia entre el colector de baja y alta pendiente. Dando como resultado para la calle Mariscal Sucre diferencias menores entre el método de Flujo Estático y Onda Cinemática con un porcentaje de 6.3 % para un periodo de retorno de 2 años, de 0.8% para un periodo de retorno de 10 años y con un porcentaje de 0.0014% para un periodo de retorno de 20 años. Entre los métodos de Onda Cinemática con Onda Dinámica los valores aumentan con una diferencia de 6.6%, 5.17% y 8.26% para

los años de 2, 10 y 20 años de periodo de retorno respectivamente. Para la Av. de los Cerezos existen diferencias menores entre el método de Flujo Estático y Onda Cinemática con un porcentaje de 5.27 % para un periodo de retorno de 2 años, de 7.11% para un periodo de retorno de 10 años y con un porcentaje de 8.59% para un periodo de retorno de 20 años. Entre los métodos de Onda Cinemática con Onda Dinámica los valores aumentan con una diferencia de 33.22%, 29.84% y 26.32% para los años de 2, 10 y 20 años de periodo de retorno respectivamente.

Recomendaciones

Se recomienda a la empresa ETAPA EP tomar las precauciones del caso, y ampliar este análisis a otros colectores importantes, pues se evidencia que para lluvias con periodos de retorno de diez y veinte años existen varios tramos que empiezan a funcionar a presión o a generar inundaciones dependiendo del estado de los colectores.

En colectores de alta pendiente se recomienda que para diseños futuros se tomen en cuenta los conceptos de Onda Dinámica en función de los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Se podría evaluar también el funcionamiento específico de los derivadores de la Av. De los Cerezos para poder calibrar de mejor manera el modelo, dejando constancia que esto no afecta directamente sobre las conclusiones obtenidas en el capítulo IV.

BIBLIOGRAFÍA

Aldás Castro, J. (2011). DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PLUVIAL Y TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS DE 4 LOTIZACIONES UNIDAS (VARIOS PROPIETARIOS), DEL CANTÓN EL CARMEN . Quito : Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Amarís Castro , G. E., Guerrero Barbosa, T. E., & Sánchez Ortiz, E. A. (2015). COMPORTAMIENTO DE LAS ECUACIONES DE SAINT-VENANT EN 1D Y APROXIMACIONES PARA DIFERENTES CONDICIONES EN RÉGIMEN PERMANENTE Y VARIABLE. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Castro D., M., Hidalgo B., X., & Poveda F., R. (s.f.). SOBRE LA MODELACIÓN HIDRÁULICA EN OBRAS DE SANEAMIENTO BÁSICO. Quito: Ciencias del Agua de la Escuela Politécnica Nacional.

Cherequen Morán. (1993). PUCP. Obtenido de http://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/41245/mecanica_fluidos_cap01.pdf?sequence=7&isAllowed=y

Chow, V. T., Maidment, D., & Mays, L. (1994). HIDROLOGÍA APLICADA . Bogotá: McGRAW-HILL INTERAMERICANA.

Comisión Estatal de Aguas. (2013). 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 QUERETARO. Queretaro.

Confederación de Empresarios de Andalucía. (2010). SIG CEA. Obtenido de <http://sig.cea.es/SIG>

Department of Agriculture (U.S.D.A) . (1985). URBAN HYDROLOGY FOR SMALL WATERSHEDS. Technical Release 55.

Empresas Públicas de Medellín E.S.P. (2009). NORMAS DE DISEÑO DE ALCANTARILLADO DE EMP. Medellin : Empresas Públicas de Medellín E.S.P.

ETAPA EP. (2018). ETAPA EP. Obtenido de <http://www.etapa.net.ec/Productos-y-servicios/Saneamiento/Colectores-e-Interceptores>

Fagro. (2015). Fagro. Obtenido de <http://www.fagro.edu.uy/hidrologia/riego/HIDRAULICA%202015.pdf>

Fondo Para el Logro de los ODM. (s.f.). CÓDIGO ECUATORIANO PARA EL DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS SANITARIAS . MIDUVI.

Laboratorio Unidad Pacífico Sur. (2014). Wordpress. Obtenido de <https://langerubben.wordpress.com/%C2%BFque-es-un-sig/>

López Cualla, R. A. (2003). ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Muñoz Pauta , D. (2013). ESTUDIO PARA DETERMINAR LA VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA Y SU IMPACTO EN

LOSCOLECTORES DE LA CALLE LARGA Y CALLE MIGUEL VÉLEZ
DE LA CIUDAD DE CUENCA . Cuenca: Universidad de Cuenca.

Olaya, V. (2014). SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. Girona.

U.S. Enviroment Protection Agency . (2005). SWMM MODELO DE GESTIÓN DE
AGUAS PLUVIALES.

ANEXOS

Anexo 1. Número de escorrentía para áreas urbanas

Números de curva de escorrentía para áreas urbanas					
Descripción +J2:N30de la cobertura		Números de curva Grupo Hidrológico de Suelo			
Tipo de cobertura y condición hidrológica	Porcentaje de área impermeable promedio	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D
Áreas urbanas completamente desarrolladas (vegetación establecida)					
Terrenos abiertos (césped, parques, campos de golf, cementerios, etc)					
Condiciones Pobres (cobertura de césped menor o igual al 50%)		68	68	86	89
Condiciones medias (cobertura de césped 50% a 75%)		49	69	79	84
Condiciones buenas (cobertura de césped mayor o igual al 75%)		39	61	74	80
Áreas impermeables:					
Estacionamientos pavimentados, techos, calzadas (excluyendo derechos de vía).		98	98	98	98
Calles y caminos:					
Pavimentados; bordillos y alcantarillas (excluyendo derecho de vía)		98	83	98	98
Pavimentados; zanjas abiertas (Incluyendo derecho de vía)		83	89	92	93
Grava (incluyendo derecho de vía)		76	85	89	91
Tierra baldía (incluyendo derecho de vía)		72	82	87	89
Distritos urbanos:					
Comercial	85	89	92	94	95
Industrial	72	81	88	91	93
Distritos residenciales por tamaño promedio de los lotes:					

Tipo° de cobertura y condición hidrológica	Porcentaje de área impermeable promedio	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D
1/8 acre (506 m2) o menos (casas)	65	77	85	90	92
1/4 acre (1012 m2)	38	61	75	83	87
1/3 acre (1349 m2)	30	57	72	81	86
1/2 acre (2023 m2)	25	54	70	80	85
1 acre (4047 m2)	20	51	68	79	84
2 acre (8094 m2)	12	46	65	77	82

Fuente: (Department of Agriculture (U.S.D.A) , 1985)

Anexo 2. Población total y de cada tramo del colector de la calle Mariscal Sucre

Tubo	Población 2020	Población 2030	Población 2040
T1	25	25	24
T2	51	49	48
T3	179	147	122
T4	110	81	59
T5	198	159	132
T6	91	74	63
T7	43	32	23
T8	4	3	2
T9	5	4	3
T10	512	384	288
T11	31	23	17
T12	76	56	41
T13	21	16	12
T14	8	6	5
T15	7	5	4
T16	3	3	2
T17	35	27	21
T18	50	38	30
T19	252	195	156
T20	34	27	22
Total	1735	1354	1074

Fuente: Autor

Anexo 3. Población total y de cada tramo del colector de la Av. de los Cerezos

Tubo	Población 2020	Población 2030	Población 2040
T1	6	7	9
T2	6	7	8
T3	9	10	12
T4	9	11	12
T5	17	21	26
T6	10	12	14
T7	7	7	9
T8	5	5	7
T9	5	6	6
T10	2	2	2
T11	5	6	7
T12	6	8	9
T13	5	6	7
T14	6	7	10
T15	6	12	15
T16	4	5	6
T17	9	10	13
T18	6	7	9
T19	8	11	13
T20	10	13	17
T21	19	24	30
T22	15	19	24
T23	7	9	12
T24	16	20	24
T25	49	63	76
T26	19	25	31
T27	43	56	71
T28	56	73	92
T29	92	118	147
T30	93	115	141
T31	31	38	46
T32	54	65	78
T33	4	4	4
T34	4	4	4
T35	7	8	9
T36	7	8	9

Tubo	Población 2020	Población 2030	Población 2040
T37	23	28	32
T38	20	24	29
T39	248	293	350
T40	23	28	34
T41	15	18	21
T42	29	35	42
T43	28	34	40
T44	27	31	37
T45	6	7	9
T46	13	16	19
T47	34	42	51
T48	26	33	40
T49	46	58	72
T50	408	515	640
T51	4	5	6
T52	3	3	4
T53	26	33	40
T54	25	33	40
T55	79	99	119
T56	102	127	159
T57	33	42	53
T58	12	16	20
T59	193	244	299
T60	86	104	126
T61	19	22	26
T62	18	21	24
T63	12	15	18
Total	2209	2741	3350

Fuente: Autor

Anexo 4. Tabla de cálculo del caudal pluvial mediante el método racional de la Calle
Mariscal Sucre

Pozo	Área	Área	Área Acumulada	L	Tiempo de Concentración	Periodo de Retorno	I	Caudal Lluvia
	(m2)	(Ha)	(Ha)	(m)	(min)	(años)	(mm/h)	(l/seg)
P1	2397.81	0.2398	0.2398	69.24	10	10	98.940	51.40
P2	4359.32	0.4359	0.6757	54.50	10.47	10	96.893	141.86
P3	19950.65	1.9951	2.6708	120.90	10.88	10	95.239	551.12
P4	12067.99	1.2068	3.8776	113.00	11.42	10	93.125	782.39
P5	19176.71	1.9177	5.7952	110.30	12.12	10	90.596	1137.56
P6	9529.08	0.9529	6.7482	1.65	12.73	10	88.527	1294.35
P7	6034.41	0.6034	7.3516	96.07	12.73	10	88.511	1409.85
P8	469.06	0.0469	7.3985	6.18	13.33	10	86.597	1388.15
P9	603.34	0.0603	7.4588	11.83	13.38	10	86.442	1396.97
P10	72489.12	7.2489	14.7077	113.73	13.47	10	86.174	2746.10
P11	6056.01	0.6056	15.3134	2.77	14.01	10	84.560	2805.62
P12	16066.99	1.6067	16.9200	112.74	14.02	10	84.522	3098.60
P13	2273.37	0.2273	0.2273	30.20	10.00	10	98.940	48.73
P14	1999.66	0.2000	0.4273	43.22	10.29	10	97.674	90.43
P15	854.86	0.0855	0.5128	8.23	10.69	10	96.010	106.67
P16	11384.62	1.1385	1.6513	112.28	10.74	10	95.781	342.68
P17	12123.47	1.2123	2.8636	112.35	11.37	10	93.324	579.02
P18	66038.51	6.6039	9.4674	112.65	11.85	10	91.548	1877.91
P19	6179.7065	0.6180	10.0854	112.64	12.28	10	90.035	1967.43

L: longitud
I: intensidad

Fuente: Autor

Anexo 5. Tabla de cálculo del caudal pluvial mediante el método racional de la Av. de los Cerezos

Pozo	Área	Área	Área Acumulada	L	Tiempo de Concentración	Periodo de Retorno	I	Caudal Lluvia
	(m ²)	(Ha)	(Ha)	(m)	(min)	(años)	(mm/h)	(l/seg)
P1	3225.595	0.3225	0.3225	60.00	10.00	10	98.94	20.39
P2	2432.2327	0.24322	0.5657	19.24	10.03	10	98.80	35.71
P3	3879.504	0.3879	0.9537	40.25	10.05	10	98.72	60.16
P4	4100.1482	0.4100	1.3637	40.00	10.06	10	98.66	85.96
P5	8504.8027	0.8504	2.2142	80.00	10.08	10	98.60	139.49
P6	4684.8298	0.4684	2.6827	80.14	10.11	10	98.47	168.77
P7	2461.9912	0.2461	2.9289	32.05	10.14	10	98.32	183.98
P8	2304.1311	0.2304	3.1593	29.32	10.15	10	98.27	198.36
P9	1787.737	0.1787	3.3380	31.12	10.16	10	98.24	209.51
P10	249.822	0.0249	0.0249	25.50	10.00	10	98.94	1.58
P11	729.3176	0.0729	0.0979	65.50	10.01	10	98.91	6.19
P12	2365.3807	0.2365	0.3344	70.00	10.03	10	98.79	21.11
P13	2721.5457	0.2721	0.6066	40.00	10.09	10	98.54	38.19
P14	1938.6622	0.1938	0.8004	40.00	10.12	10	98.41	50.33
P15	2448.5164	0.2448	0.2448	75.30	10.00	10	98.94	15.48
P16	3934.6482	0.3934	0.6383	37.02	10.01	10	98.89	40.33
P17	1952.088	0.1952	0.8335	60.20	10.05	10	98.74	52.58
P18	3697.0875	0.3697	1.2032	50.06	10.06	10	98.66	75.85
P19	2329.6751	0.2329	1.4362	79.81	10.09	10	98.55	90.43
P20	3602.674	0.3602	1.7964	80.12	10.11	10	98.47	113.01
P21	3502.7236	0.3502	2.1467	87.06	10.14	10	98.33	134.87
P22	6432.7248	0.6432	2.7900	29.44	10.17	10	98.21	175.07
P23	5076.7001	0.5076	3.2976	29.56	10.20	10	98.08	206.63
P24	2401.6952	0.2401	3.5378	94.07	10.21	10	98.04	221.59
P25	5017.6033	0.5017	4.0396	70.61	10.21	10	98.00	252.91
P26	16683.14	1.6683	5.7079	59.50	10.25	10	97.87	356.89
P27	7042.1049	0.7042	6.4121	55.24	10.26	10	97.79	400.59
P28	9174.6071	0.9174	7.3295	91.42	10.28	10	97.70	457.49
P29	14630.681	1.4630	1.4630	30.98	10.00	10	98.94	92.48
P30	12561.946	1.2561	2.7192	55.38	10.02	10	98.85	171.73
P31	4899.4613	0.4899	3.2092	61.72	10.03	10	98.81	202.59
P32	7867.7352	0.7867	3.9959	11.62	10.04	10	98.75	252.11
P33	973.3152	0.0973	4.0933	14.52	10.06	10	98.69	258.09
P34	676.6065	0.0676	4.1609	9.96	10.06	10	98.68	262.32
P35	752.8839	0.0752	4.2362	33.10	10.06	10	98.66	267.04

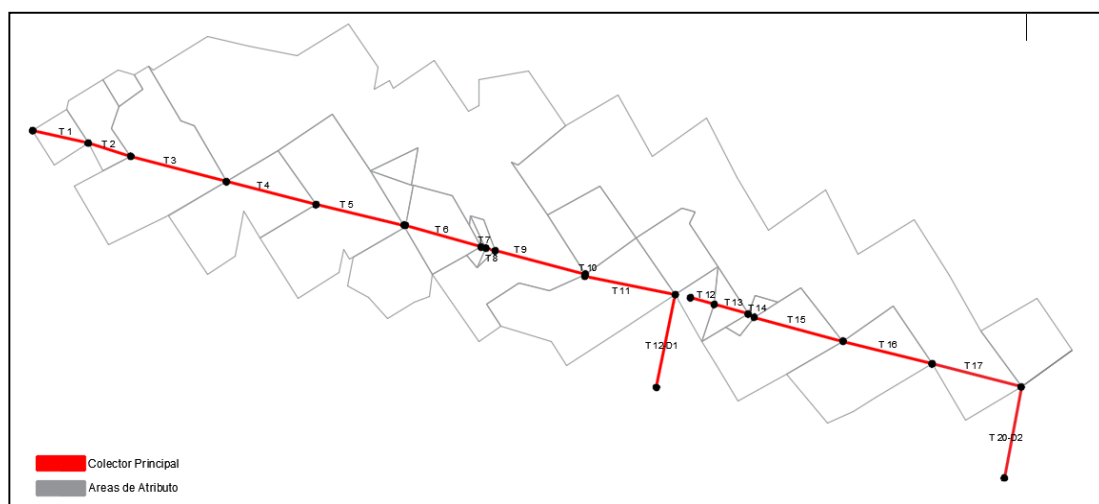
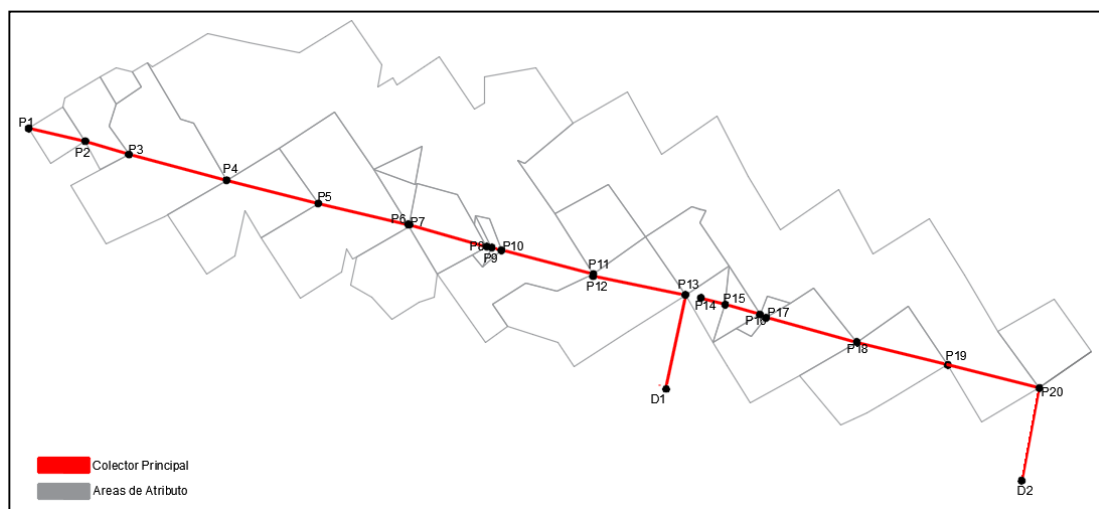
Pozo	Área	Área	Área Acumulada	L	Tiempo de Concentración	Periodo de Retorno	I	Caudal Lluvia
P36	2168.515	0.2168	4.4531	34.21	10.06	10	98.65	280.68
P37	5004.7103	0.5004	4.9535	40.96	10.07	10	98.63	312.13
P38	4593.7215	0.4593	5.4129	39.95	10.08	10	98.60	340.97
P39	3016.0345	0.3016	5.7145	18.83	10.09	10	98.56	359.84
P40	50187.213	5.0187	10.7332	19.21	10.09	10	98.53	675.63
P41	3603.6516	0.3603	11.0936	15.03	10.10	10	98.50	698.11
P42	2178.646	0.2178	11.3115	38.50	10.10	10	98.48	711.72
P43	4452.9294	0.4452	11.7568	36.15	10.11	10	98.47	739.66
P44	5203.4058	0.5203	12.2771	43.50	10.11	10	98.45	772.20
P45	4842.1507	0.4842	0.4842	31.65	10.00	10	98.94	30.61
P46	922.111	0.0922	0.5764	24.27	10.02	10	98.84	36.40
P47	1114.6547	0.1114	0.6878	86.70	10.06	10	98.69	43.37
P48	4236.5485	0.4236	1.1115	33.30	10.11	10	98.46	69.92
P49	3390.0417	0.3390	1.4505	67.72	10.12	10	98.39	91.18
P50	38275.455	3.8275	5.2780	74.59	10.15	10	98.27	331.37
P51	3836.337	0.3836	5.6617	6.74	10.20	10	98.06	354.71
P52	701.6042	0.0701	0.0701	2.15	10.00	10	98.94	4.43
P53	3201.3306	0.3201	0.3201	36.96	10.01	10	98.92	20.23
P54	2454.9468	0.2454	0.5656	43.62	10.03	10	98.80	35.70
P55	7737.8828	0.7737	1.3394	74.51	10.06	10	98.69	84.45
P56	6877.4805	0.6877	2.0271	27.42	10.09	10	98.55	127.64
P57	2507.4309	0.2507	2.2779	55.00	10.10	10	98.51	143.36
P58	953.1715	0.0953	2.3732	38.00	10.12	10	98.41	149.22
P59	15128.579	1.5128	3.8860	24.42	10.14	10	98.34	244.16
P60	820.7168	0.0820	3.9681	24.00	10.14	10	98.31	249.25
P61	10927.313	1.0927	5.0608	62.79	10.15	10	98.28	317.78
P62	2329.4945	0.2329	5.2938	37.95	10.17	10	98.20	332.14
P63	2367.8679	0.2367	5.5306	48.85	10.18	10	98.16	346.83

L: longitud

I: intensidad

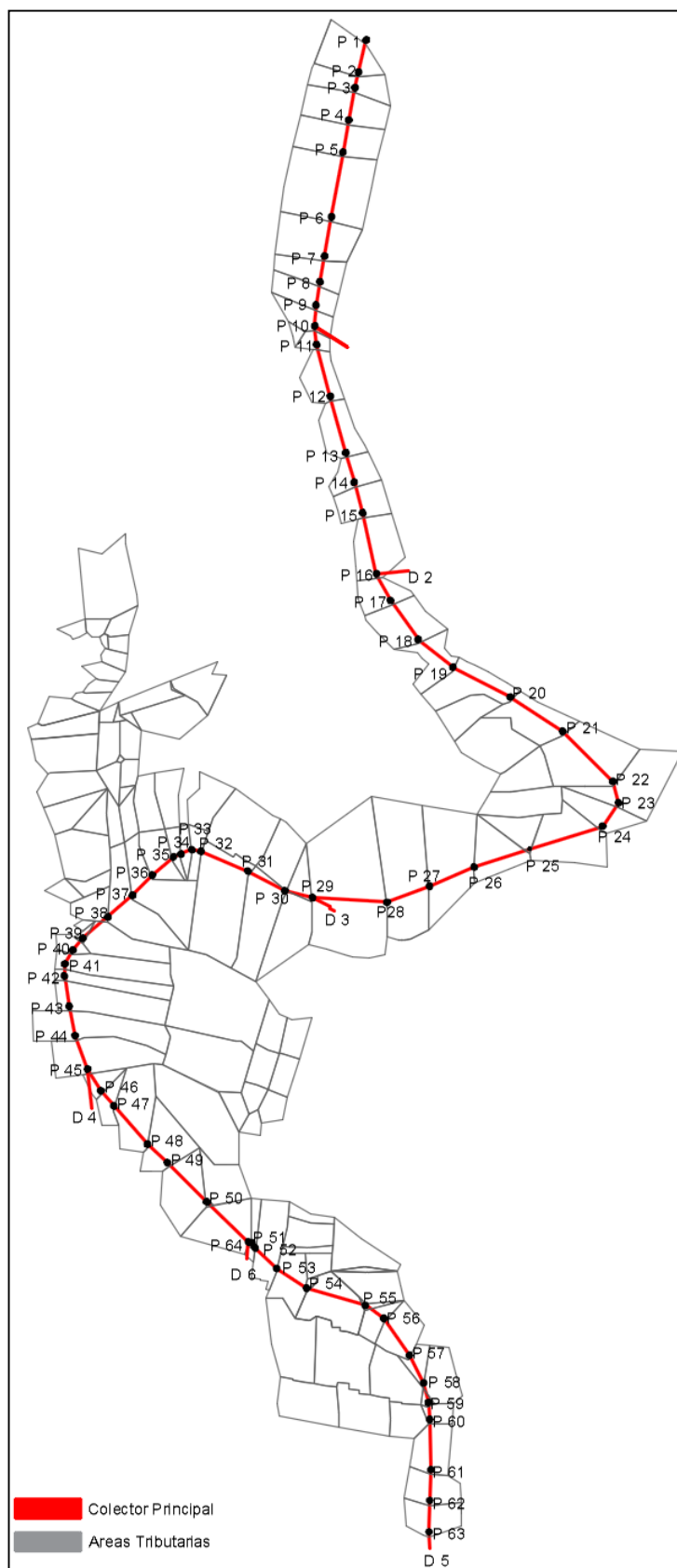
Fuente: Autor

Anexo 6. Ubicación de pozos y tuberías en AutoCAD de la Calle Mariscal Sucre



Fuente: Autor

Anexo 7. Ubicación de pozos y tuberías en AutoCAD de la Av. de los Cerezos





Anexo 8. Tabla de cálculo del caudal sanitario 2020 mediante el método racional de la Calle Mariscal Sucre

2020									
Pozo	Población Total	Población Acumulada	Longitud (m)	L. Ac (m)	M	Qs (l/seg)	Qil (l/seg)	Qinf (l/seg)	Qd (l/seg)
P1	25	25	69.24	69.24	4.37	0.2	0.02	0.07	0.29
P2	51	76	54.50	123.74	4.27	0.6	0.07	0.12	0.79
P3	179	255	120.90	244.64	4.11	1.94	0.24	0.24	2.42
P4	110	365	113.00	357.64	4.04	2.73	0.34	0.36	3.43
P5	198	563	110.30	467.94	3.95	4.12	0.52	0.47	5.11
P6	91	654	1.65	469.59	3.91	4.74	0.61	0.47	5.82
P7	43	697	96.07	565.66	3.9	5.03	0.65	0.57	6.25
P8	4	701	6.18	571.84	3.89	5.05	0.65	0.57	6.27
P9	5	706	11.83	583.67	3.89	5.09	0.65	0.58	6.32
P10	512	1218	113.73	697.40	3.74	8.44	1.13	0.7	10.27
P11	31	1249	2.77	700.17	3.74	8.65	1.16	0.7	10.51
P12	76	1325	112.74	812.91	3.72	9.13	1.23	0.81	11.17
P13	21	1346	114.92	927.83	3.71	9.25	1.25	0.93	11.43
P14	8	8	30.20	30.20	4.42	0.07	0.01	0.03	0.11
P15	7	15	43.22	73.42	4.4	0.12	0.01	0.07	0.2
P16	3	18	8.23	81.65	4.39	0.15	0.02	0.08	0.25
P17	35	53	112.28	193.93	4.31	0.42	0.05	0.19	0.66
P18	50	103	112.35	306.28	4.24	0.81	0.1	0.31	1.22
P19	252	355	112.65	418.93	4.05	2.66	0.33	0.42	3.41

L. Ac: longitud acumulada

Qil: caudal de conexiones ilícitas.

Qinf: Caudal de Infiltración.

Qs: caudal sanitario.

Qd: Caudal de Diseño.

Fuente: Autor

Anexo 9. Tabla de cálculo del caudal sanitario 2030 mediante el método racional de la Calle Mariscal Sucre

2030									
Pozo	Población Total	Población Acumulada	Longitud	L. Ac.	M	Qs (l/seg)	Qil (l/seg)	Qinf (l/seg)	Qd (l/seg)
P1	25	25	69.24	69.24	4.37	0.2	0.02	0.07	0.29
P2	49	74	54.50	123.74	4.28	0.59	0.07	0.12	0.78
P3	147	221	120.90	244.64	4.13	1.69	0.2	0.24	2.13
P4	81	302	113.00	357.64	4.08	2.28	0.28	0.36	2.92
P5	159	461	110.30	467.94	3.99	3.41	0.43	0.47	4.31
P6	74	535	1.65	469.59	3.96	3.92	0.5	0.47	4.89
P7	32	567	96.07	565.66	3.95	4.15	0.53	0.57	5.25
P8	3	570	6.18	571.84	3.94	4.16	0.53	0.57	5.26
P9	4	574	11.83	583.67	3.94	4.19	0.53	0.58	5.3
P10	384	958	113.73	697.40	3.81	6.76	0.89	0.7	8.35
P11	23	981	2.77	700.17	3.81	6.92	0.91	0.7	8.53
P12	56	1037	112.74	812.91	3.79	7.28	0.96	0.81	9.05
P13	16	1053	114.92	927.83	3.79	7.39	0.98	0.93	9.3
P14	6	6	30.20	30.20	4.43	0.05	0.01	0.03	0.09
P15	5	11	43.22	73.42	4.41	0.09	0.01	0.07	0.17
P16	3	14	8.23	81.65	4.4	0.11	0.01	0.08	0.2
P17	27	41	112.28	193.93	4.33	0.33	0.04	0.19	0.56
P18	38	79	112.35	306.28	4.27	0.62	0.07	0.31	1
P19	195	274	112.65	418.93	4.09	2.08	0.25	0.42	2.75

L. Ac: longitud acumulada

Qil: caudal de conexiones
ilícitas.

Qinf: Caudal de Infiltración.

Qs: caudal sanitario.

Qd: Caudal de Diseño.

Fuente: Autor

Anexo 10. Tabla de cálculo del caudal sanitario 2040 mediante el método racional de la Calle Mariscal Sucre

2040									
Pozo	Población Total	Población. Acumulada	Longitud (m)	L. Ac (m)	M	Qs (l/seg)	Qil (l/seg)	Qinf (l/seg)	Qd (l/seg)
P1	7	25	69.24	69.24	4.37	0.2	0.02	0.07	0.29
P2	10	35	54.50	123.74	4.34	0.28	0.03	0.12	0.43
P3	0	35	120.90	244.64	4.34	0.28	0.03	0.24	0.55
P4	0	35	113.00	357.64	4.34	0.28	0.03	0.36	0.67
P5	10	45	110.30	467.94	4.32	0.36	0.04	0.47	0.87
P6	10	55	1.65	469.59	4.31	0.44	0.05	0.47	0.96
P7	0	55	96.07	565.66	4.31	0.44	0.05	0.57	1.06
P8	0	55	6.18	571.84	4.31	0.44	0.05	0.57	1.06
P9	10	65	11.83	583.67	4.29	0.52	0.06	0.58	1.16
P10	10	75	113.73	697.40	4.28	0.59	0.07	0.7	1.36
P11	0	75	2.77	700.17	4.28	0.59	0.07	0.7	1.36
P12	0	75	112.74	812.91	4.28	0.59	0.07	0.81	1.47
P13	0	75	114.92	927.83	4.28	0.59	0.07	0.93	1.59
P14	5	5	30.20	30.20	4.44	0.04	0	0.03	0.07
P15	5	10	43.22	73.42	4.41	0.08	0.01	0.07	0.16
P16	0	10	8.23	81.65	4.41	0.08	0.01	0.08	0.17
P17	0	10	112.28	193.93	4.41	0.08	0.01	0.19	0.28
P18	5	15	112.35	306.28	4.4	0.12	0.01	0.31	0.44
P19	7	20	112.65	418.93	4.38	0.16	0.02	0.42	0.6

L. Ac: longitud acumulada

Qil: caudal de conexiones ilícitas.

Qinf: Caudal de Infiltración.

Qs: caudal sanitario.

Qd: Caudal de Diseño.

Fuente: Autor

Anexo 11. Tabla de cálculo del caudal sanitario 2020 mediante el método racional de la Av. de los Cerezos

2020									
Pozo	Población Total	Población. Acumulada	Longitud	L. Ac.	M	Qs (l/seg)	Qil (l/seg)	Qinf (l/seg)	Qd (l/seg)
P1	6	6	60.00	60.00	4.43	0.05	0.01	0.06	0.12
P2	6	12	19.24	79.24	4.41	0.1	0.01	0.08	0.19
P3	9	21	40.25	119.49	4.38	0.17	0.02	0.12	0.31
P4	9	30	40.00	159.49	4.35	0.24	0.03	0.16	0.43
P5	17	47	80.00	239.49	4.32	0.38	0.04	0.24	0.66
P6	10	57	80.14	319.63	4.3	0.45	0.05	0.32	0.82
P7	7	64	32.05	351.68	4.29	0.51	0.06	0.35	0.92
P8	5	69	29.32	381.00	4.28	0.55	0.06	0.38	0.99
P9	5	74	31.12	412.12	4.28	0.59	0.07	0.41	1.07
P10	2	2	25.50	25.50	4.46	0.02	0	0.03	0.05
P11	5	7	65.50	91.00	4.43	0.06	0.01	0.09	0.16
P12	6	13	70.00	161.00	4.4	0.11	0.01	0.16	0.28
P13	5	18	40.00	201.00	4.39	0.15	0.02	0.2	0.37
P14	6	24	40.00	241.00	4.37	0.19	0.02	0.24	0.45
P15	6	30	75.30	316.30	4.35	0.24	0.03	0.32	0.59
P16	4	4	37.02	37.02	4.45	0.03	0	0.04	0.07
P17	9	13	60.20	97.22	4.4	0.11	0.01	0.1	0.22
P18	6	19	50.06	147.28	4.38	0.15	0.02	0.15	0.32
P19	8	27	79.81	227.09	4.36	0.22	0.03	0.23	0.48
P20	10	37	80.12	307.21	4.34	0.3	0.03	0.31	0.64
P21	19	56	87.06	394.27	4.3	0.45	0.05	0.39	0.89
P22	15	71	29.44	423.71	4.28	0.56	0.07	0.42	1.05
P24	16	94	94.07	547.34	4.25	0.74	0.09	0.55	1.38
P25	49	143	70.61	617.95	4.2	1.11	0.13	0.62	1.86
P26	19	162	59.50	677.45	4.18	1.25	0.15	0.68	2.08
P27	43	205	55.24	732.69	4.14	1.57	0.19	0.73	2.49
P28	56	261	91.42	824.11	4.1	1.98	0.24	0.82	3.04
P29	92	92	30.98	30.98	4.25	0.72	0.09	0.03	0.84
P30	93	185	55.38	86.36	4.16	1.43	0.17	0.09	1.69
P31	31	216	61.72	148.08	4.14	1.66	0.2	0.15	2.01
P32	54	270	11.62	159.70	4.1	2.05	0.25	0.16	2.46
P33	4	274	14.52	174.22	4.09	2.08	0.25	0.17	2.5
P34	4	278	9.96	184.18	4.09	2.11	0.26	0.18	2.55
P35	7	285	33.10	217.28	4.09	2.16	0.26	0.22	2.64
P36	7	292	34.21	251.49	4.08	2.21	0.27	0.25	2.73
P37	23	315	40.96	292.45	4.07	2.37	0.29	0.29	2.95
P38	20	335	39.95	332.40	4.06	2.52	0.31	0.33	3.16
P39	248	583	18.83	351.23	3.94	4.25	0.54	0.35	5.14
P40	23	606	19.21	370.44	3.93	4.41	0.56	0.37	5.34
P41	15	621	15.03	385.47	3.92	4.51	0.58	0.39	5.48
P42	29	650	38.50	423.97	3.91	4.71	0.6	0.42	5.73
P43	28	678	36.15	460.12	3.9	4.9	0.63	0.46	5.99
P44	27	705	43.50	503.62	3.89	5.08	0.65	0.5	6.23
P45	6	6	31.65	31.65	4.43	0.05	0.01	0.03	0.09
P46	13	19	24.27	55.92	4.38	0.15	0.02	0.06	0.23
P47	34	53	86.70	142.62	4.31	0.42	0.05	0.14	0.61
P48	26	79	33.30	175.92	4.27	0.62	0.07	0.18	0.87

Pozo	Población Total	Población Acumulada	Longitud	L. Ac	M	Qs (l/seg)	Qil (l/seg)	Qinf (l/seg)	Qd (l/seg)
P49	46	125	67.72	243.64	4.22	0.98	0.12	0.24	1.34
P50	408	533	74.59	318.23	3.96	3.91	0.49	0.32	4.72
P51	4	4	6.74	6.74	4.45	0.03	0	0.01	0.04
P52	29	33	2.15	8.89	4.35	0.27	0.03	0.01	0.31
P53	25	58	36.96	45.85	4.3	0.46	0.05	0.05	0.56
P54	79	137	43.62	89.47	4.2	1.07	0.13	0.09	1.29
P55	102	239	74.51	163.97	4.12	1.82	0.22	0.16	2.2
P56	33	272	27.42	191.39	4.1	2.07	0.25	0.19	2.51
P57	12	284	55.00	246.39	4.09	2.15	0.26	0.25	2.66
P58	193	477	38.00	284.39	3.98	3.52	0.44	0.28	4.24
P59	86	563	24.42	308.81	3.95	4.12	0.52	0.31	4.95
P60	19	582	24.00	332.81	3.94	4.25	0.54	0.33	5.12
P61	18	600	62.79	395.61	3.93	4.37	0.56	0.4	5.33
P62	12	612	37.95	433.56	3.93	4.45	0.57	0.43	5.45
P63	12	624	48.85	482.41	3.92	4.53	0.58	0.48	5.59

L. Ac: longitud acumulada

Qil: caudal de conexiones
ilícitas.

Qinf: Caudal de Infiltración.

Qs: caudal sanitario.

Qd: Caudal de Diseño.

Fuente: Autor

Anexo 12. Tabla de cálculo del caudal sanitario 2030 mediante el método racional de la Av. de los Cerezos

2030									
Pozo	Población Total	Población Acumulada	Longitud	L. Ac.	M	Qs (l/seg)	Qil (l/seg)	Qinf (l/seg)	Qd (l/seg)
P1	7	7	60.00	60.00	4.43	0.06	0.01	0.06	0.13
P2	7	14	19.24	79.24	4.4	0.11	0.01	0.08	0.2
P3	10	24	40.25	119.49	4.37	0.19	0.02	0.12	0.33
P4	11	35	40.00	159.49	4.34	0.28	0.03	0.16	0.47
P5	21	56	80.00	239.49	4.3	0.45	0.05	0.24	0.74
P6	12	68	80.14	319.63	4.29	0.54	0.06	0.32	0.92
P7	7	75	32.05	351.68	4.28	0.59	0.07	0.35	1.01
P8	5	80	29.32	381.00	4.27	0.63	0.07	0.38	1.08
P9	6	86	31.12	412.12	4.26	0.68	0.08	0.41	1.17
P10	2	2	25.50	25.50	4.46	0.02	0	0.03	0.05
P11	6	8	65.50	91.00	4.42	0.07	0.01	0.09	0.17
P12	8	16	70.00	161.00	4.39	0.13	0.01	0.16	0.3
P13	6	22	40.00	201.00	4.37	0.18	0.02	0.2	0.4
P14	7	29	40.00	241.00	4.36	0.23	0.03	0.24	0.5
P15	12	41	75.30	316.30	4.33	0.33	0.04	0.32	0.69
P16	5	5	37.02	37.02	4.44	0.04	0	0.04	0.08
P17	10	15	60.20	97.22	4.4	0.12	0.01	0.1	0.23
P18	7	22	50.06	147.28	4.37	0.18	0.02	0.15	0.35
P19	11	33	79.81	227.09	4.35	0.27	0.03	0.23	0.53
P20	13	46	80.12	307.21	4.32	0.37	0.04	0.31	0.72
P21	24	70	87.06	394.27	4.28	0.55	0.06	0.39	1
P22	19	89	29.44	423.71	4.26	0.7	0.08	0.42	1.2
P23	9	98	29.56	453.27	4.25	0.77	0.09	0.45	1.31
P24	20	118	94.07	547.34	4.22	0.92	0.11	0.55	1.58
P25	63	181	70.61	617.95	4.16	1.39	0.17	0.62	2.18
P26	25	206	59.50	677.45	4.14	1.58	0.19	0.68	2.45
P27	56	262	55.24	732.69	4.1	1.99	0.24	0.73	2.96
P28	73	335	91.42	824.11	4.06	2.52	0.31	0.82	3.65
P29	118	118	30.98	30.98	4.22	0.92	0.11	0.03	1.06
P30	115	233	55.38	86.36	4.12	1.78	0.22	0.09	2.09
P31	38	271	61.72	148.08	4.1	2.06	0.25	0.15	2.46
P32	65	336	11.62	159.70	4.06	2.53	0.31	0.16	3
P33	4	340	14.52	174.22	4.05	2.55	0.31	0.17	3.03
P34	4	344	9.96	184.18	4.05	2.58	0.32	0.18	3.08
P35	8	352	33.10	217.28	4.05	2.64	0.33	0.22	3.19
P36	8	360	34.21	251.49	4.04	2.69	0.33	0.25	3.27
P37	28	388	40.96	292.45	4.03	2.9	0.36	0.29	3.55
P38	24	412	39.95	332.40	4.02	3.07	0.38	0.33	3.78
P39	293	705	18.83	351.23	3.89	5.08	0.65	0.35	6.08
P40	28	733	19.21	370.44	3.88	5.27	0.68	0.37	6.32
P41	18	751	15.03	385.47	3.88	5.4	0.7	0.39	6.49
P42	35	786	38.50	423.97	3.86	5.62	0.73	0.42	6.77
P43	34	820	36.15	460.12	3.85	5.85	0.76	0.46	7.07
P44	31	851	43.50	503.62	3.84	6.05	0.79	0.5	7.34
P45	7	7	31.65	31.65	4.43	0.06	0.01	0.03	0.1
P46	16	23	24.27	55.92	4.37	0.19	0.02	0.06	0.27
P47	42	65	86.70	142.62	4.29	0.52	0.06	0.14	0.72
P48	33	98	33.30	175.92	4.25	0.77	0.09	0.18	1.04
P49	58	156	67.72	243.64	4.19	1.21	0.14	0.24	1.59
P50	515	671	74.59	318.23	3.91	4.86	0.62	0.32	5.8

Pozo	Población Total	Población Acumulada	Longitud	L. Ac.	M	Qs (l/seg)	Qil (l/seg)	Qinf (l/seg)	Qd (l/seg)
P51	5	5	6.74	6.74	4.44	0.04	0	0.01	0.05
P52	36	41	2.15	8.89	4.33	0.33	0.04	0.01	0.38
P53	33	74	36.96	45.85	4.28	0.59	0.07	0.05	0.71
P54	99	173	43.62	89.47	4.17	1.34	0.16	0.09	1.59
P55	127	300	74.51	163.97	4.08	2.27	0.28	0.16	2.71
P56	42	342	27.42	191.39	4.05	2.57	0.32	0.19	3.08
P57	16	358	55.00	246.39	4.04	2.68	0.33	0.25	3.26
P58	244	602	38.00	284.39	3.93	4.38	0.56	0.28	5.22
P59	104	706	24.42	308.81	3.89	5.09	0.65	0.31	6.05
P60	22	728	24.00	332.81	3.88	5.23	0.67	0.33	6.23
P61	21	749	62.79	395.61	3.88	5.38	0.69	0.4	6.47
P62	15	764	37.95	433.56	3.87	5.48	0.71	0.43	6.62
P63	15	779	48.85	482.41	3.87	5.58	0.72	0.48	6.78

L. Ac: longitud acumulada

Qil: caudal de conexiones
ilícitas.

Qinf: Caudal de Infiltración.

Qs: caudal sanitario.

Qd: Caudal de Diseño.

Fuente: Autor

Anexo 13. Tabla de cálculo del caudal sanitario 2040 mediante el método racional de la Av. de los Cerezos

2040									
Pozo	Población Total	Población Acumulada	Longitud	L. Ac.	M	Qs (l/seg)	Qil (l/seg)	Qinf (l/seg)	Qd (l/seg)
P1	9	9	60.00	60.00	4.42	0.07	0.01	0.06	0.14
P2	8	17	19.24	79.24	4.39	0.14	0.02	0.08	0.24
P3	12	29	40.25	119.49	4.36	0.23	0.03	0.12	0.38
P4	12	41	40.00	159.49	4.33	0.33	0.04	0.16	0.53
P5	26	67	80.00	239.49	4.29	0.53	0.06	0.24	0.83
P6	14	81	80.14	319.63	4.27	0.64	0.08	0.32	1.04
P7	9	90	32.05	351.68	4.26	0.71	0.08	0.35	1.14
P8	7	97	29.32	381.00	4.25	0.76	0.09	0.38	1.23
P9	6	103	31.12	412.12	4.24	0.81	0.1	0.41	1.32
P10	2	2	25.50	25.50	4.46	0.02	0	0.03	0.05
P11	7	9	65.50	91.00	4.42	0.07	0.01	0.09	0.17
P12	9	18	70.00	161.00	4.39	0.15	0.02	0.16	0.33
P13	7	25	40.00	201.00	4.37	0.2	0.02	0.2	0.42
P14	10	35	40.00	241.00	4.34	0.28	0.03	0.24	0.55
P15	15	50	75.30	316.30	4.31	0.4	0.05	0.32	0.77
P16	6	6	37.02	37.02	4.43	0.05	0.01	0.04	0.1
P17	13	19	60.20	97.22	4.38	0.15	0.02	0.1	0.27
P18	9	28	50.06	147.28	4.36	0.23	0.03	0.15	0.41
P19	13	41	79.81	227.09	4.33	0.33	0.04	0.23	0.6
P20	17	58	80.12	307.21	4.3	0.46	0.05	0.31	0.82
P21	30	88	87.06	394.27	4.26	0.69	0.08	0.39	1.16
P22	24	112	29.44	423.71	4.23	0.88	0.1	0.42	1.4
P23	12	124	29.56	453.27	4.22	0.97	0.11	0.45	1.53
P24	24	148	94.07	547.34	4.19	1.15	0.14	0.55	1.84
P25	76	224	70.61	617.95	4.13	1.71	0.21	0.62	2.54
P26	31	255	59.50	677.45	4.11	1.94	0.24	0.68	2.86

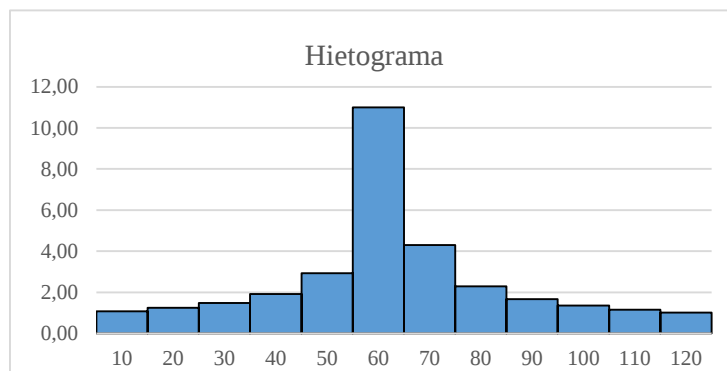
Pozo	Población Total	Población Acumulada	Longitud	L. Ac.	M	Qs (l/seg)	Qil (l/seg)	Qinf (l/seg)	Qd (l/seg)
P27	71	326	55.24	732.69	4.06	2.45	0.3	0.73	3.48
P28	92	418	91.42	824.11	4.01	3.1	0.39	0.82	4.31
P29	147	147	30.98	30.98	4.19	1.14	0.14	0.03	1.31
P30	141	288	55.38	86.36	4.09	2.18	0.27	0.09	2.54
P31	46	334	61.72	148.08	4.06	2.51	0.31	0.15	2.97
P32	78	412	11.62	159.70	4.02	3.07	0.38	0.16	3.61
P33	4	416	14.52	174.22	4.01	3.09	0.39	0.17	3.65
P34	4	420	9.96	184.18	4.01	3.12	0.39	0.18	3.69
P35	9	429	33.10	217.28	4.01	3.19	0.4	0.22	3.81
P36	9	438	34.21	251.49	4	3.24	0.41	0.25	3.9
P37	32	470	40.96	292.45	3.99	3.47	0.44	0.29	4.2
P38	29	499	39.95	332.40	3.97	3.67	0.46	0.33	4.46
P39	350	849	18.83	351.23	3.84	6.04	0.79	0.35	7.18
P40	34	883	19.21	370.44	3.83	6.26	0.82	0.37	7.45
P41	21	904	15.03	385.47	3.83	6.41	0.84	0.39	7.64
P42	42	946	38.50	423.97	3.82	6.69	0.88	0.42	7.99
P43	40	986	36.15	460.12	3.8	6.94	0.91	0.46	8.31
P44	37	1023	43.50	503.62	3.79	7.18	0.95	0.5	8.63
P45	9	9	31.65	31.65	4.42	0.07	0.01	0.03	0.11
P46	19	28	24.27	55.92	4.36	0.23	0.03	0.06	0.32
P47	51	79	86.70	142.62	4.27	0.62	0.07	0.14	0.83
P48	40	119	33.30	175.92	4.22	0.93	0.11	0.18	1.22
P49	72	191	67.72	243.64	4.16	1.47	0.18	0.24	1.89
P50	640	831	74.59	318.23	3.85	5.92	0.77	0.32	7.01
P51	6	6	6.74	6.74	4.43	0.05	0.01	0.01	0.07
P52	44	50	2.15	8.89	4.31	0.4	0.05	0.01	0.46
P53	40	90	36.96	45.85	4.26	0.71	0.08	0.05	0.84
P54	119	209	43.62	89.47	4.14	1.6	0.19	0.09	1.88
P55	159	368	74.51	163.97	4.04	2.75	0.34	0.16	3.25
P56	53	421	27.42	191.39	4.01	3.13	0.39	0.19	3.71
P57	20	441	55.00	246.39	4	3.27	0.41	0.25	3.93
P58	299	740	38.00	284.39	3.88	5.32	0.69	0.28	6.29
P59	126	866	24.42	308.81	3.84	6.16	0.8	0.31	7.27
P60	26	892	24.00	332.81	3.83	6.33	0.83	0.33	7.49
P61	24	916	62.79	395.61	3.82	6.48	0.85	0.4	7.73
P62	18	934	37.95	433.56	3.82	6.61	0.86	0.43	7.9
P63	18	952	48.85	482.41	3.81	6.72	0.88	0.48	8.08

L. Ac: longitud acumulada
 Qs: caudal sanitario.
 Qil: caudal de conexiones
 ilícitas.
 Qinf: Caudal de Infiltración.
 Qd: Caudal de Diseño

Fuente: Autor

Anexo 14. Hietograma para una lluvia de retorno de 2 años

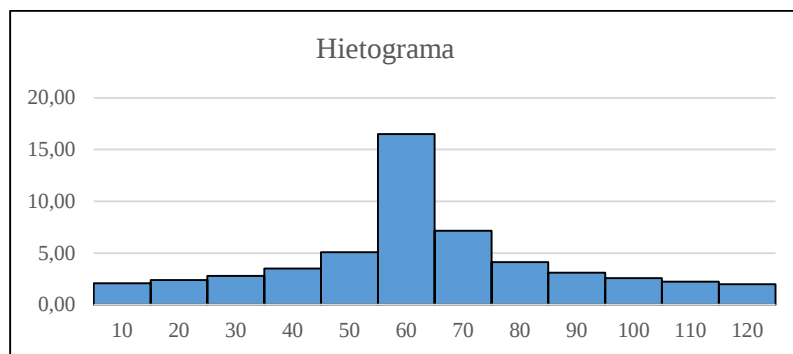
Tiempo de concentración (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación (mm)	Precipitación Acumulada (mm)	Hidrograma
10	65.99	11	11	1.08
20	45.89	4.3	15.3	1.24
30	36.44	2.93	18.22	1.49
40	30.77	2.29	20.52	1.92
50	26.93	1.92	22.44	2.93
60	24.11	1.67	24.11	11
70	21.94	1.49	25.6	4.3
80	20.21	1.35	26.95	2.29
90	18.79	1.24	28.19	1.67
100	17.6	1.15	29.34	1.35
110	16.59	1.08	30.41	1.15
120	15.71	1.01	31.43	1.01



Fuente: ETAPA EP

Anexo 15. Hietograma para una lluvia de retorno de 10 años

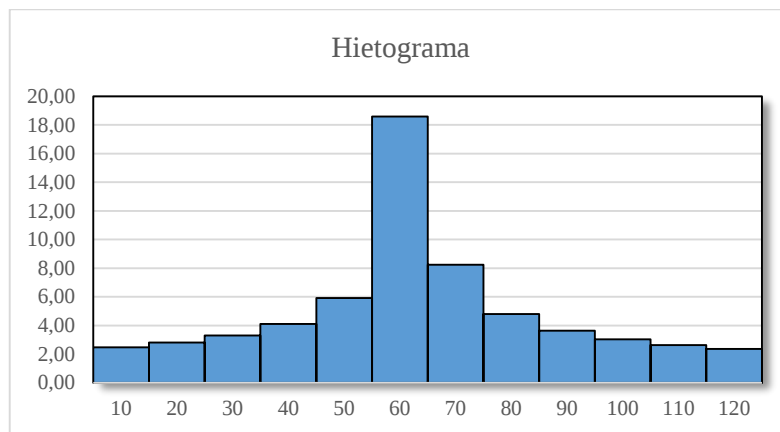
Tiempo de concentración (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación (mm)	Precipitación Acumulada (mm)	Hidrograma
10	98.94	16.49	16.49	2.09
20	70.92	23.64	7.15	2.38
30	57.47	28.74	5.10	2.80
40	49.27	32.85	4.11	3.51
50	43.63	36.36	3.51	5.10
60	39.46	39.46	3.10	16.49
70	36.22	42.26	2.80	7.15
80	33.62	44.83	2.57	4.11
90	31.47	47.20	2.38	3.10
100	29.66	49.43	2.22	2.57
110	28.10	51.52	2.09	2.22
120	26.75	53.51	1.98	1.98



Fuente: ETAPA EP

Anexo 16. Hietograma para una lluvia de retorno de 20 años

Tiempo de concentración (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación (mm)	Precipitación Acumulada (mm)	Hidrograma
10	111.55	18.59	18.59	2.48
20	80.48	26.83	8.24	2.81
30	65.50	32.75	5.92	3.30
40	56.32	37.55	4.80	4.11
50	49.99	41.66	4.11	5.92
60	45.31	45.31	3.64	18.59
70	41.66	48.60	3.30	8.24
80	38.72	51.63	3.03	4.80
90	36.29	54.44	2.81	3.64
100	34.24	57.07	2.63	3.03
110	32.48	59.56	2.48	2.63
120	30.95	61.91	2.35	2.35



Fuente: ETAPA EP

Anexo 17. Tabla de porcentajes de impermeabilidad para cada año de la Calle Mariscal Sucre

Año	Cuenca	Impermeabilidad
2020	1 -20	90%
2030	1 -20	90%
2040	1 -20	90%

Fuente: Autor

Anexo 18. Tabla de porcentajes de impermeabilidad para cada año de la Av. de los Cerezos

Año	Cuenca	Impermeabilidad
2020	1 -50	60%
	51 -64	80%
2030	51 -50	75%
	51 -64	85%
2040	1 -50	90%
	51 -64	92%

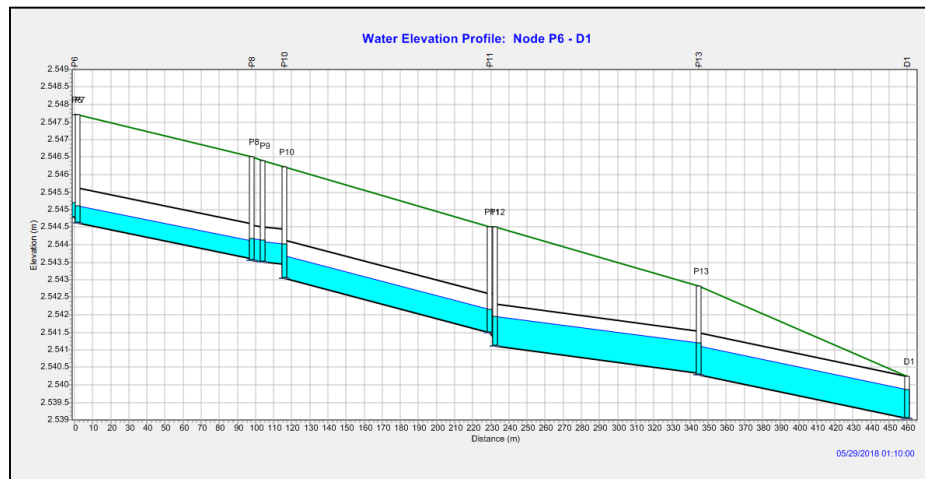
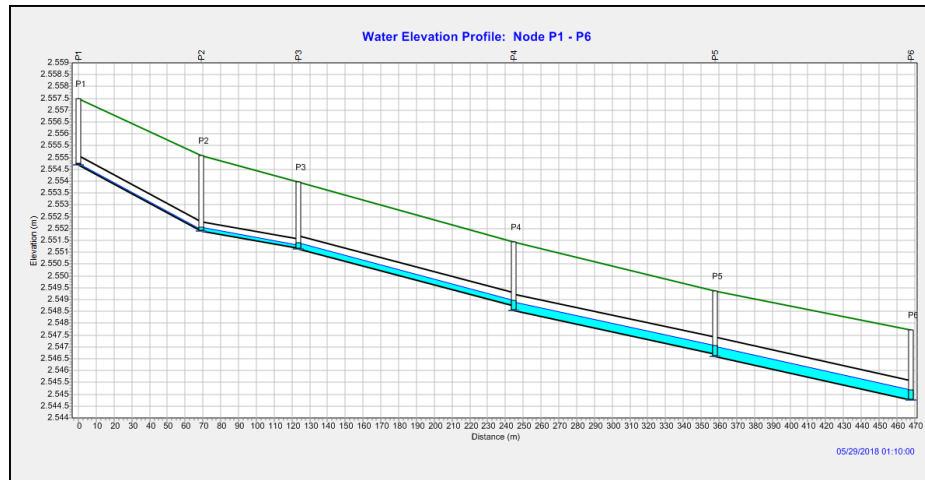
Fuente: Autor

Anexo 19. Caudal mínimo para los vertederos en la Av. de los Cerezos

Vertederos	Caudal Mínimo (L/S)		
	2020	2030	2040
V1	1.07	1.17	1.32
V2	0.59	0.69	0.77
V3	3.04	3.65	4.31
V4	6.23	7.35	8.63

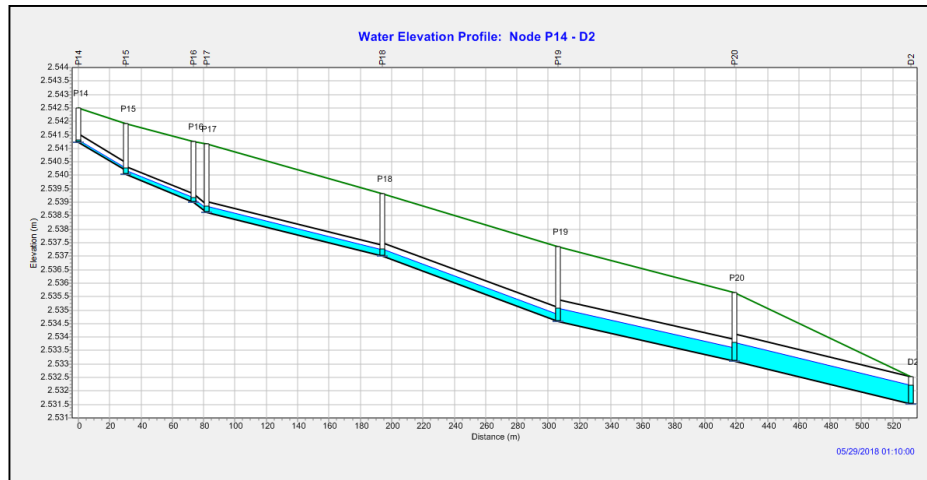
Fuente: Autor

Anexo 20. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Flujo Estático para un periodo de 2 años de la descarga uno



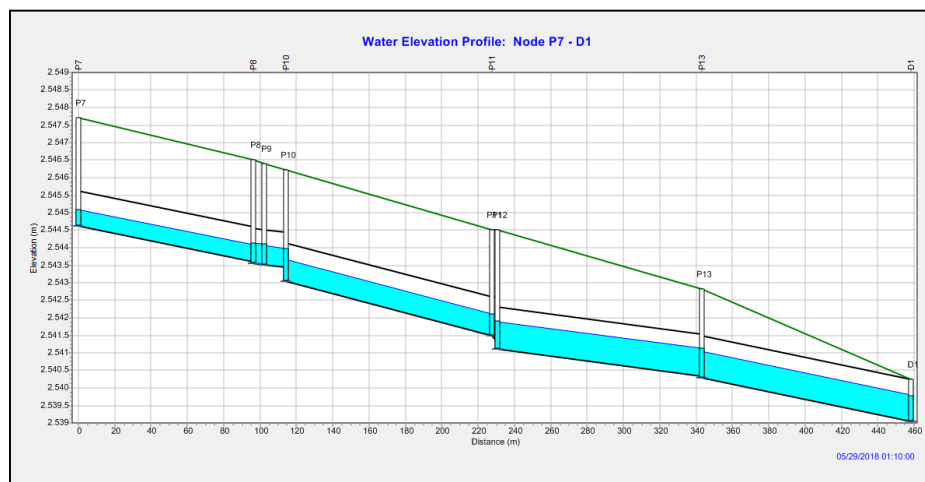
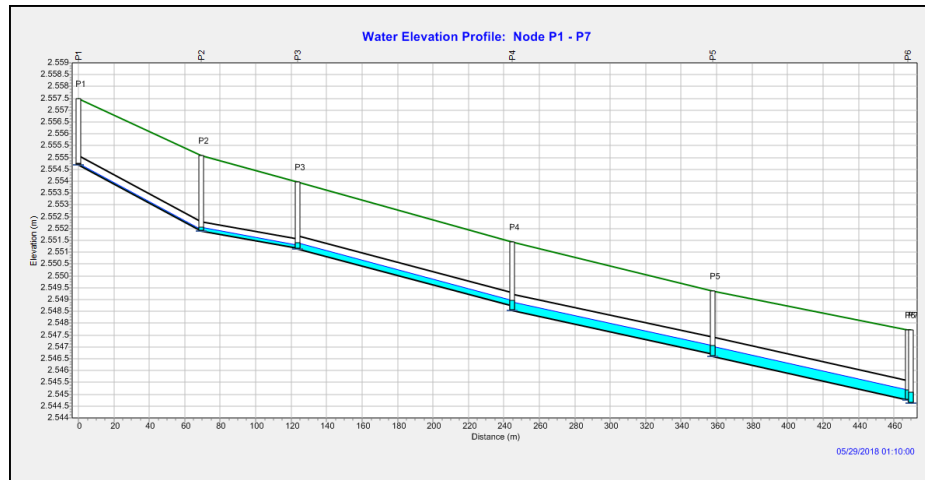
Fuente: SWMM

Anexo 21. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Flujo Estático para un periodo de 2 años de la descarga dos



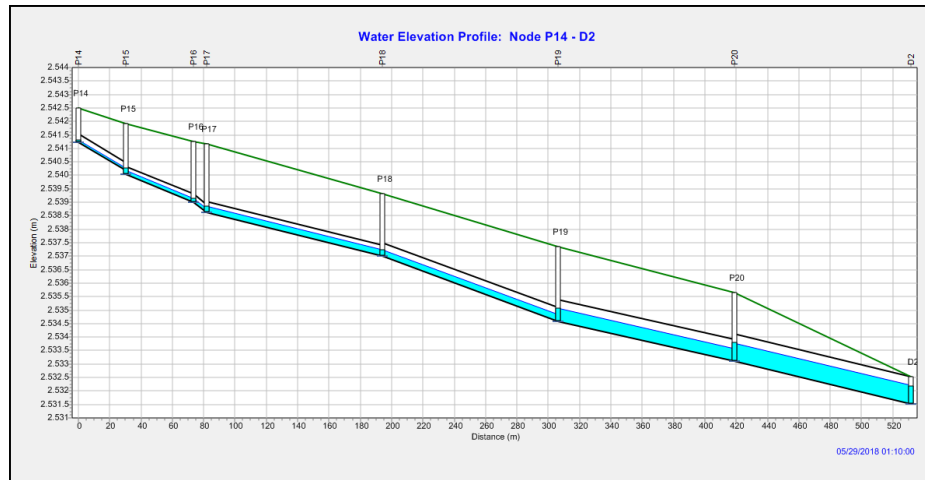
Fuente: SWMM

Anexo 22. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Onda Cinemática para un periodo de 2 años de la descarga uno



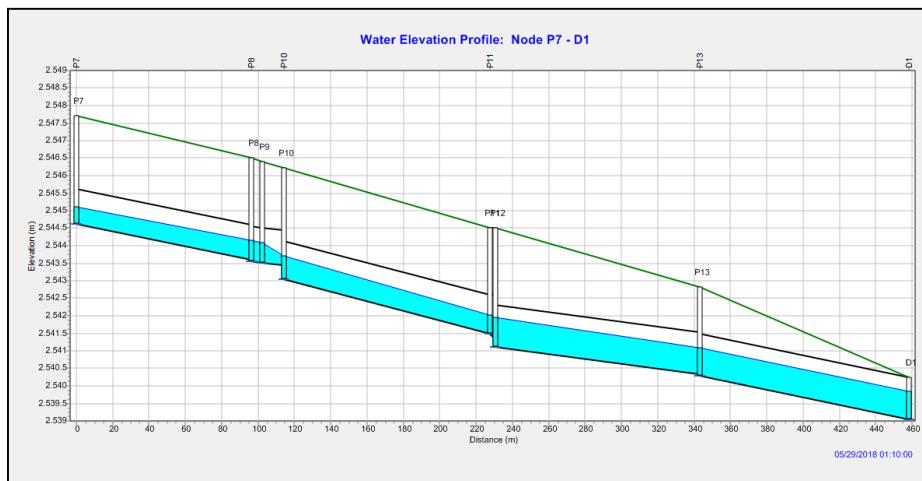
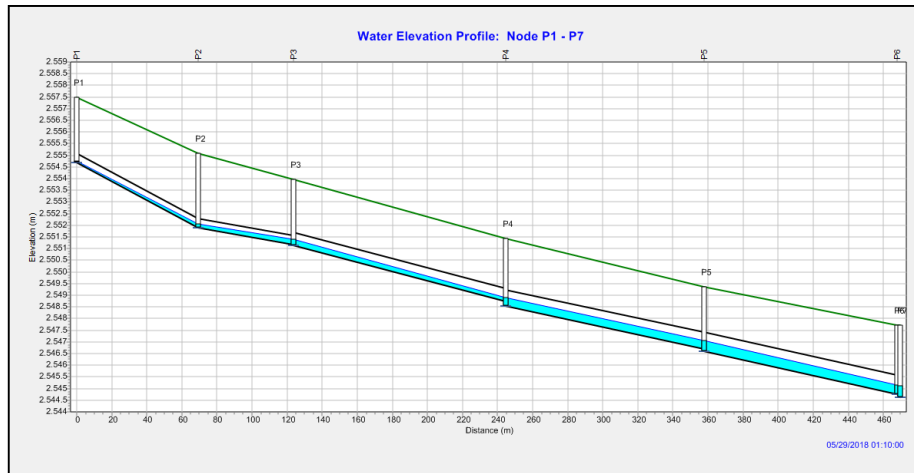
Fuente: SWMM

Anexo 23. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Onda Cinemática para un periodo de 2 años de la descarga dos



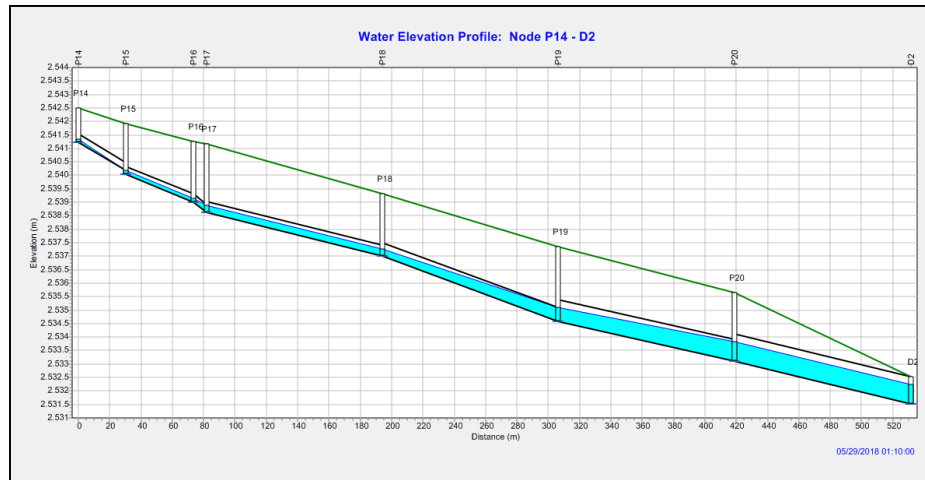
Fuente: SWMM

Anexo 24. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Onda Dinámica para un periodo de 2 años de la descarga uno



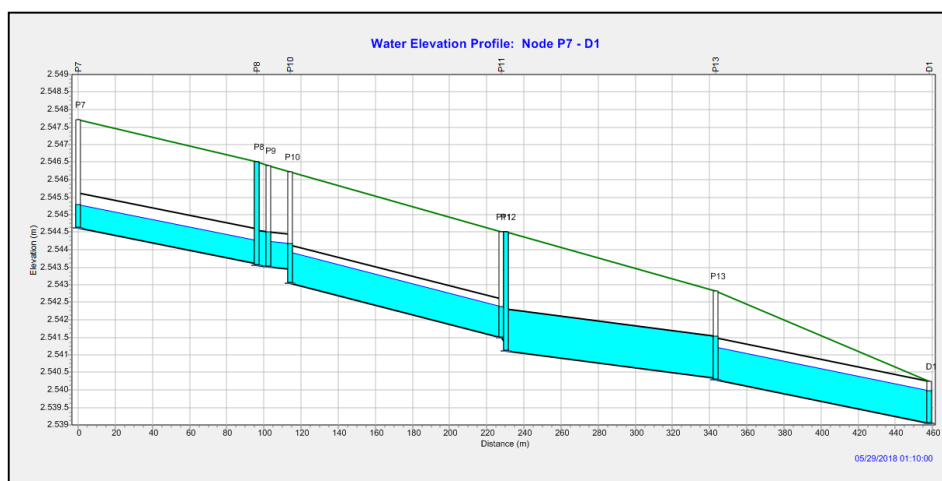
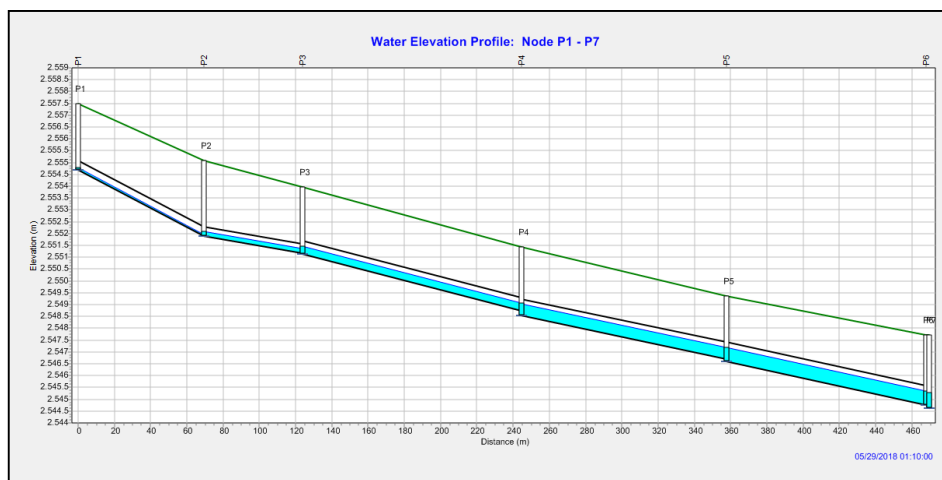
Fuente: SWMM

Anexo 25. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Onda Dinámica para un periodo de 2 años de la descarga dos



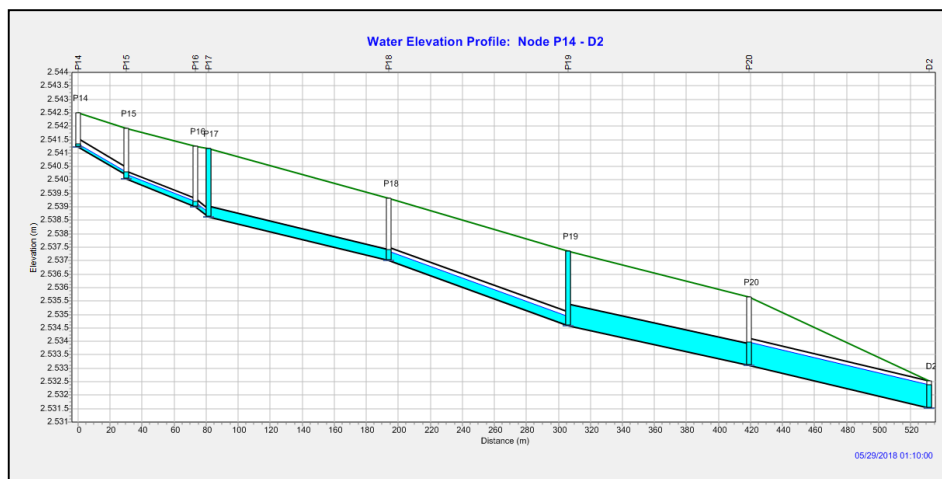
Fuente: SWMM

Anexo 26. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 10 años de la descarga uno



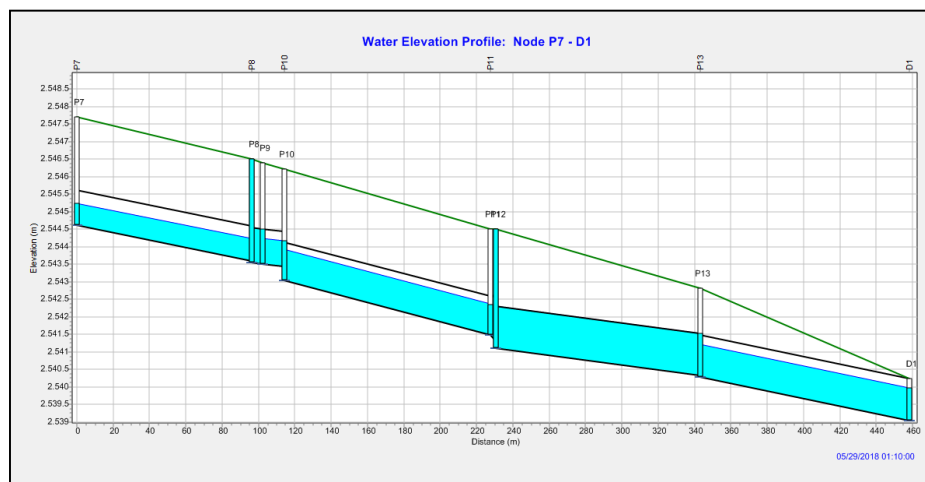
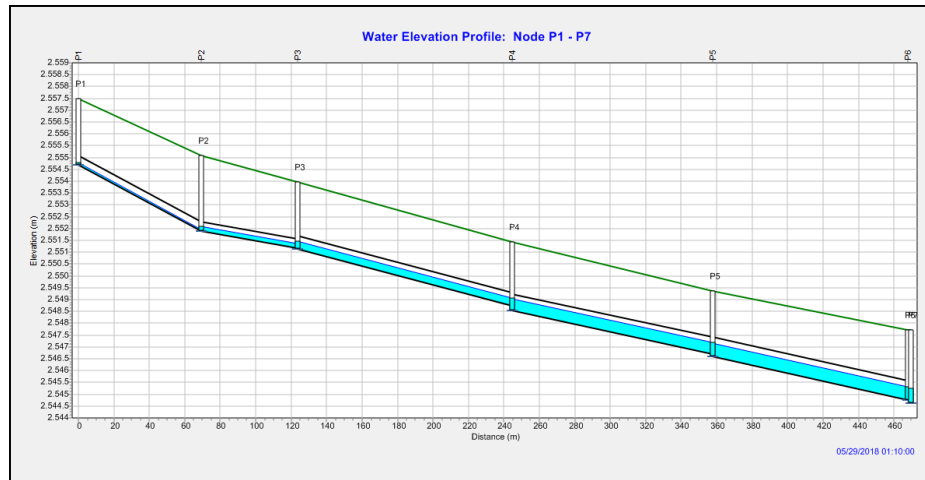
Fuente: SWMM

Anexo 27. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 10 años de la descarga dos



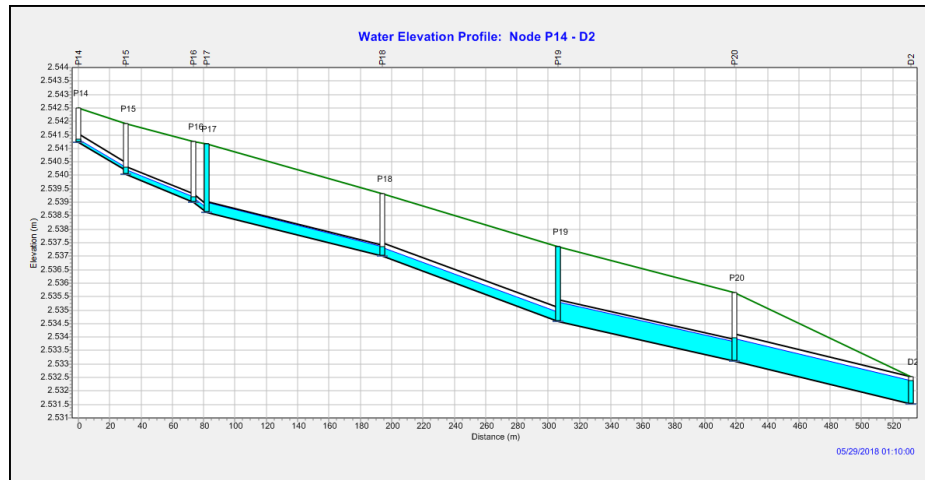
Fuente: SWMM

Anexo 28. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 10 años de la descarga uno



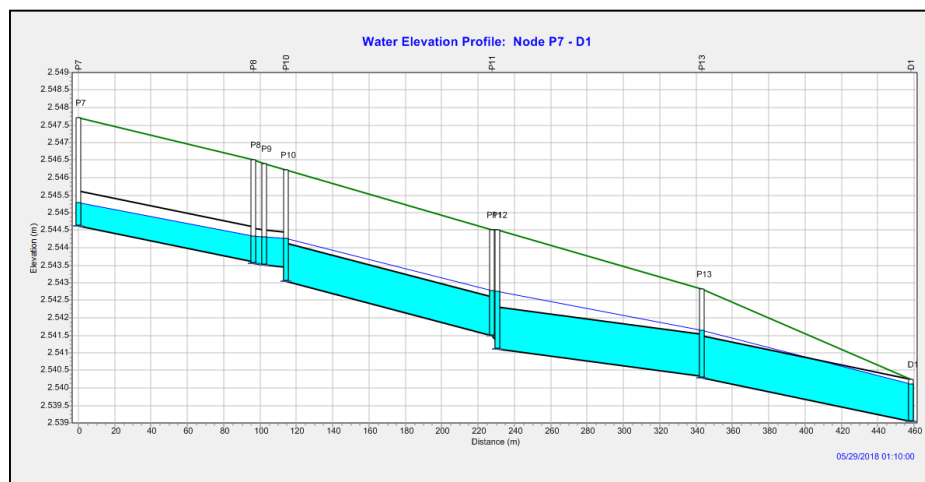
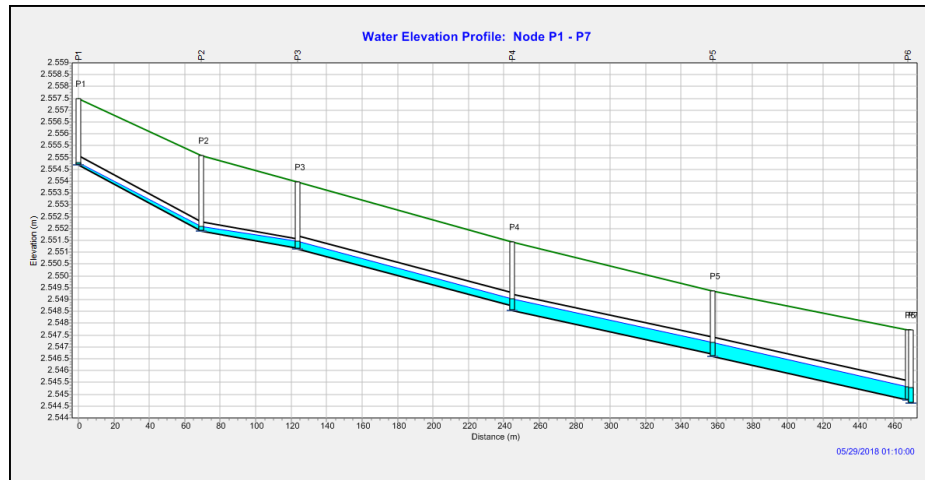
Fuente: SWMM

Anexo 29. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 10 años de la descarga dos



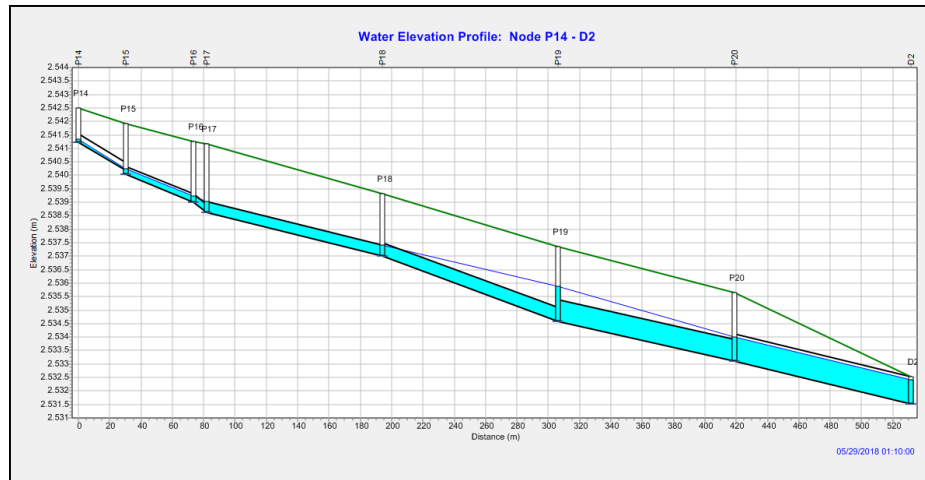
Fuente: SWMM

Anexo 30. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Onda Dinámica para un periodo de retorno de 10 años de la descarga uno



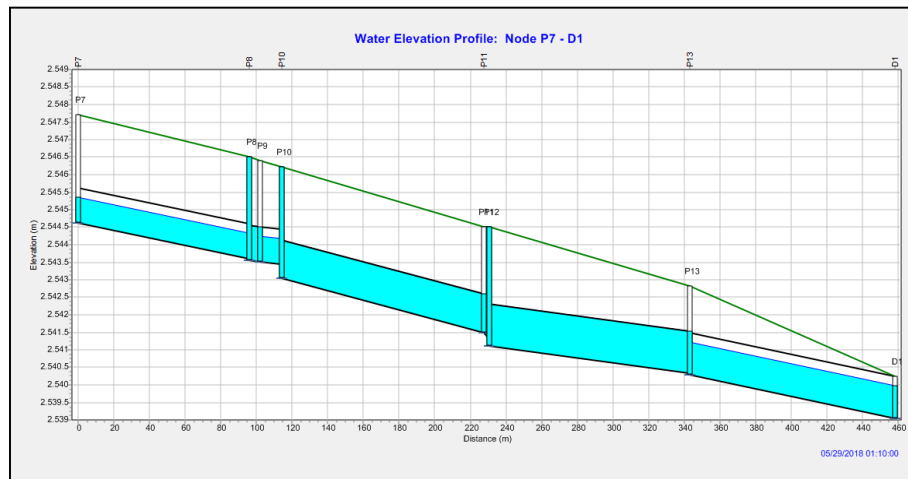
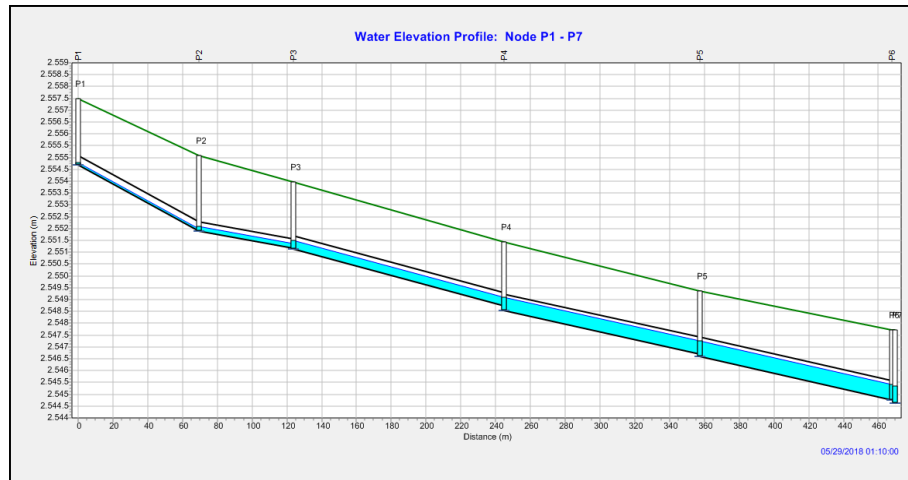
Fuente: SWMM

Anexo 31. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Onda Dinámica para un periodo de retorno de 10 años de la descarga dos



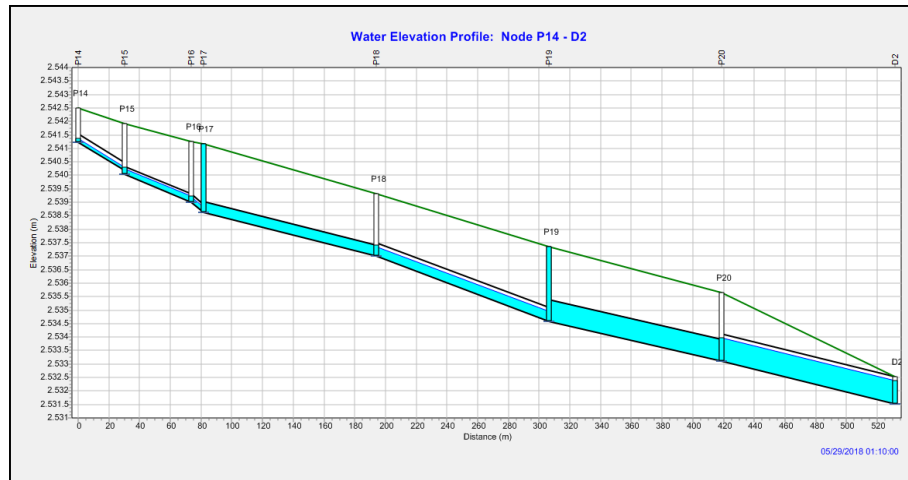
Fuente: SWMM

Anexo 32. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 20 años de la descarga uno



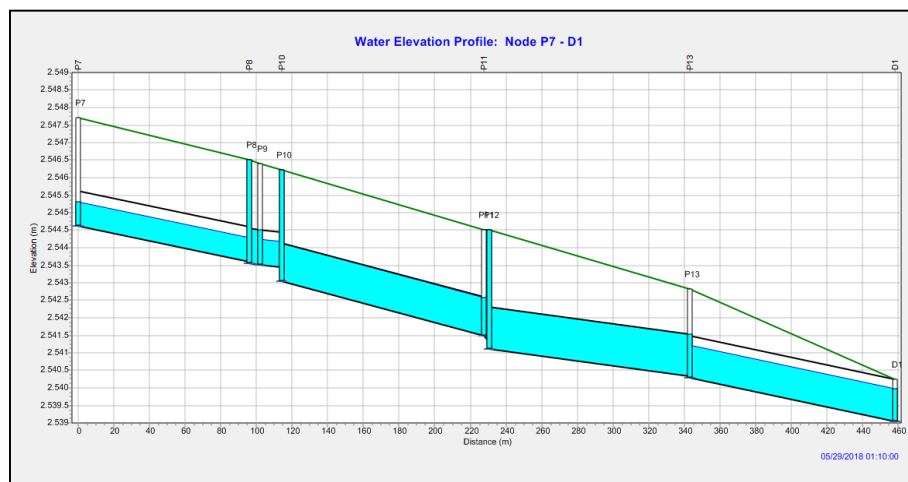
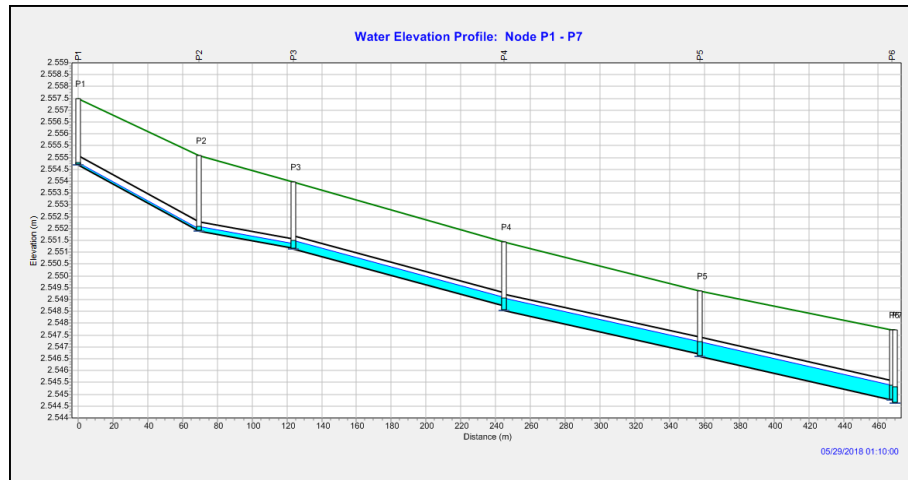
Fuente: SWMM

Anexo 33. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 20 años de la descarga dos



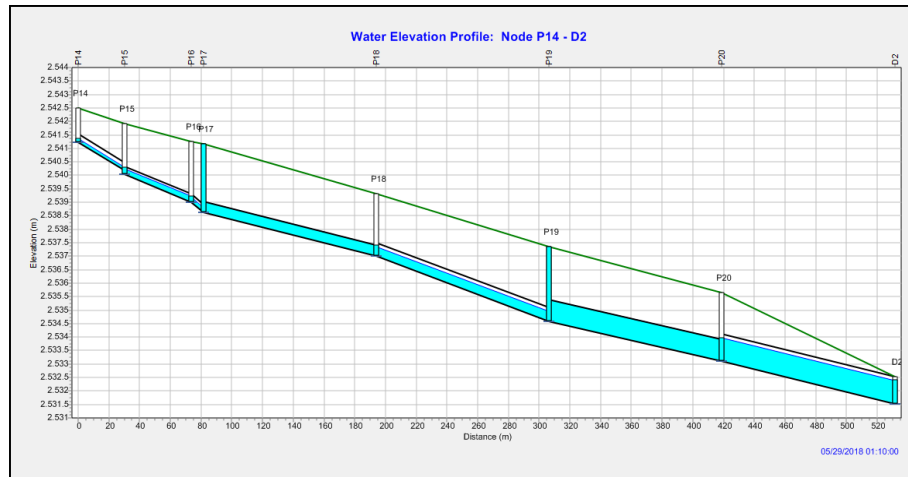
Fuente: SWMM

Anexo 34. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 20 años de la descarga uno



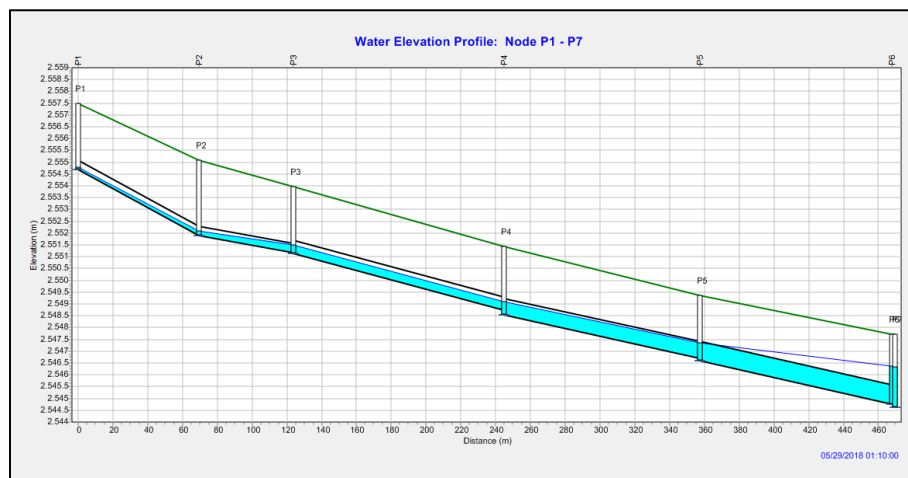
Fuente: SWMM

Anexo 35. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 20 años de la descarga dos



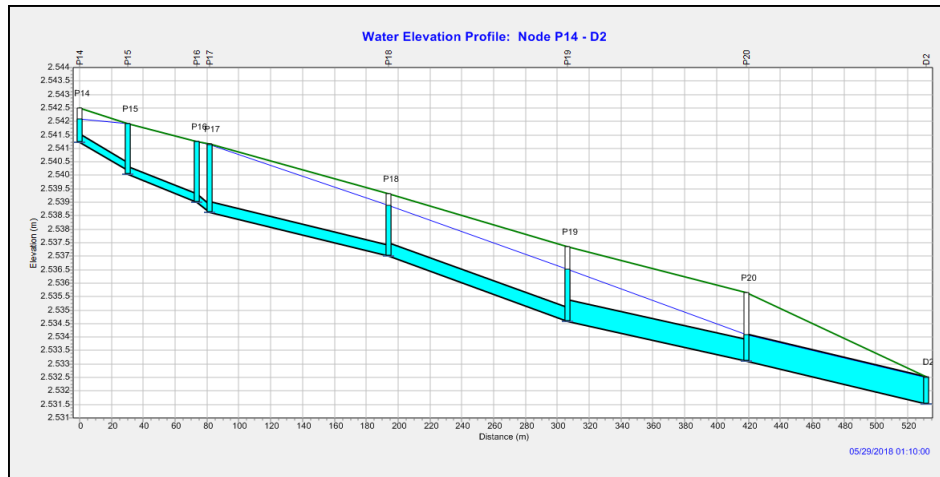
Fuente: SWMM

Anexo 36. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Onda Dinámica para un periodo de retorno de 20 años de la descarga uno



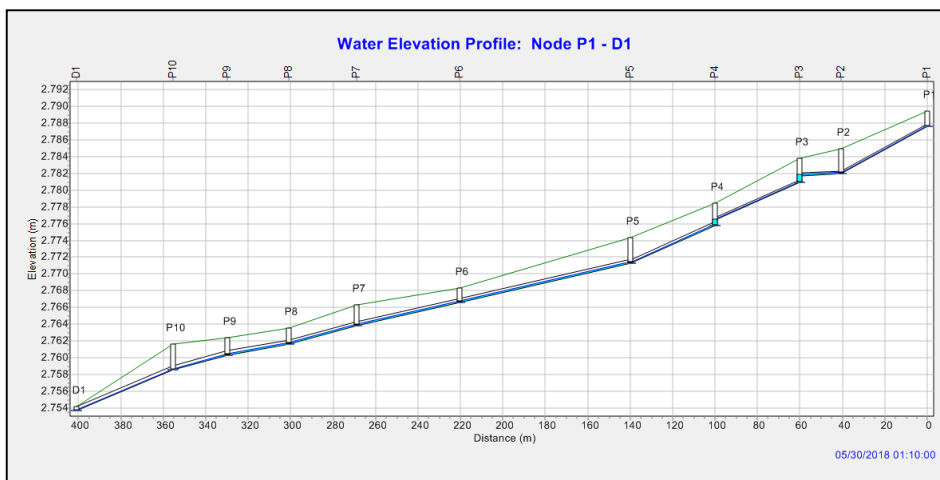
Fuente: SWMM

Anexo 37. Perfiles del colector de la calle Mariscal Sucre por el método de Onda Dinámica para un periodo de retorno de 20 años de la descarga dos



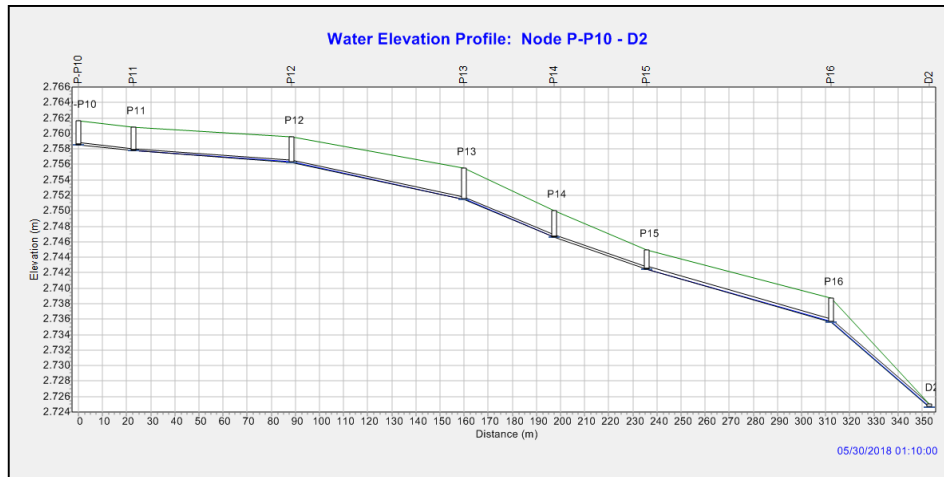
Fuente: SWMM

Anexo 38. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de 2 años la descarga uno



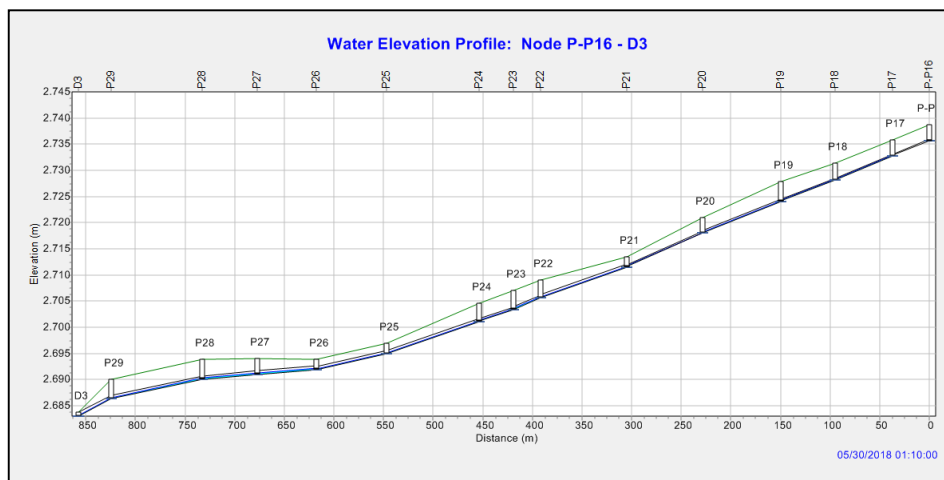
Fuente: SWMM

Anexo 39. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de 2 años la descarga dos



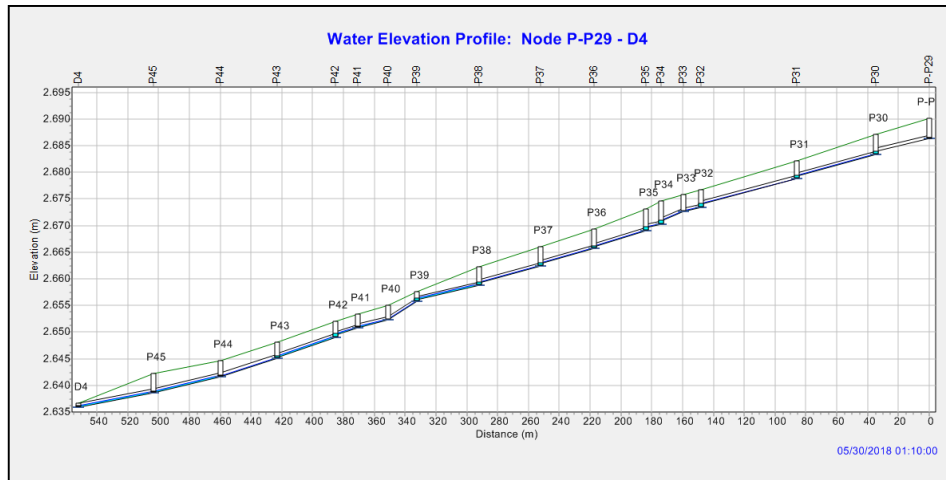
Fuente: SWMM

Anexo 40. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de 2 años la descarga tres



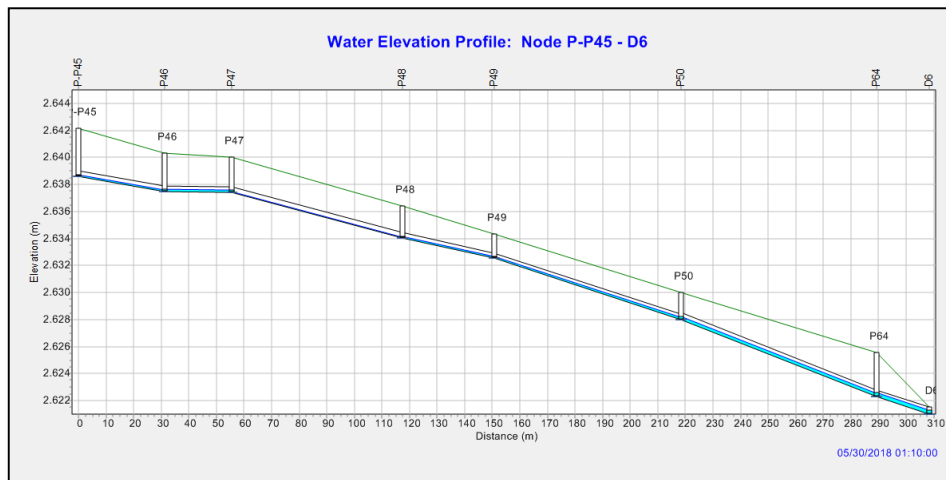
Fuente: SWMM

Anexo 41. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de 2 años la descarga cuatro



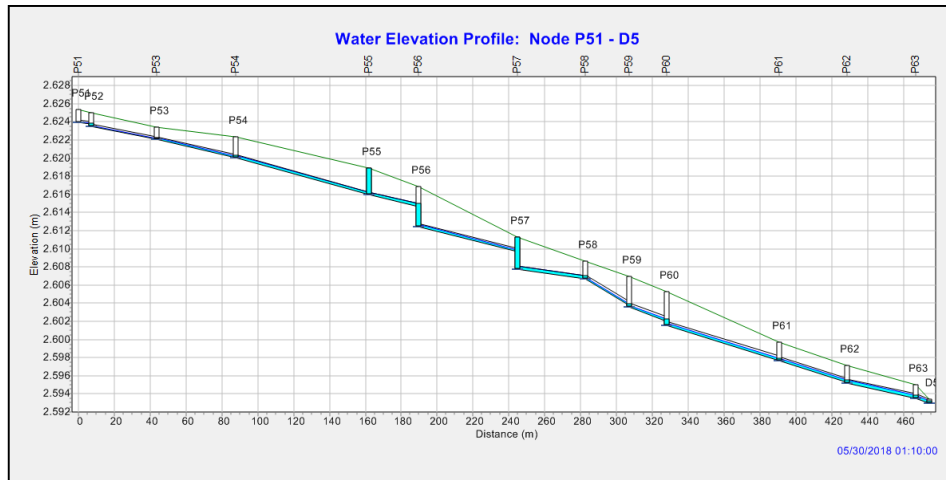
Fuente: SWMM

Anexo 42. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de 2 años la descarga seis



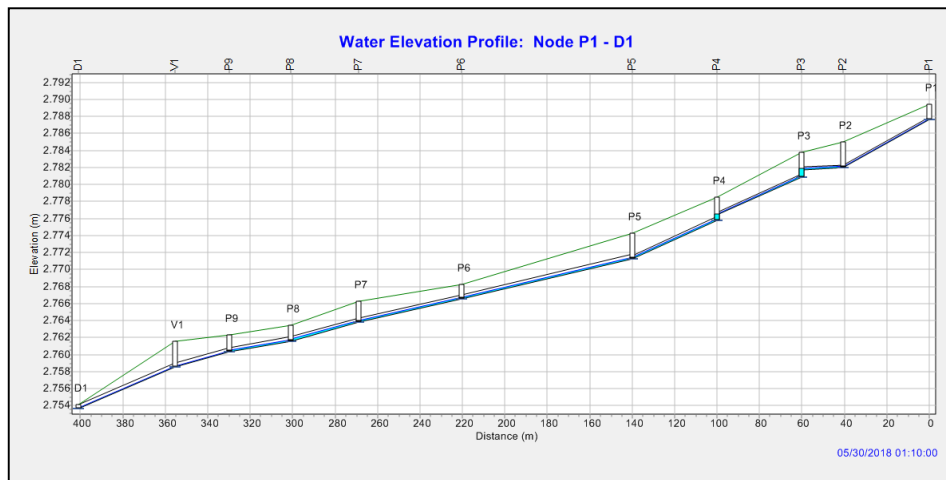
Fuente: SWMM

Anexo 43. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de 2 años la descarga cinco



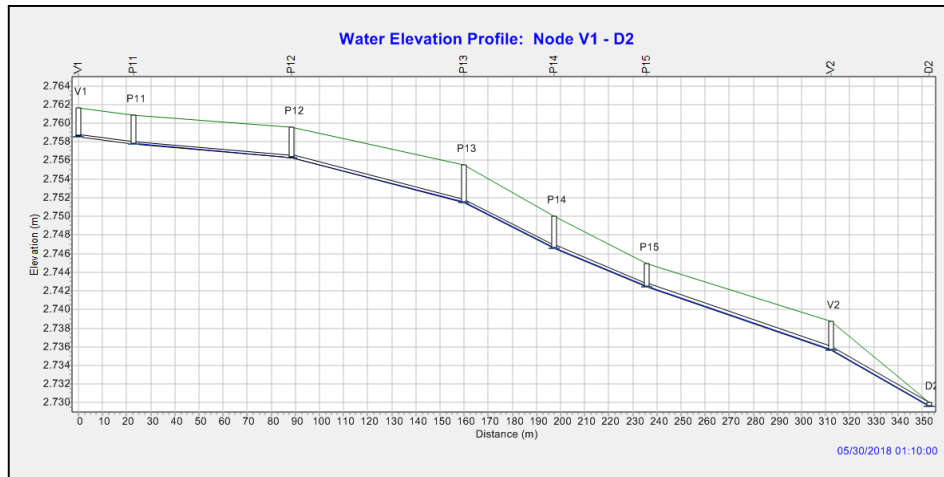
Fuente: SWMM

Anexo 44. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de 2 años la descarga uno



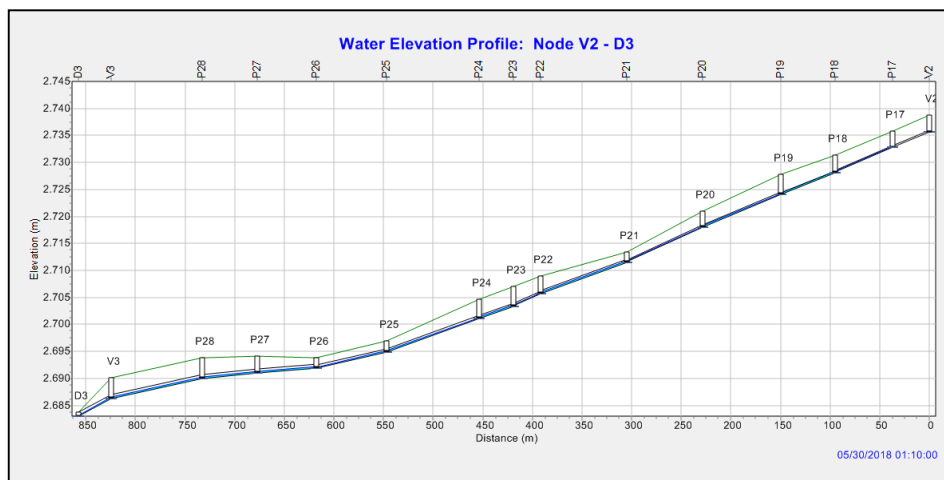
Fuente: SWMM

Anexo 45. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de 2 años la descarga dos



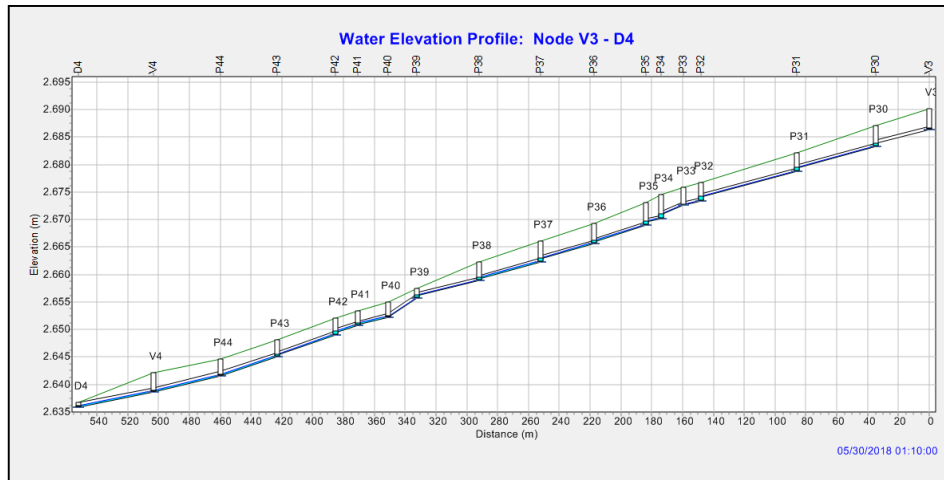
Fuente: SWMM

Anexo 46. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de 2 años la descarga tres



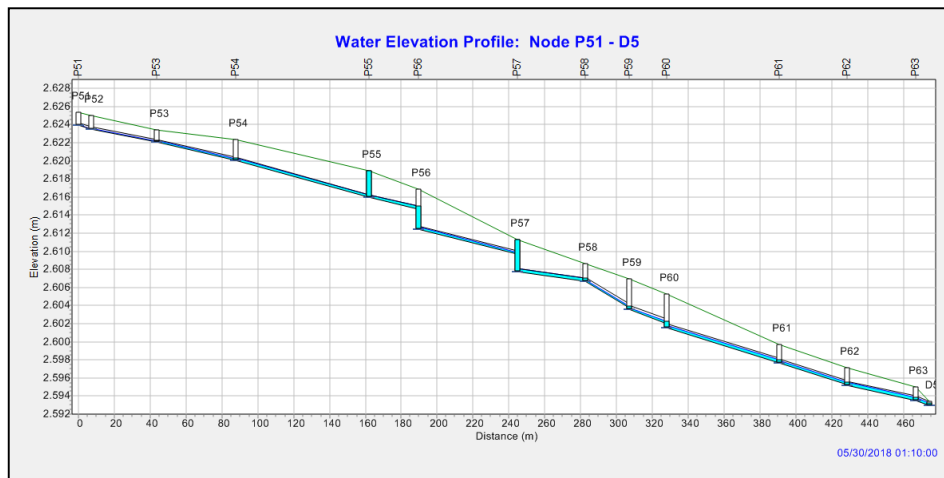
Fuente: SWMM

Anexo 47. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de 2 años la descarga cuatro



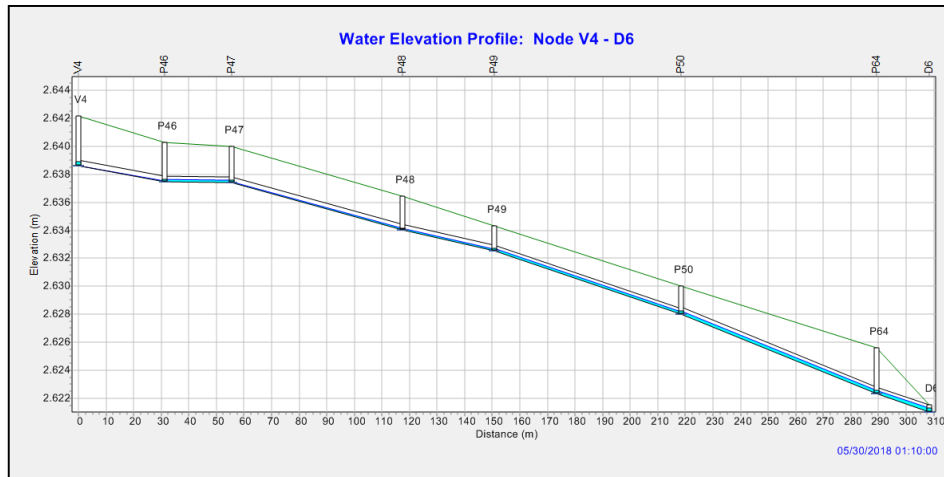
Fuente: SWMM

Anexo 48. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de 2 años la descarga cinco



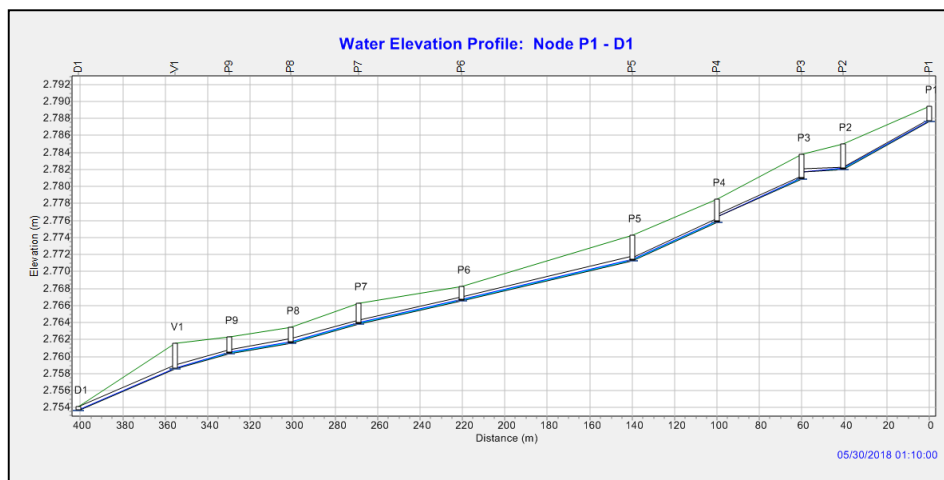
Fuente: SWMM

Anexo 49. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de 2 años la descarga seis



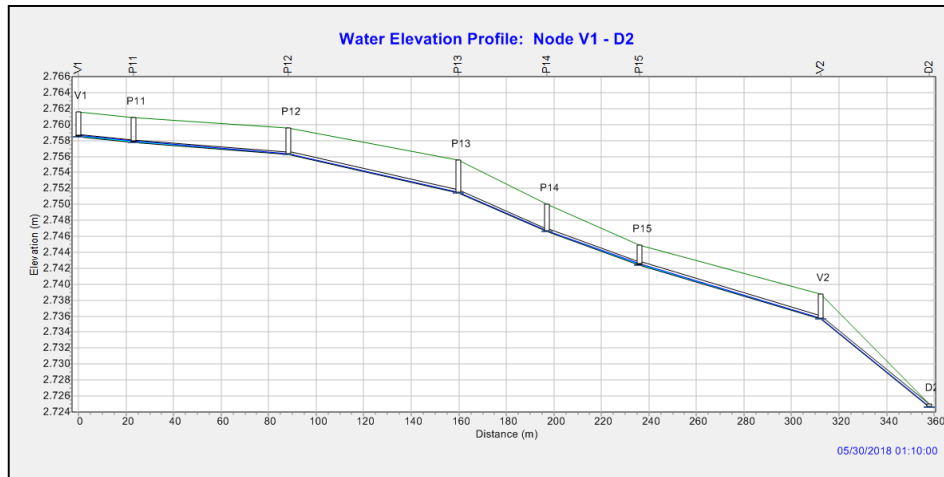
Fuente: SWMM

Anexo 50. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de 2 años la descarga uno



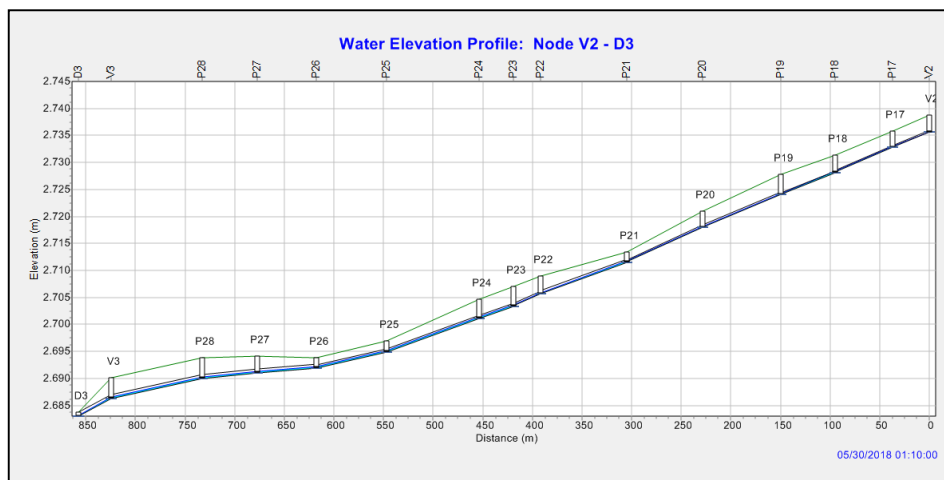
Fuente: SWMM

Anexo 51. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de 2 años la descarga dos



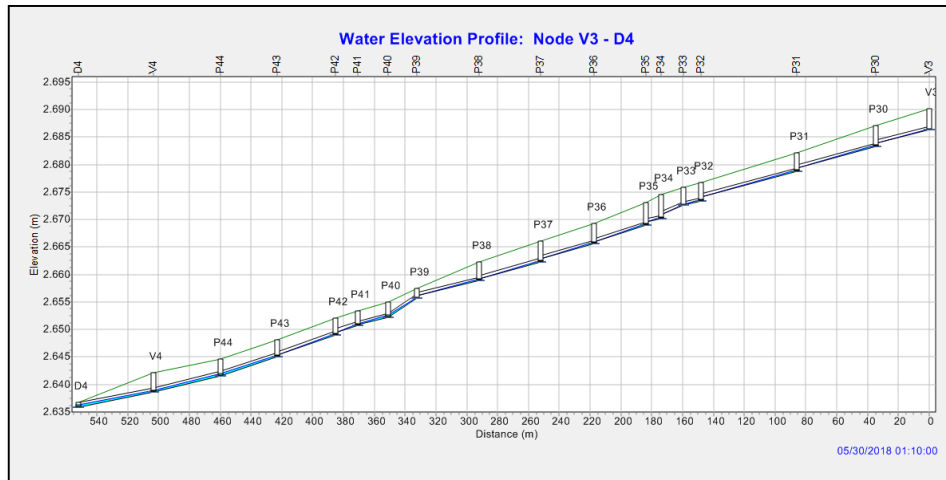
Fuente: SWMM

Anexo 52. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de 2 años la descarga tres



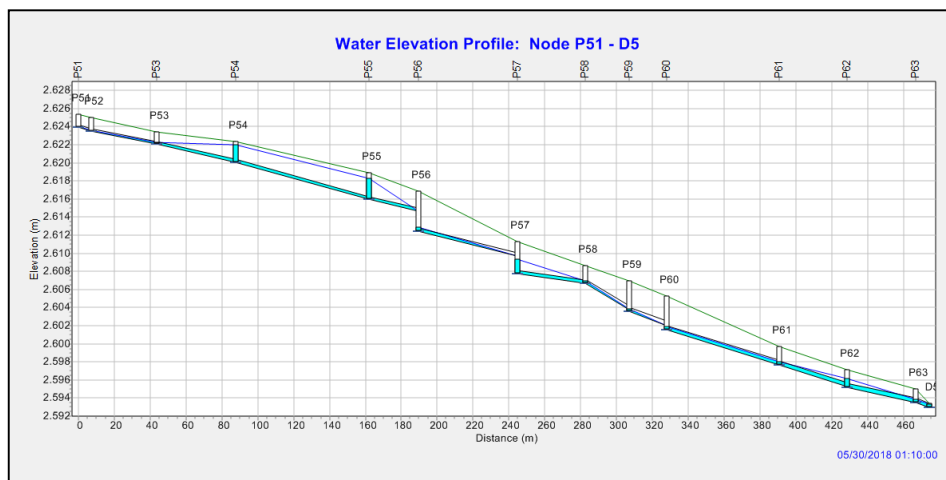
Fuente: SWMM

Anexo 53. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de 2 años la descarga cuatro



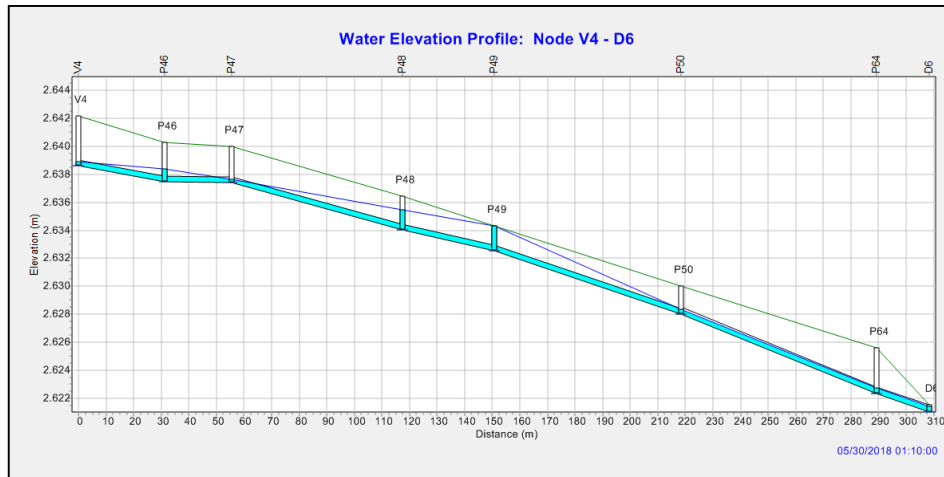
Fuente: SWMM

Anexo 54. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de 2 años la descarga cinco



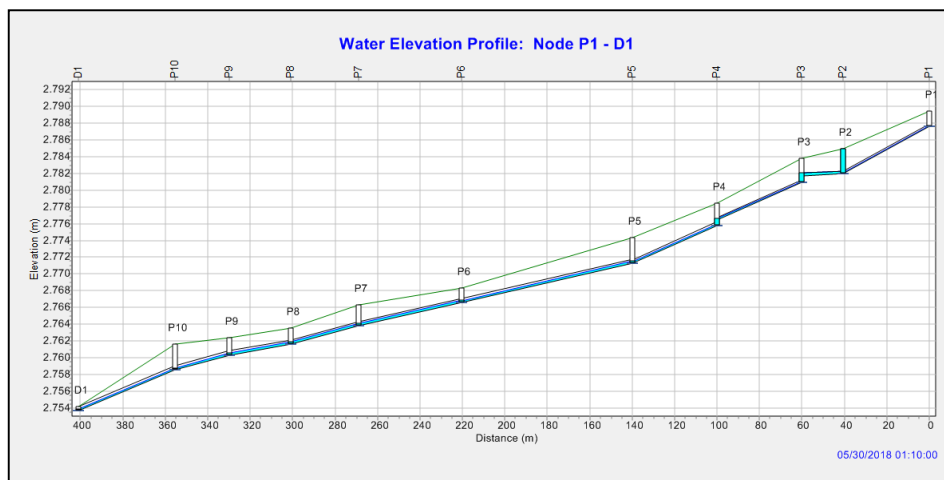
Fuente: SWMM

Anexo 55. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de 2 años la descarga seis



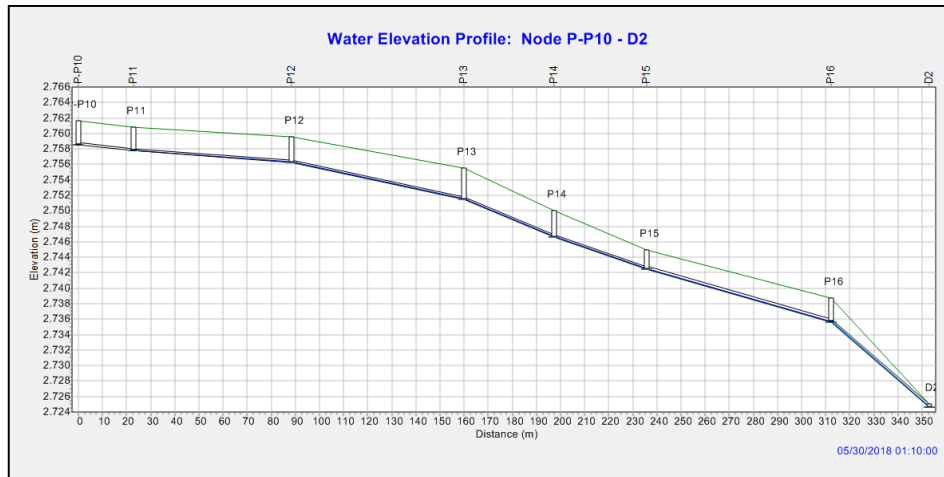
Fuente: SWMM

Anexo 56. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 10 años la descarga uno



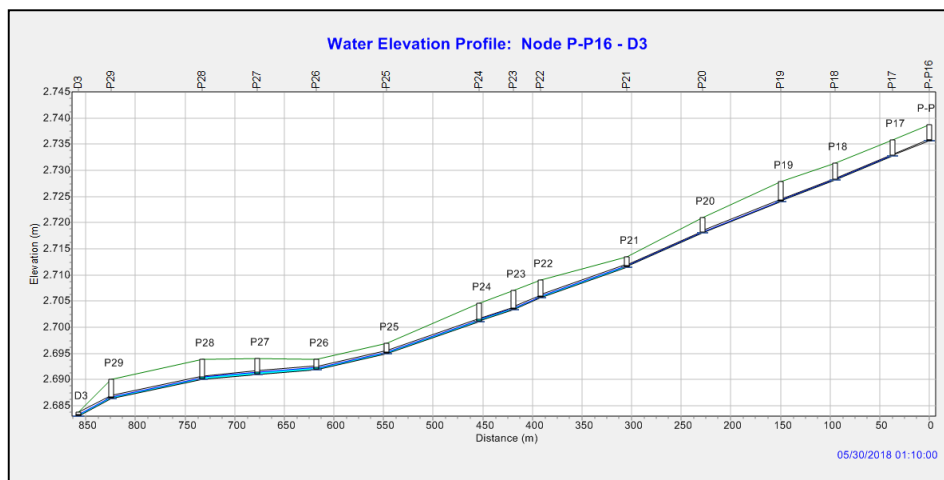
Fuente: SWMM

Anexo 57. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 10 años la descarga dos



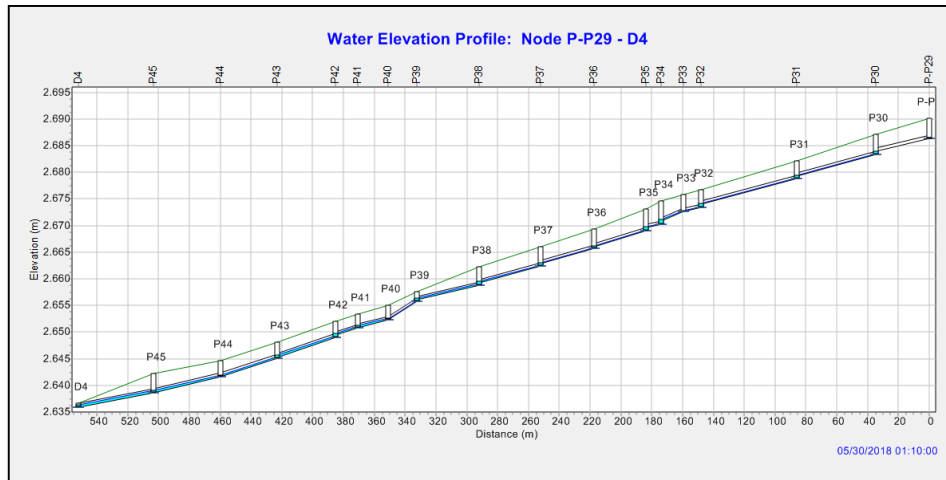
Fuente: SWMM

Anexo 58. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 10 años la descarga tres



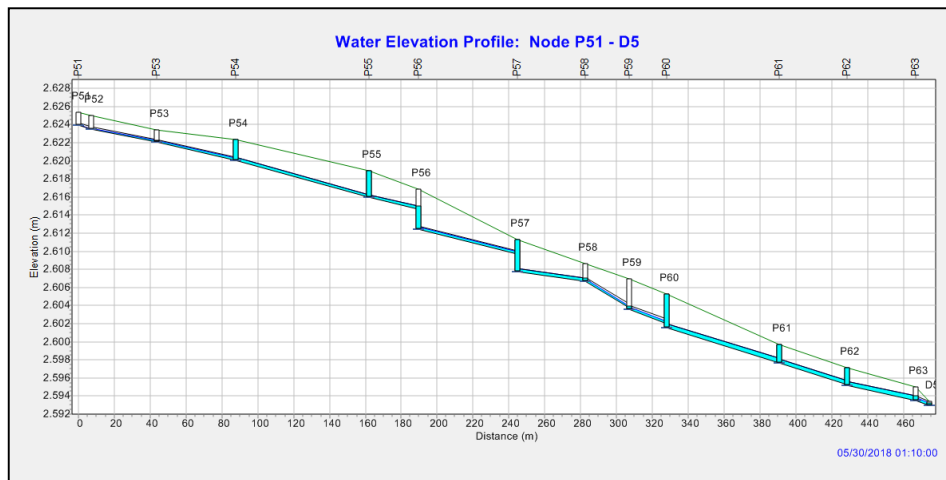
Fuente: SWMM

Anexo 59. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 10 años la descarga cuatro



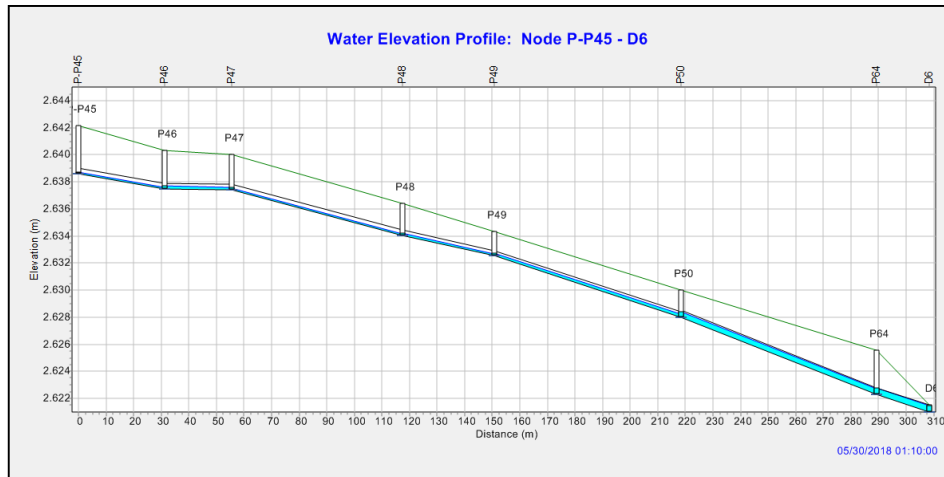
Fuente: SWMM

Anexo 60. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 10 años la descarga cinco



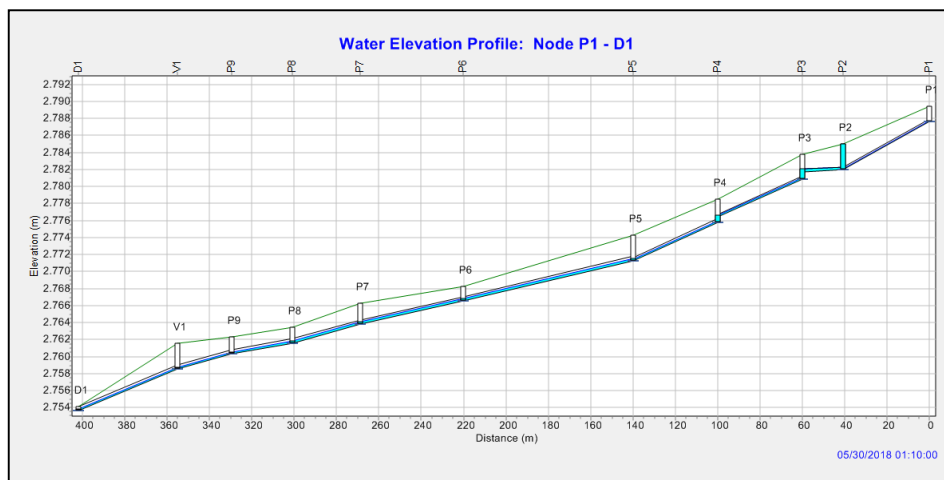
Fuente: SWMM

Anexo 61. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 10 años la descarga seis



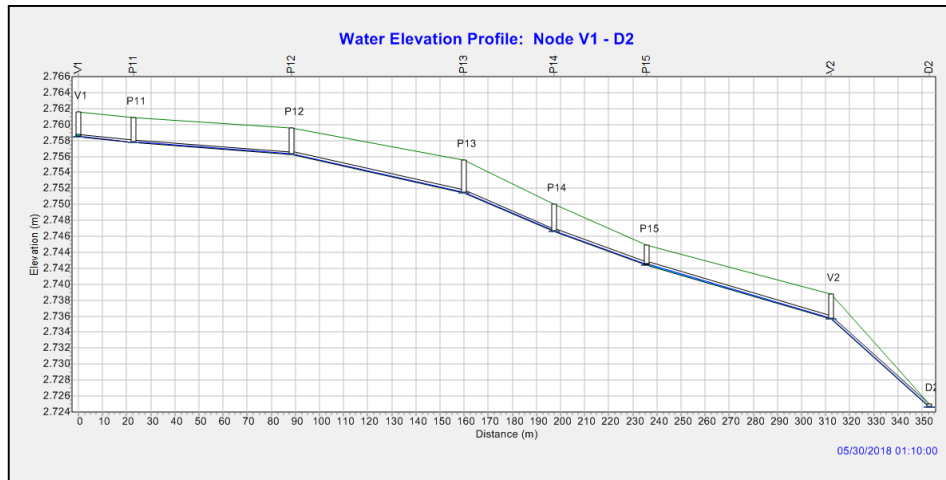
Fuente: SWMM

Anexo 62. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 10 años la descarga uno



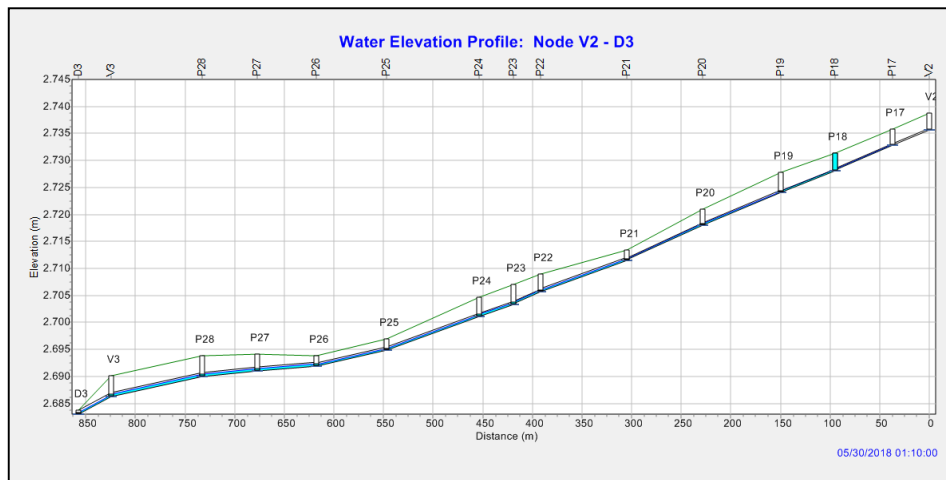
Fuente: SWMM

Anexo 63. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 10 años la descarga dos



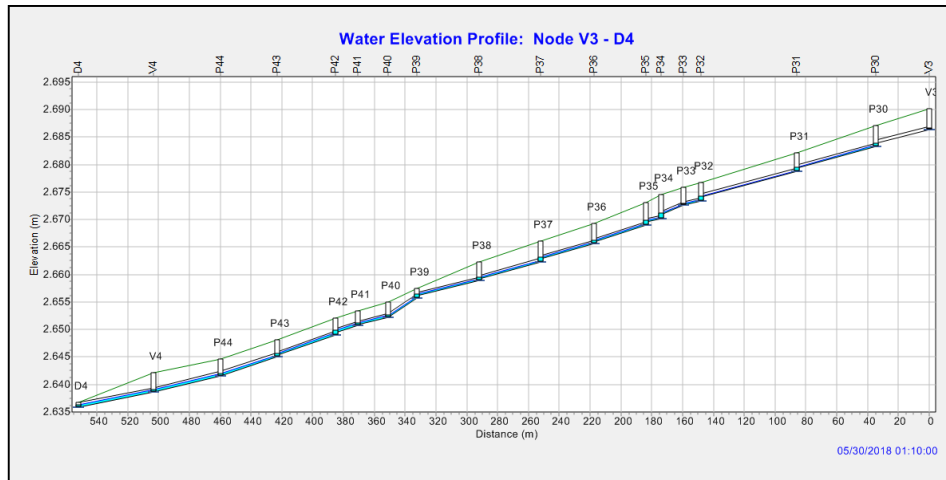
Fuente: SWMM

Anexo 64. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 10 años la descarga tres



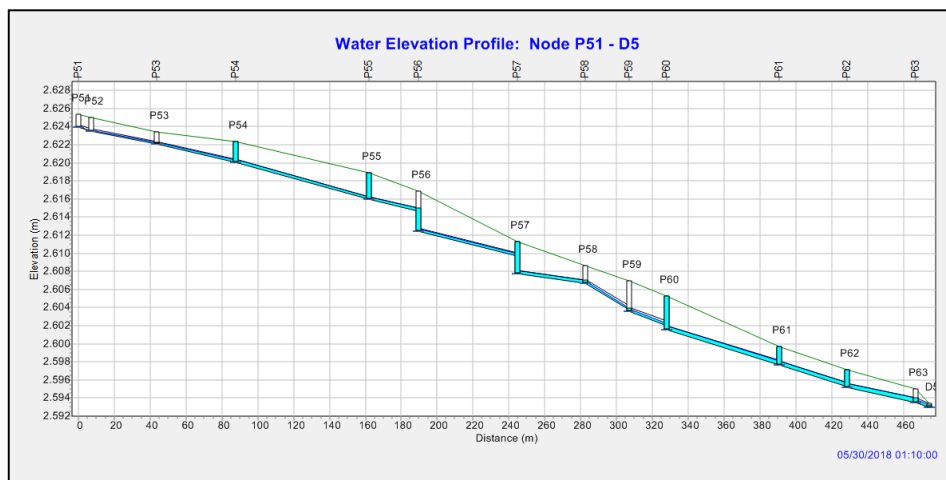
Fuente: SWMM

Anexo 65. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática Estático para un periodo de retorno de 10 años la descarga cuatro



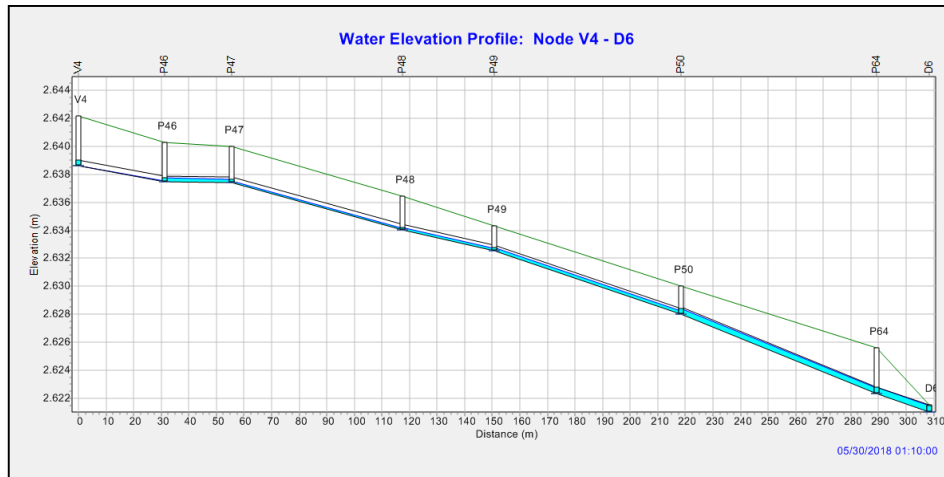
Fuente: SWMM

Anexo 66. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 10 años la descarga cinco



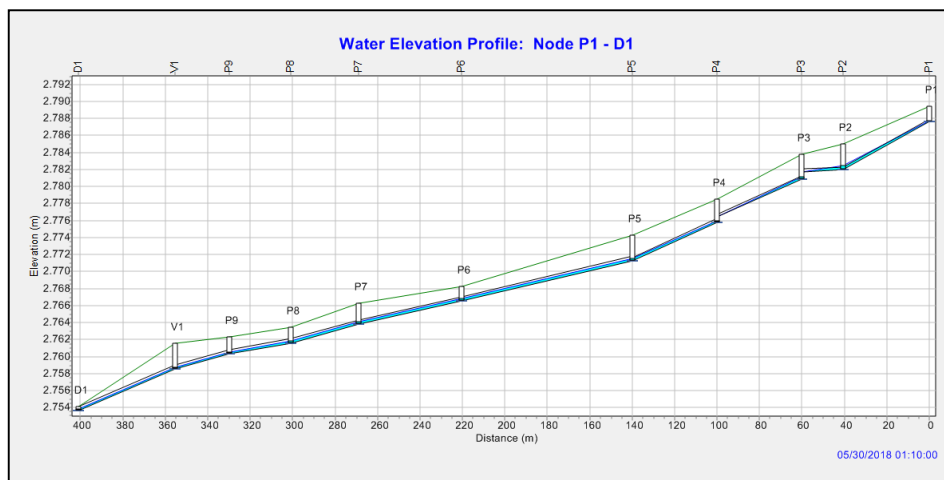
Fuente: SWMM

Anexo 67. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 10 años la descarga seis



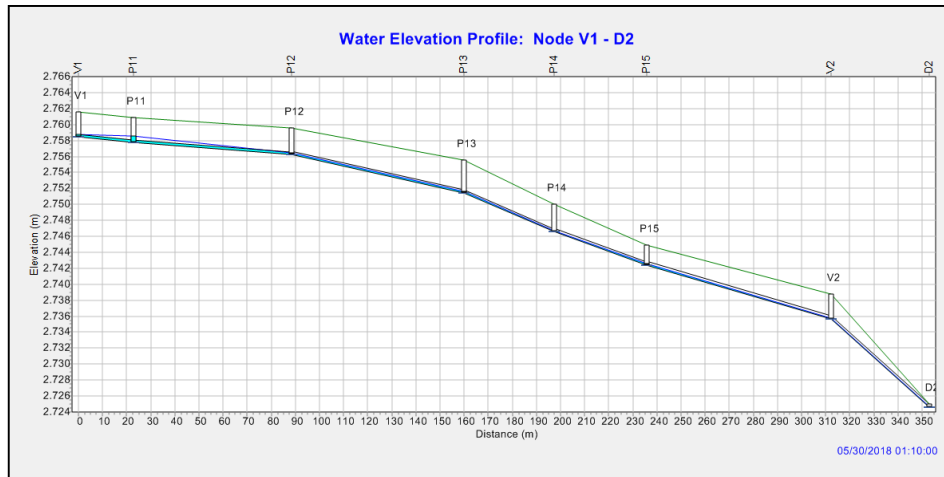
Fuente: SWMM

Anexo 68. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de retorno de 10 años la descarga uno



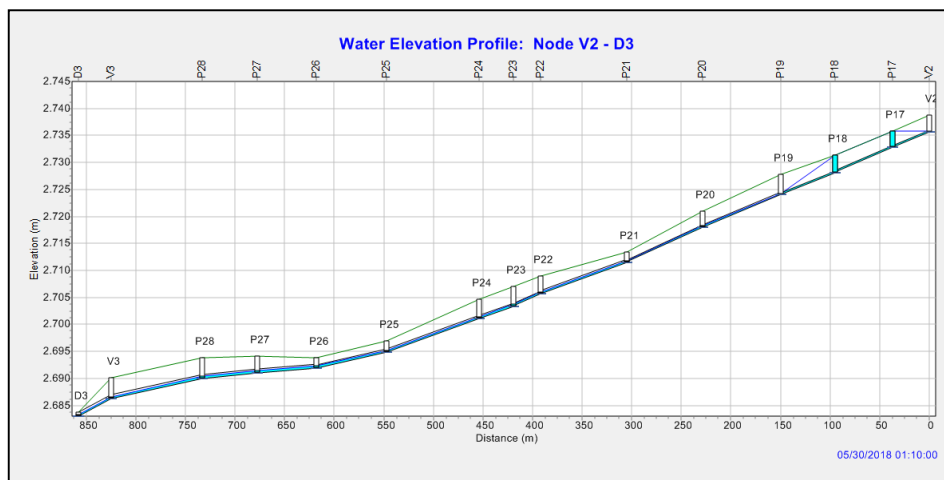
Fuente: SWMM

Anexo 69. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de retorno de 10 años la descarga dos



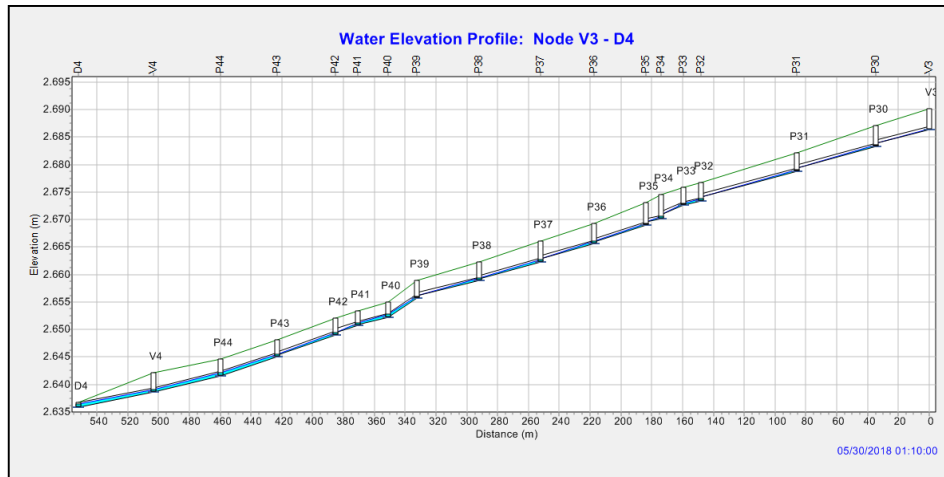
Fuente: SWMM

Anexo 70. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de retorno de 10 años la descarga tres



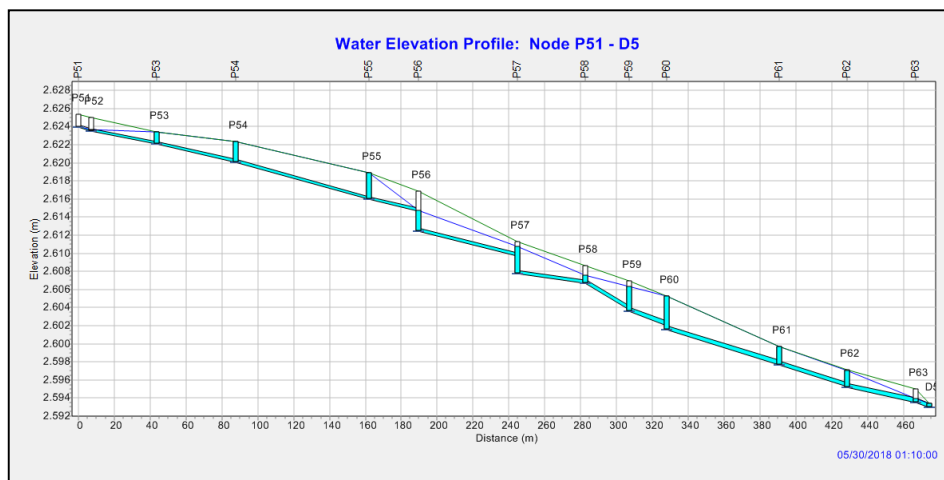
Fuente: SWMM

Anexo 71. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de retorno de 10 años la descarga cuatro



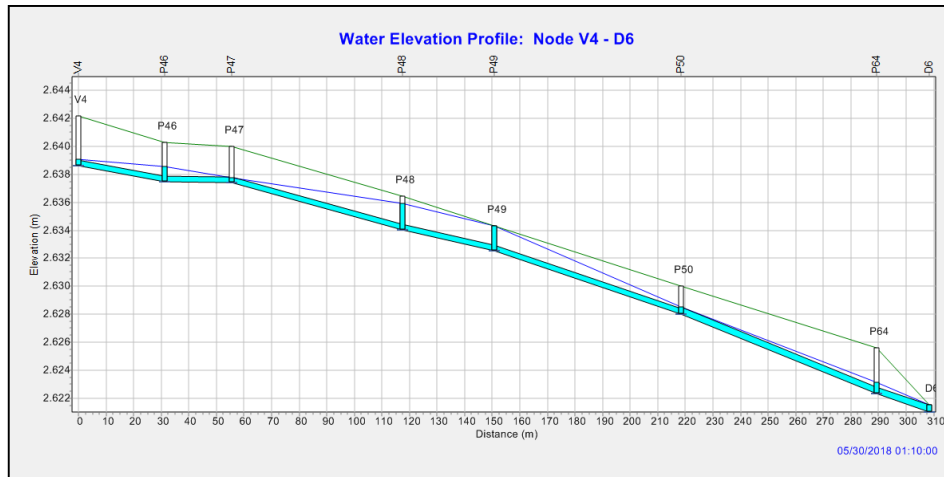
Fuente: SWMM

Anexo 72. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de retorno de 10 años la descarga cinco



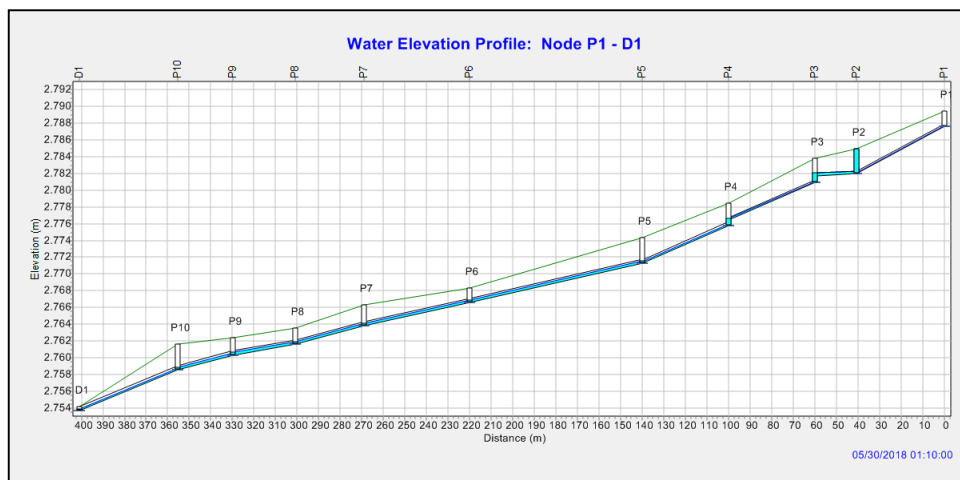
Fuente: SWMM

Anexo 73. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de retorno de 10 años la descarga seis



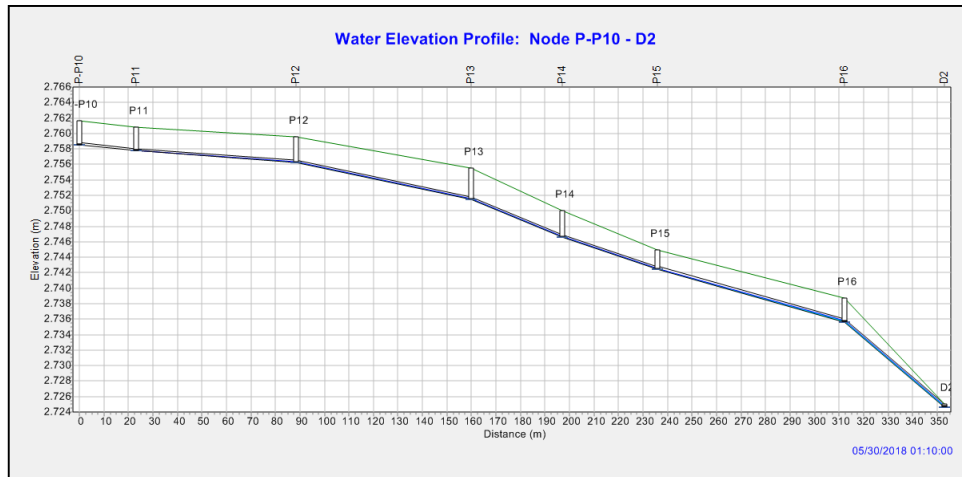
Fuente: SWMM

Anexo 74. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 20 años la descarga uno



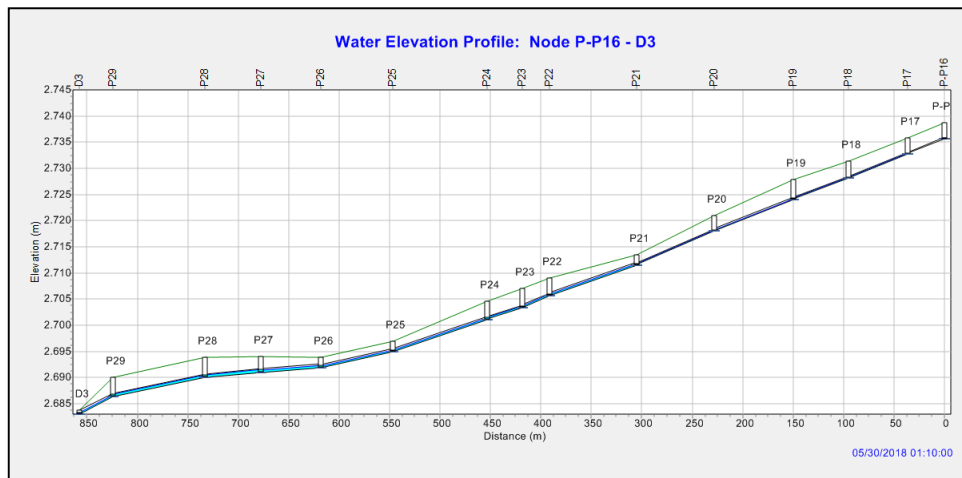
Fuente: SWMM

Anexo 75. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 20 años la descarga dos



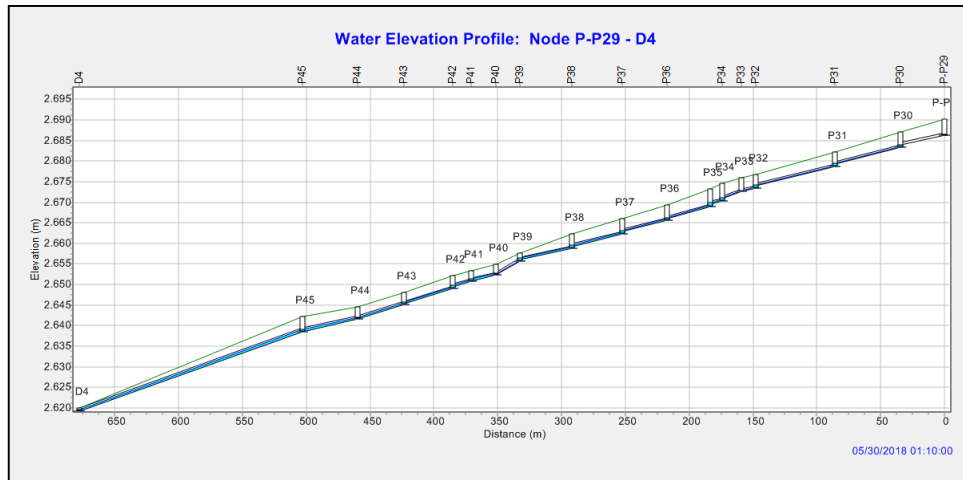
Fuente: SWMM

Anexo 76. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 20 años la descarga tres



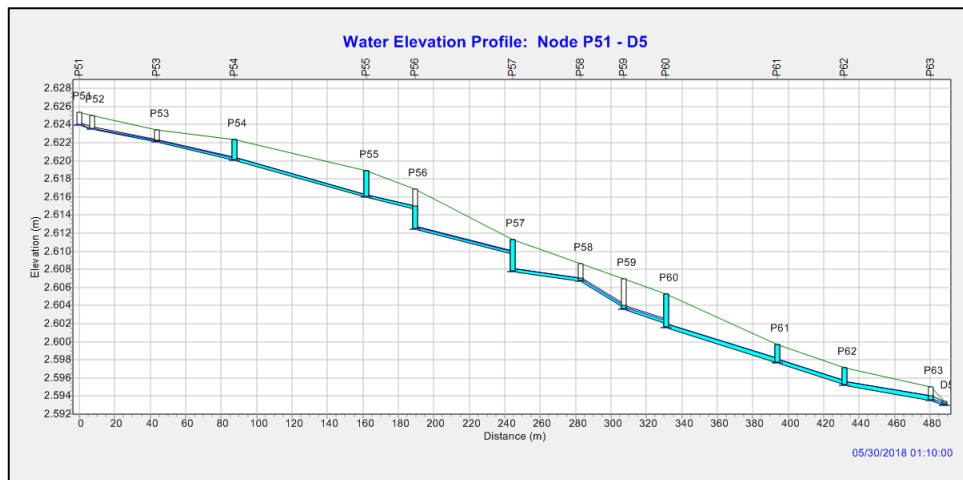
Fuente: SWMM

Anexo 77. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 20 años la descarga cuatro



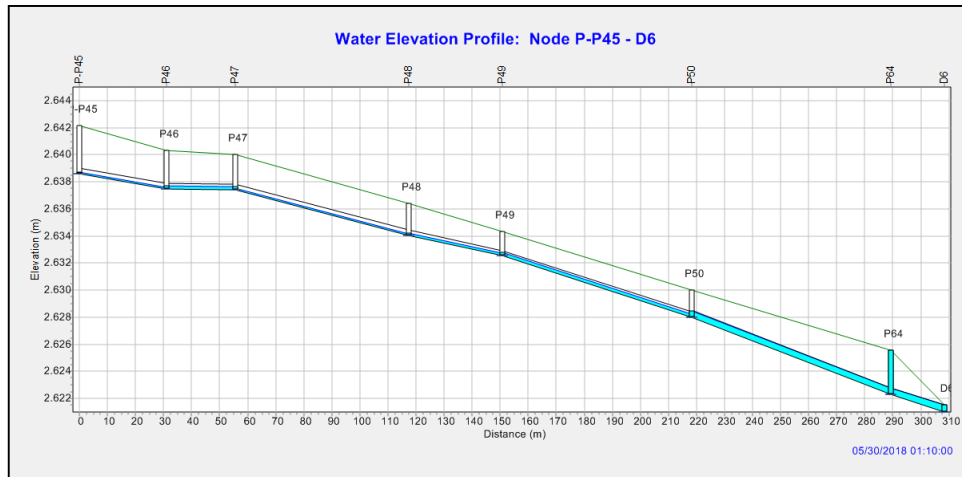
Fuente: SWMM

Anexo 78. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 20 años la descarga cinco



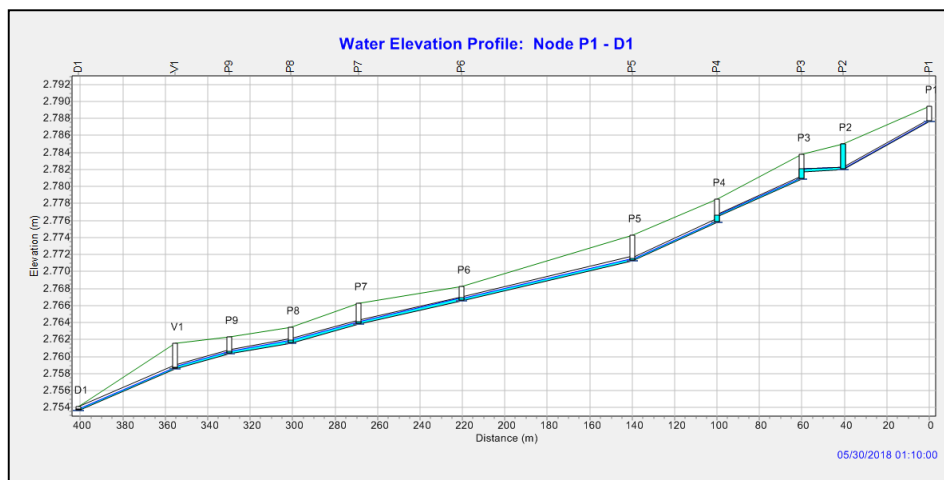
Fuente: SWMM

Anexo 79. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 20 años la descarga seis



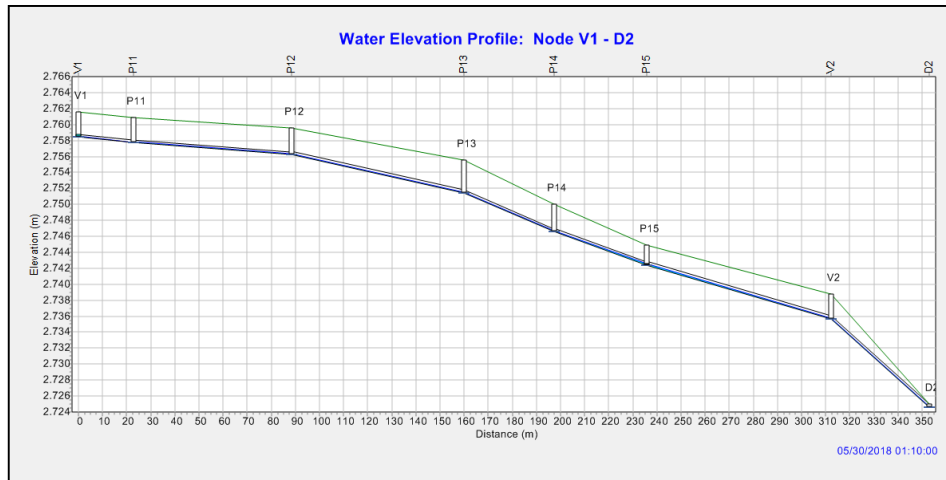
Fuente: SWMM

Anexo 80. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 20 años la descarga uno



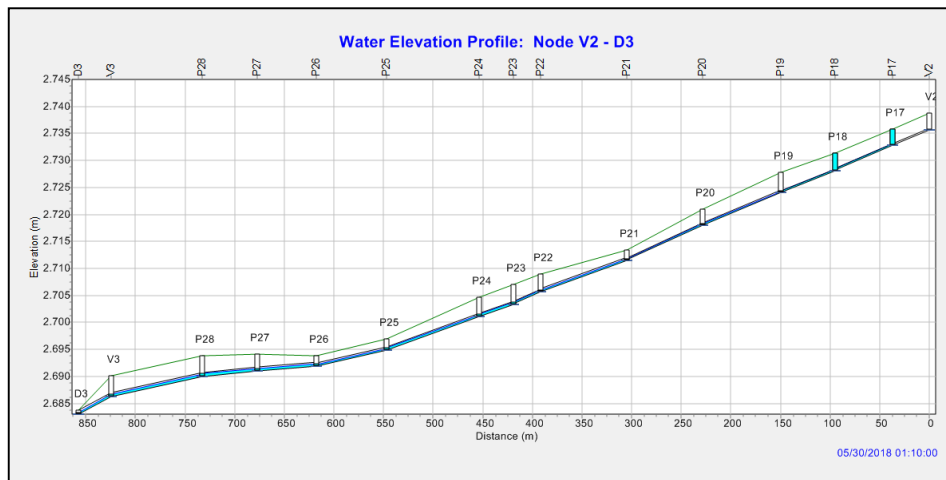
Fuente: SWMM

Anexo 81. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 20 años la descarga dos



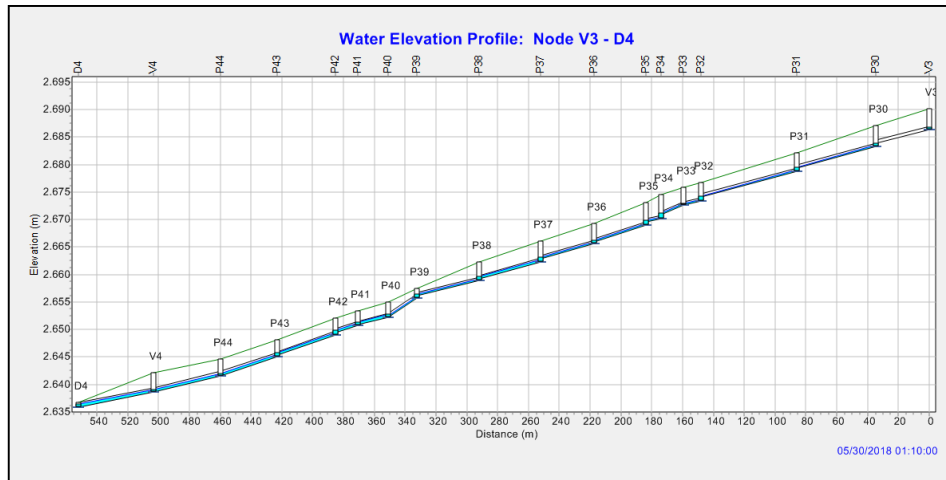
Fuente: SWMM

Anexo 82. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 20 años la descarga tres



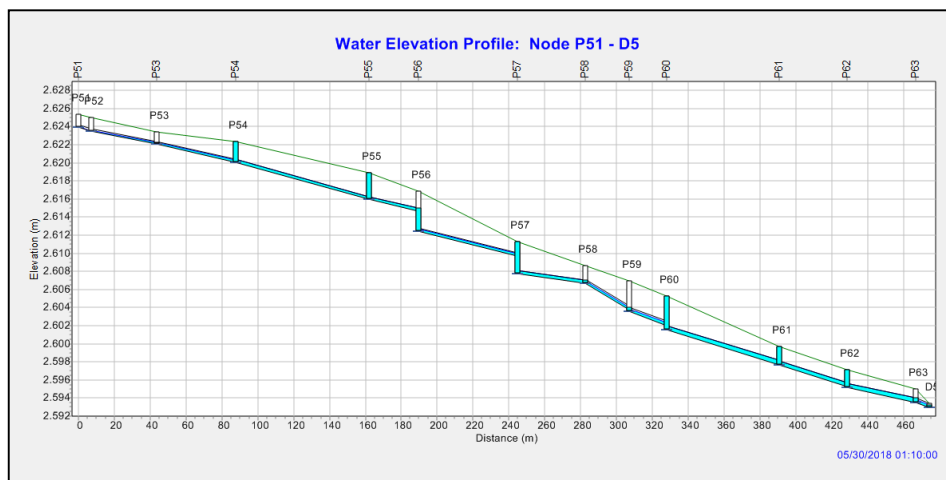
Fuente: SWMM

Anexo 83. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 20 años la descarga cuatro



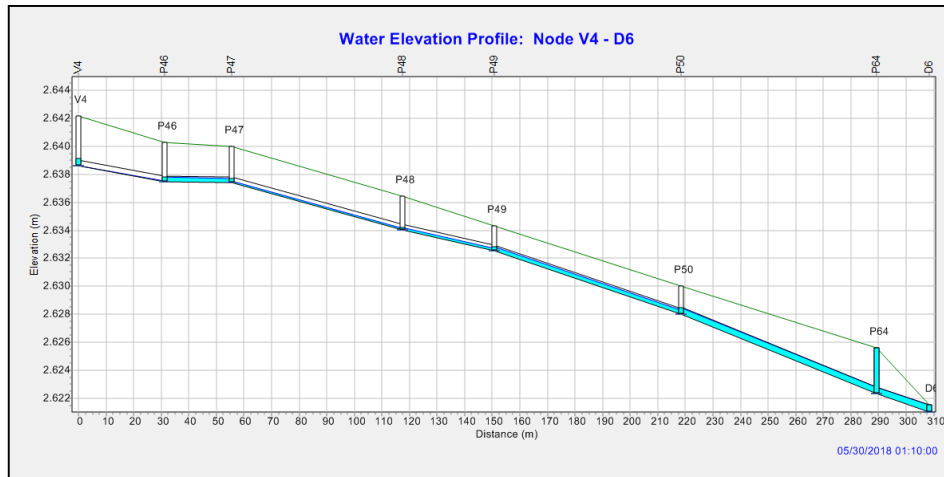
Fuente: SWMM

Anexo 84. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 20 años la descarga cinco



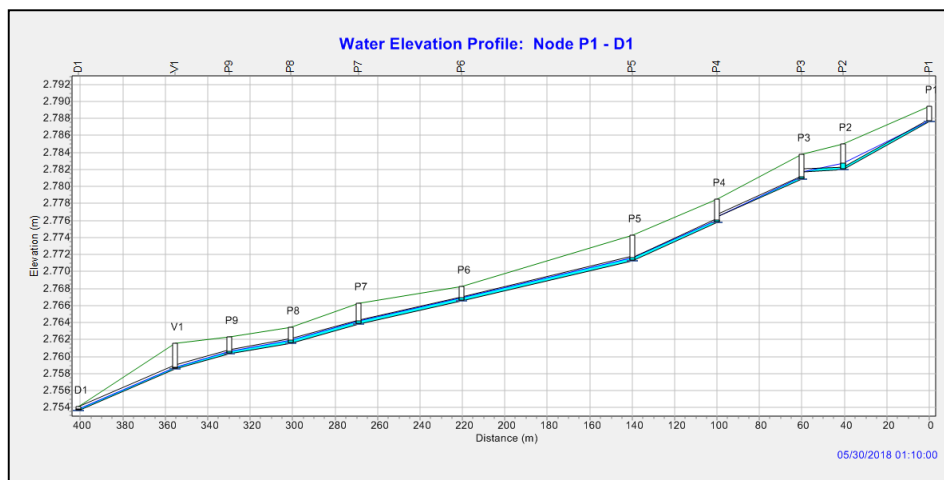
Fuente: SWMM

Anexo 85. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 20 años la descarga seis



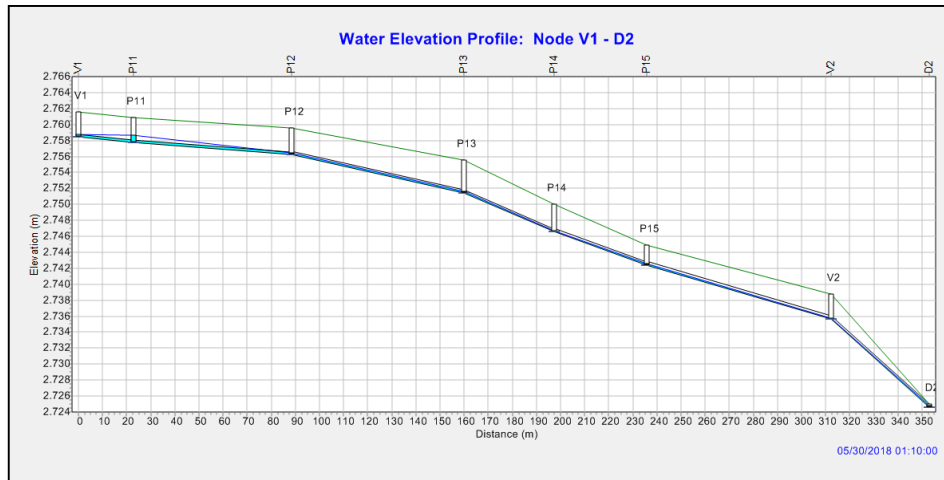
Fuente: SWMM

Anexo 86. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de retorno de 20 años la descarga uno



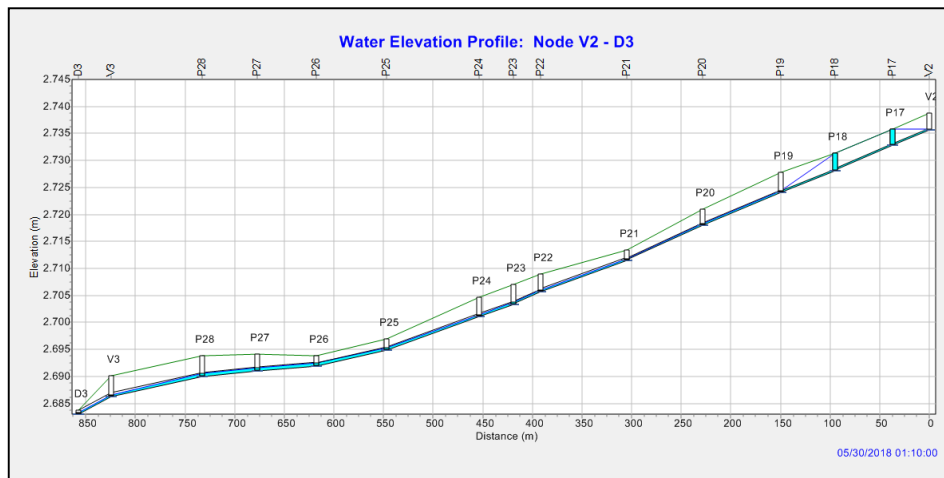
Fuente: SWMM

Anexo 87. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica Estático para un periodo de retorno de 20 años la descarga dos

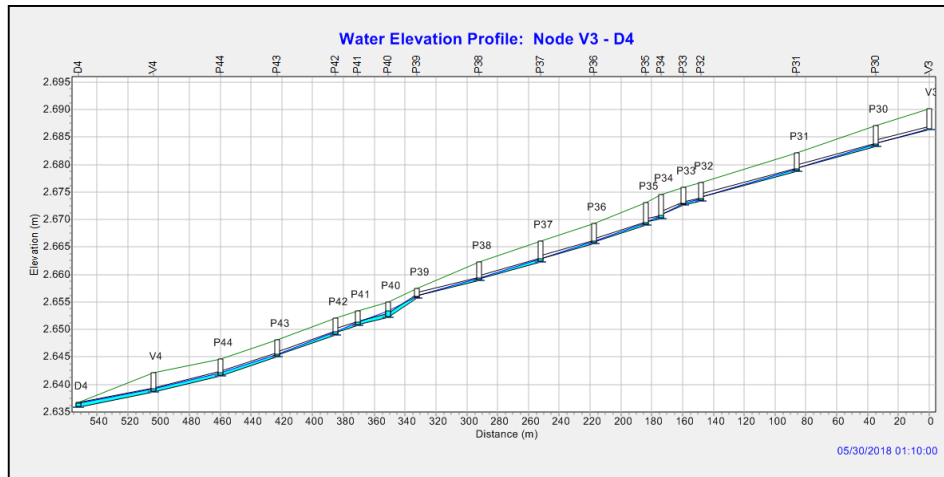


Fuente: SWMM

Anexo 88. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de retorno de 20 años la descarga tres

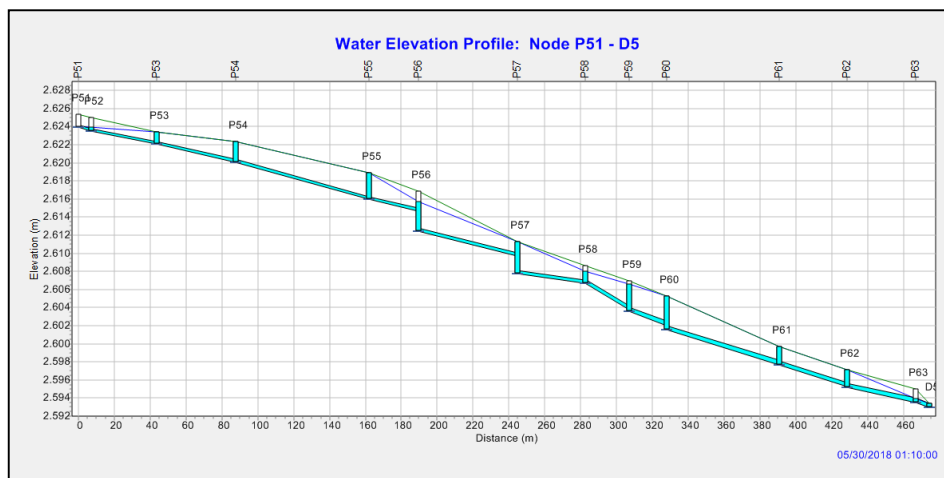


Anexo 89. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de retorno de 20 años la descarga cuatro



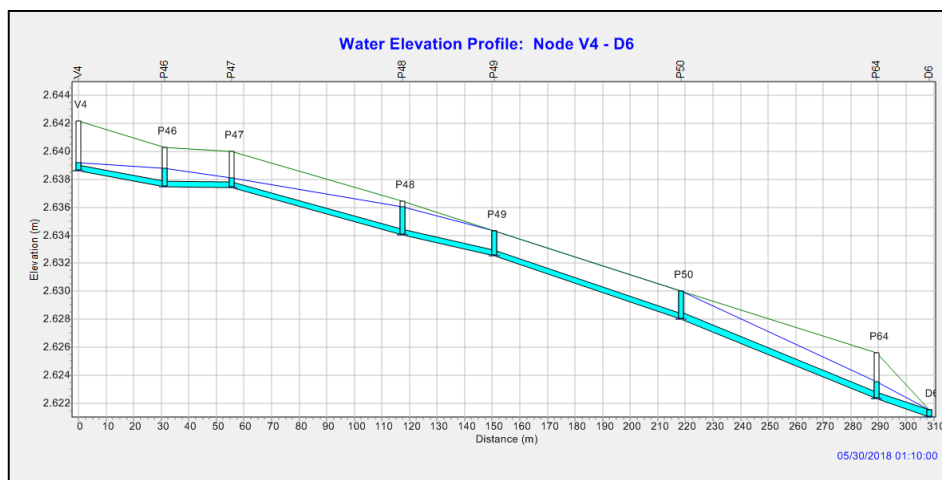
Fuente: SWMM

Anexo 90. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de retorno de 20 años la descarga cinco



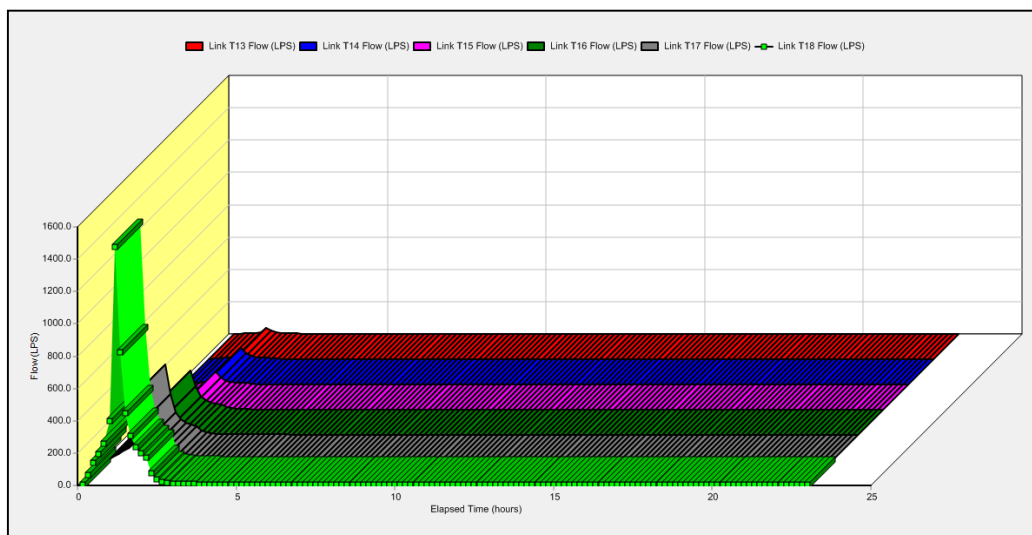
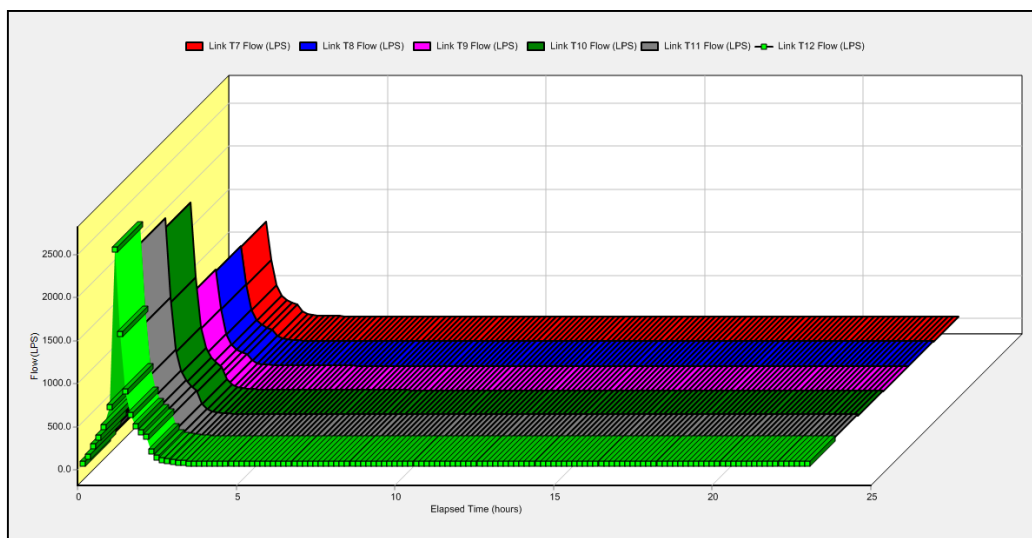
Fuente: SWMM

Anexo 91. Perfiles del colector de la Av. de lo Cerezos por el método de Onda Dinámica para un periodo de retorno de 20 años la descarga seis



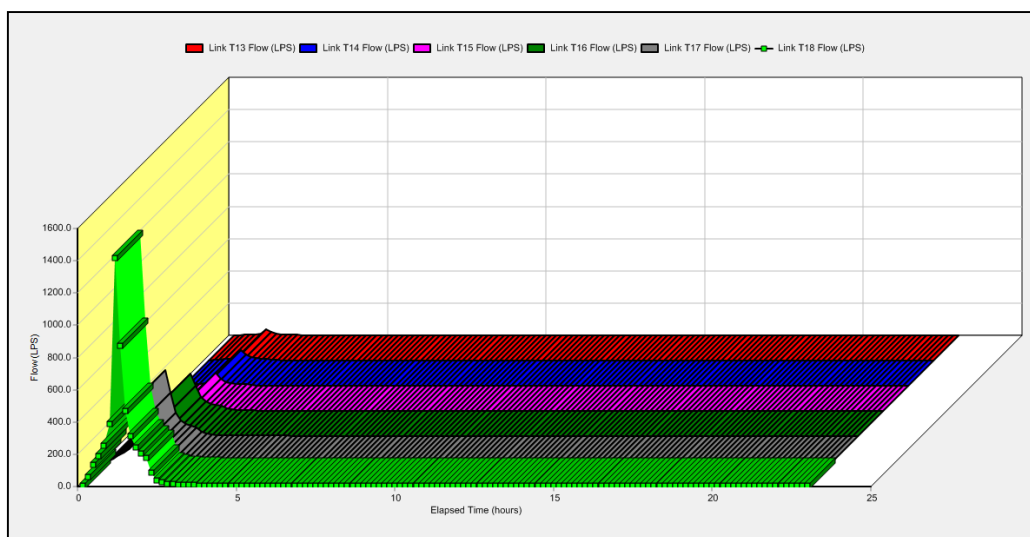
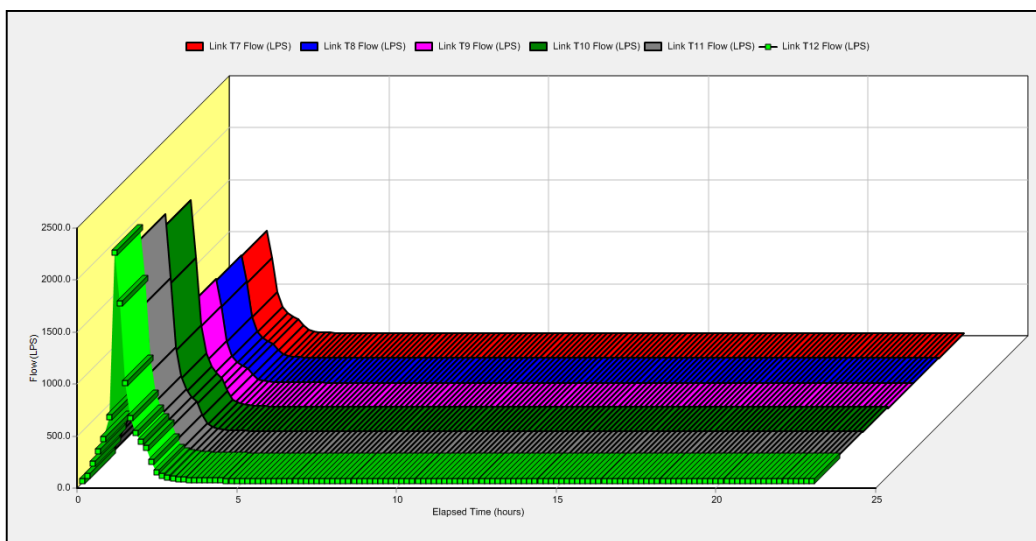
Fuente: SWMM

Anexo 92. Gráficos Caudal-Tiempo de los tramos más relevantes de la calle Mariscal Sucre por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 2 años



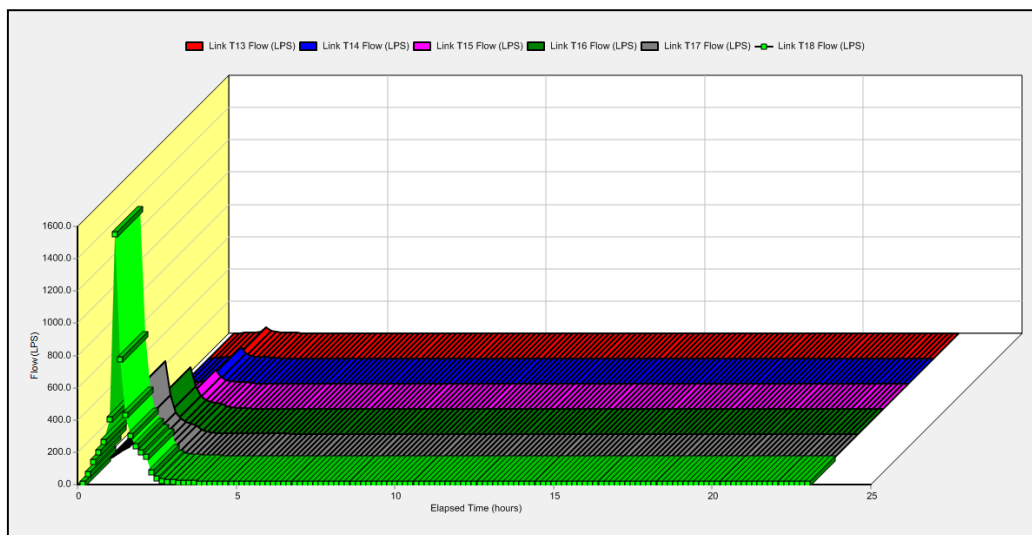
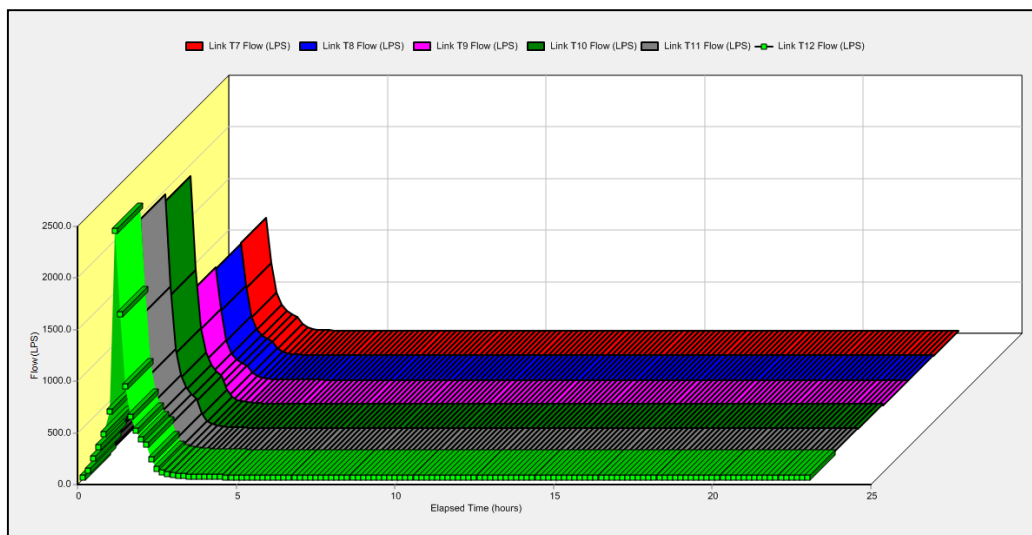
Fuente: SWMM

Anexo 93. Gráficos Caudal-Tiempo de los tramos más relevantes de la calle Mariscal Sucre por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 2 años



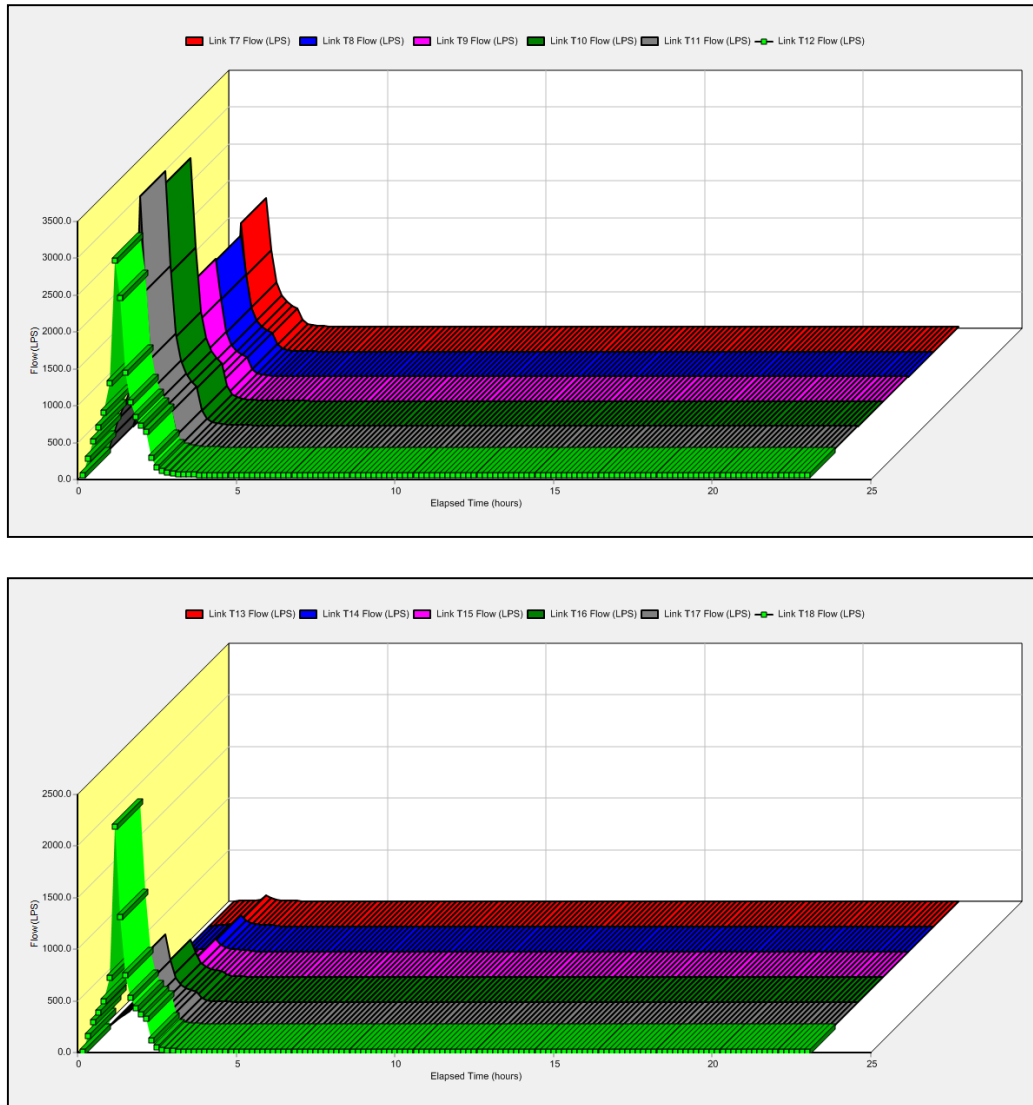
Fuente: SWMM

Anexo 94. Gráficos Caudal-Tiempo de los tramos más relevantes de la calle Mariscal Sucre por el método de Flujo Dinámico para un periodo de retorno de 2 años



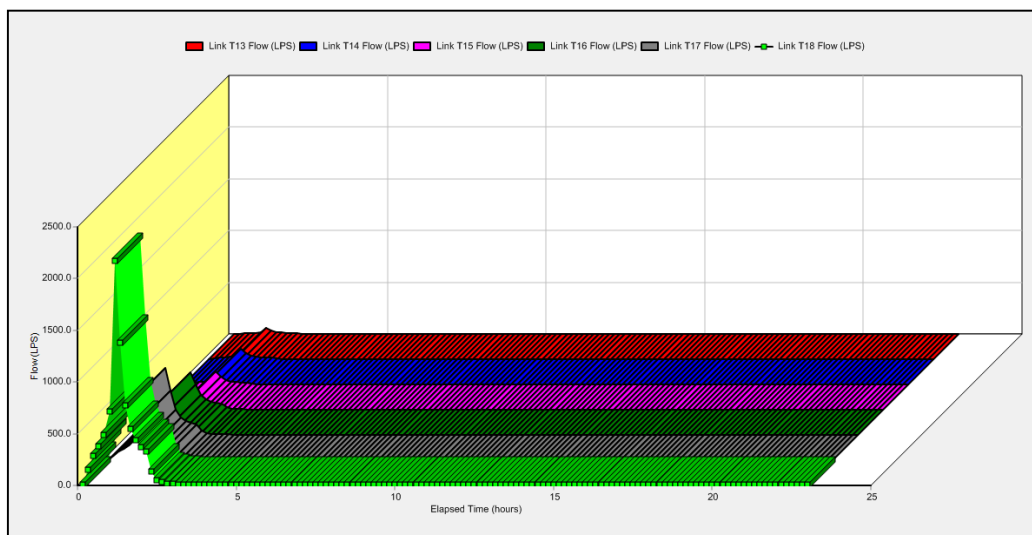
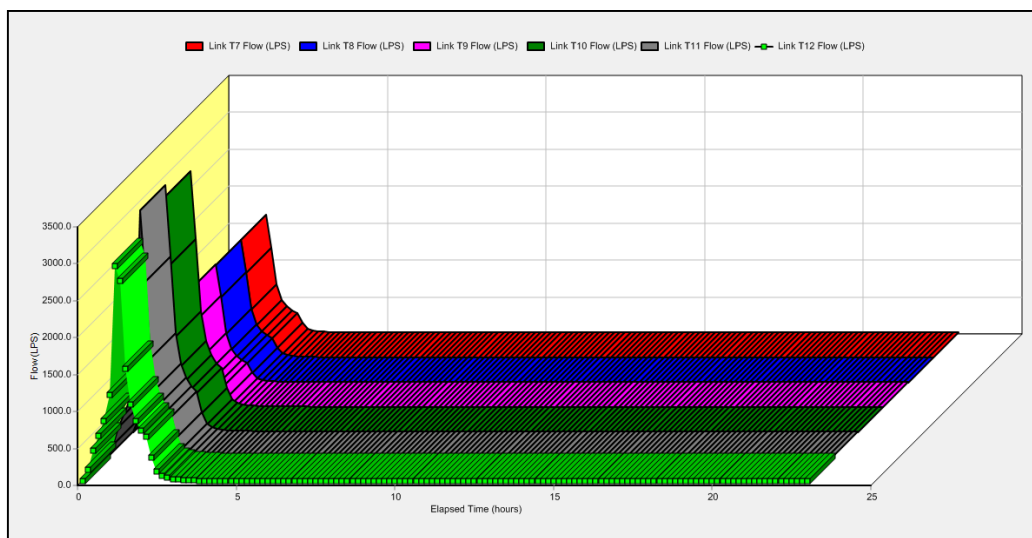
Fuente: SWMM

Anexo 95. Gráficos Caudal-Tiempo de los tramos más relevantes de la calle Mariscal Sucre por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 10 años



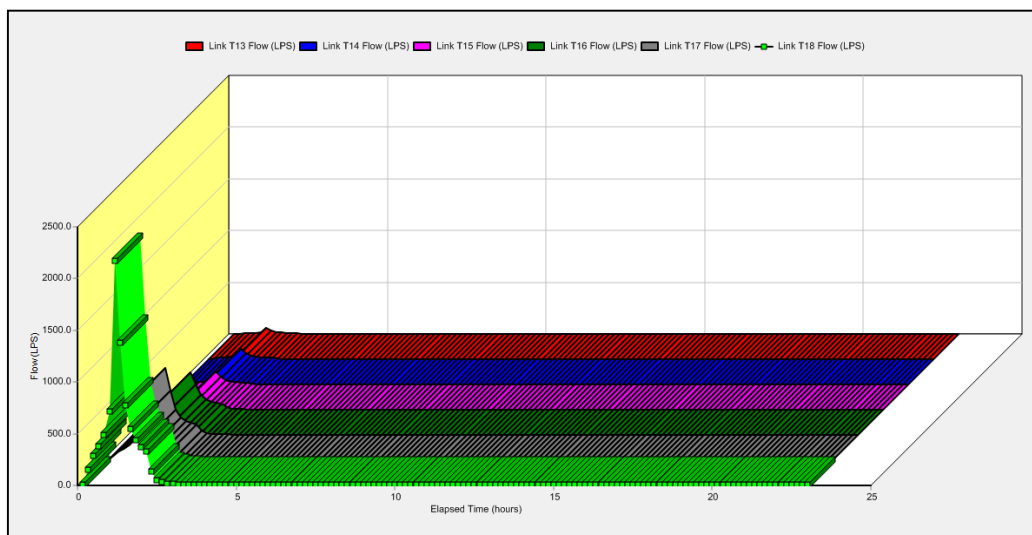
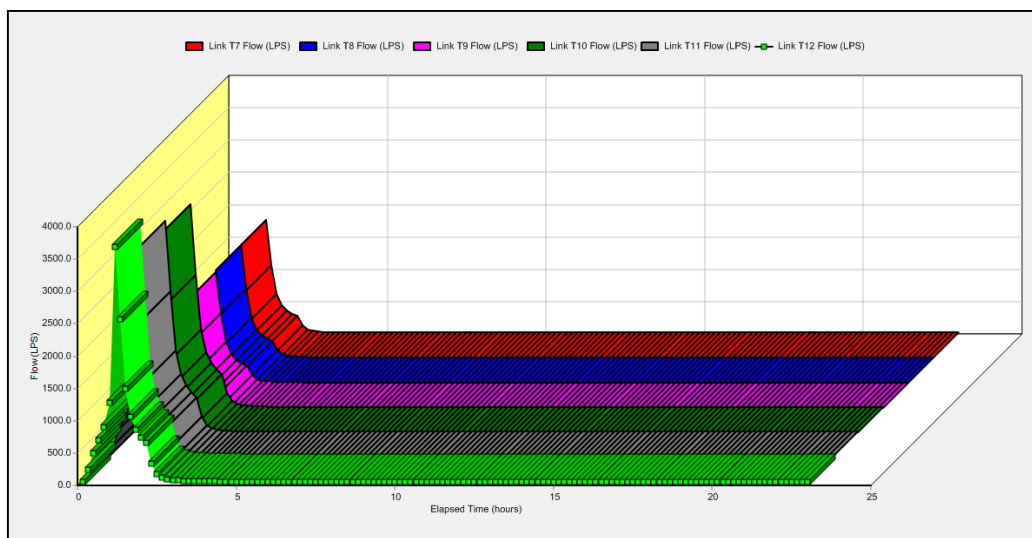
Fuente: SWMM

Anexo 96. Gráficos Caudal-Tiempo de los tramos más relevantes de la calle Mariscal Sucre por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 10 años



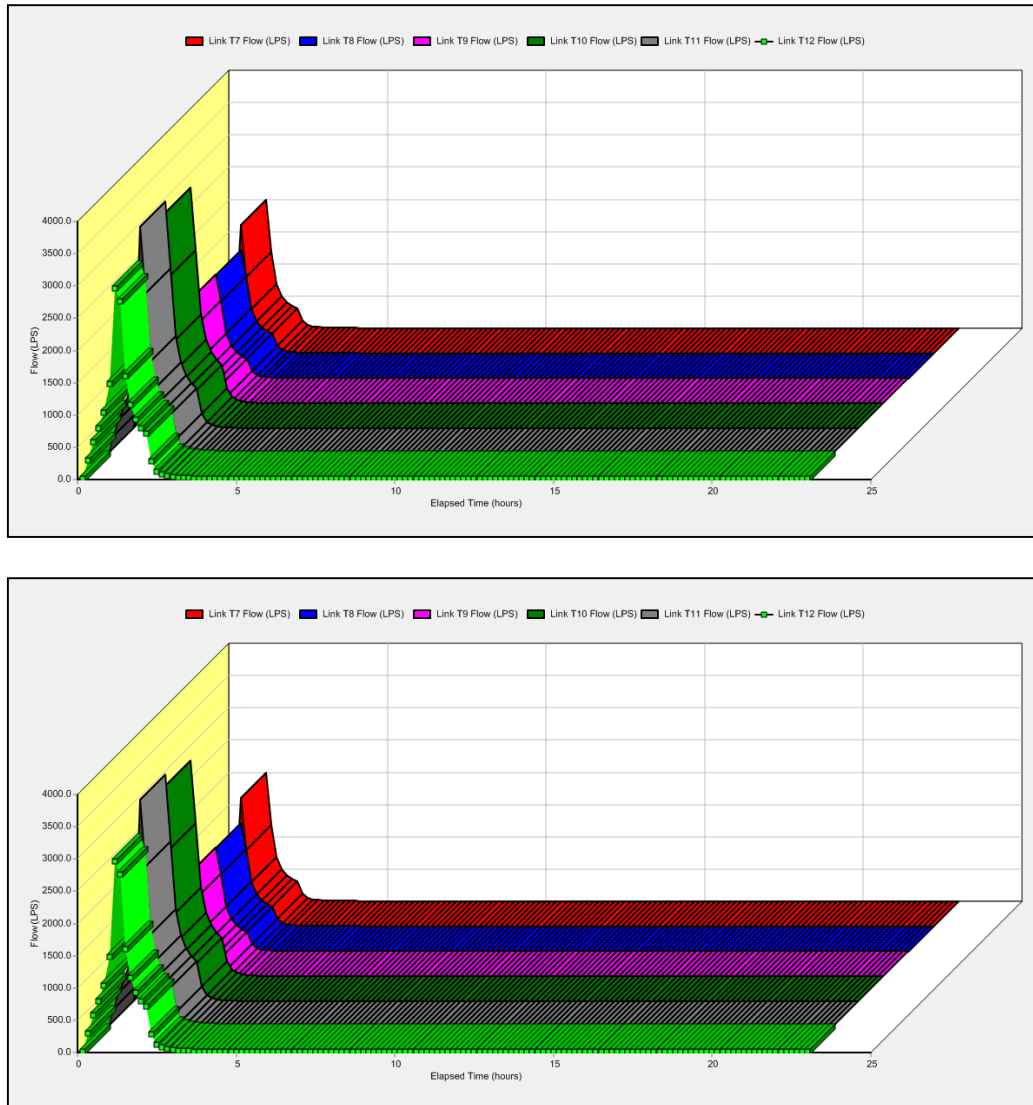
Fuente: SWMM

Anexo 97. Gráficos Caudal-Tiempo de los tramos más relevantes de la calle Mariscal Sucre por el método de Flujo Dinámico para un periodo de retorno de 10 años



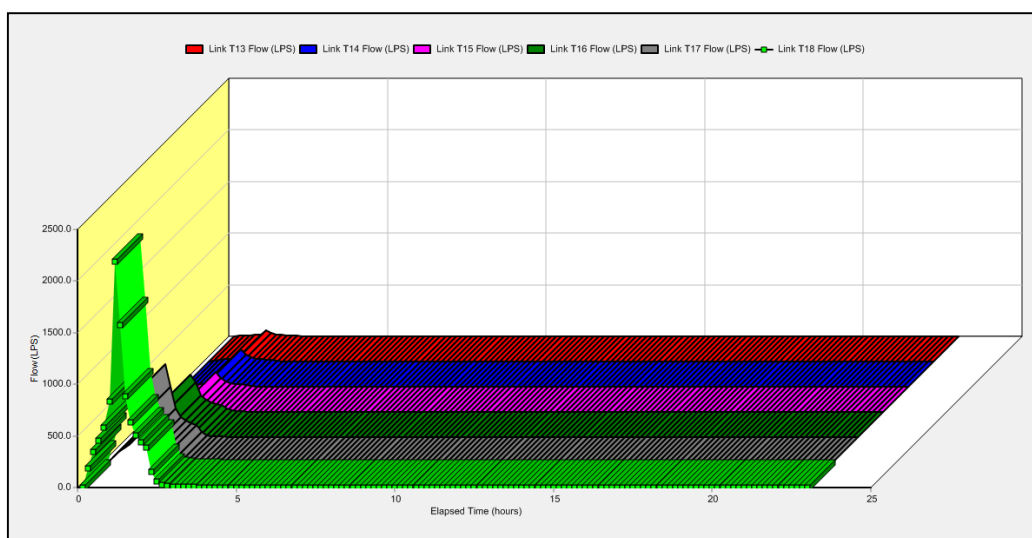
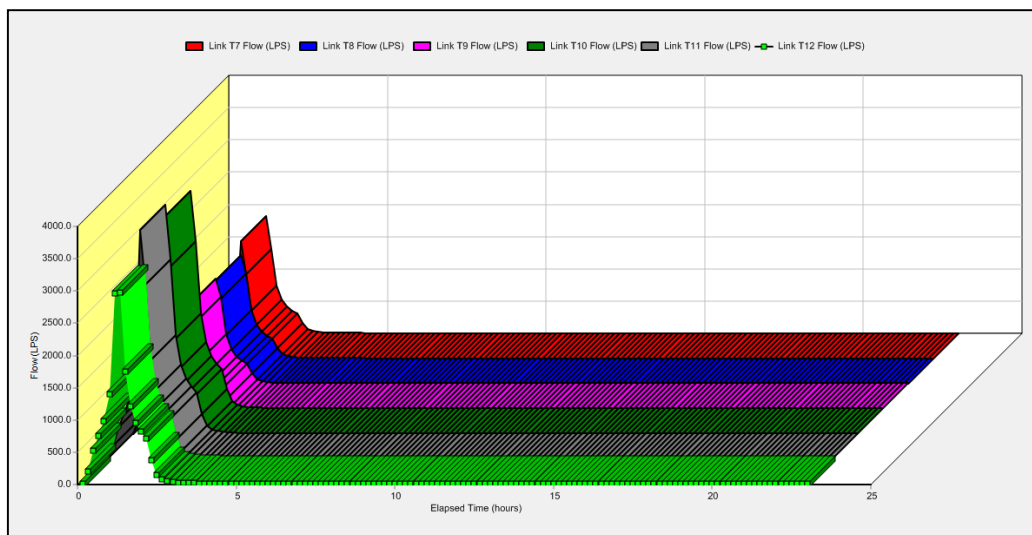
Fuente: SWMM

Anexo 98. Gráficos Caudal-Tiempo de los tramos más relevantes de la calle Mariscal Sucre por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 20 años



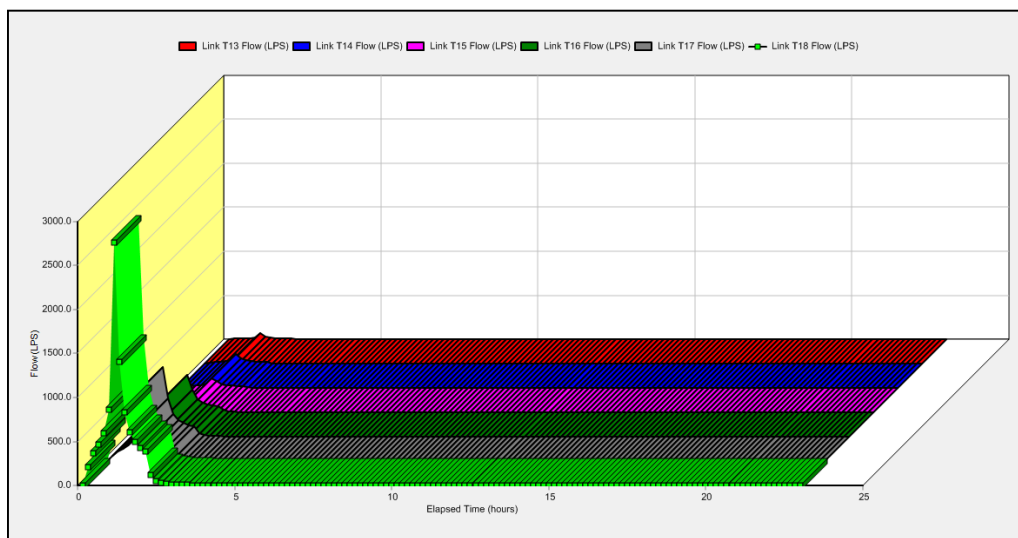
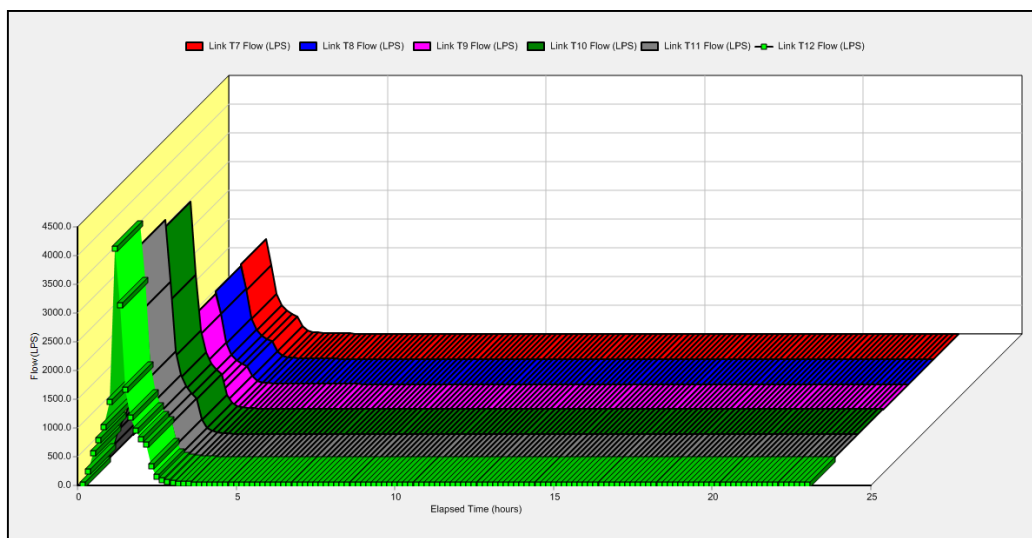
Fuente: SWMM

Anexo 99. Gráficos Caudal-Tiempo de los tramos más relevantes de la calle Mariscal Sucre por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 20 años



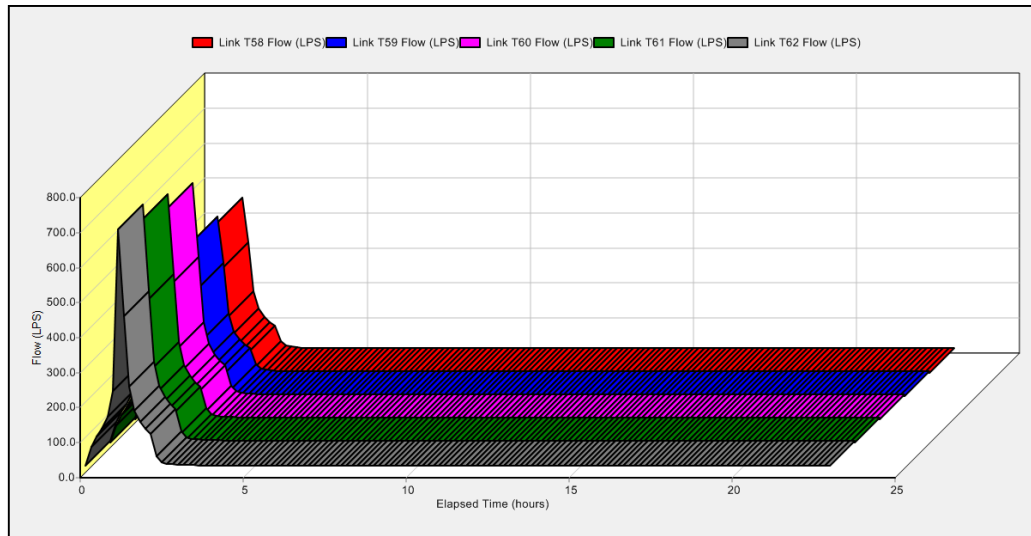
Fuente: SWMM

Anexo 100. Gráficos Caudal-Tiempo de los tramos más relevantes de la calle Mariscal Sucre por el método de Flujo Dinámico para un periodo de retorno de 20 años



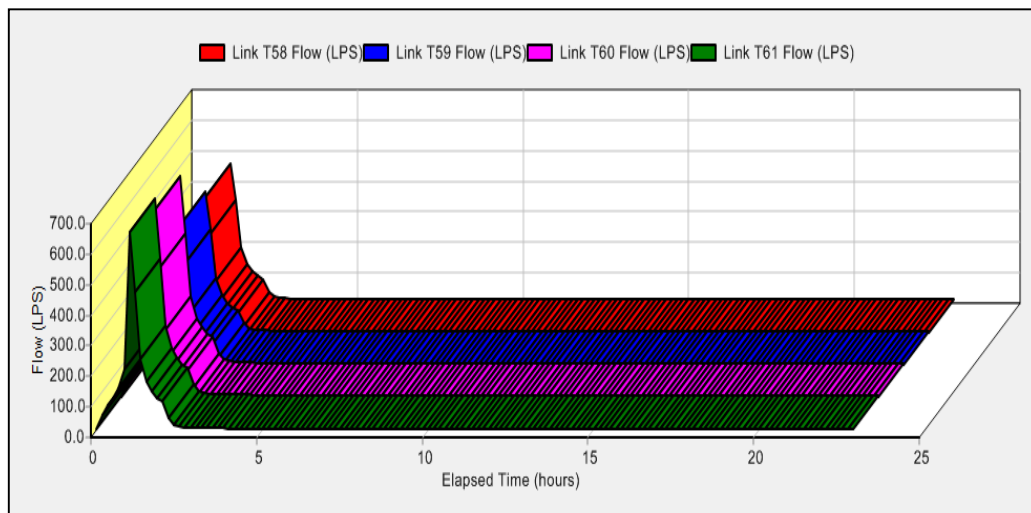
Fuente: SWMM

Anexo 101. Gráfico Caudal-Tiempo del tramo relevante de la Av. de los Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 2 años



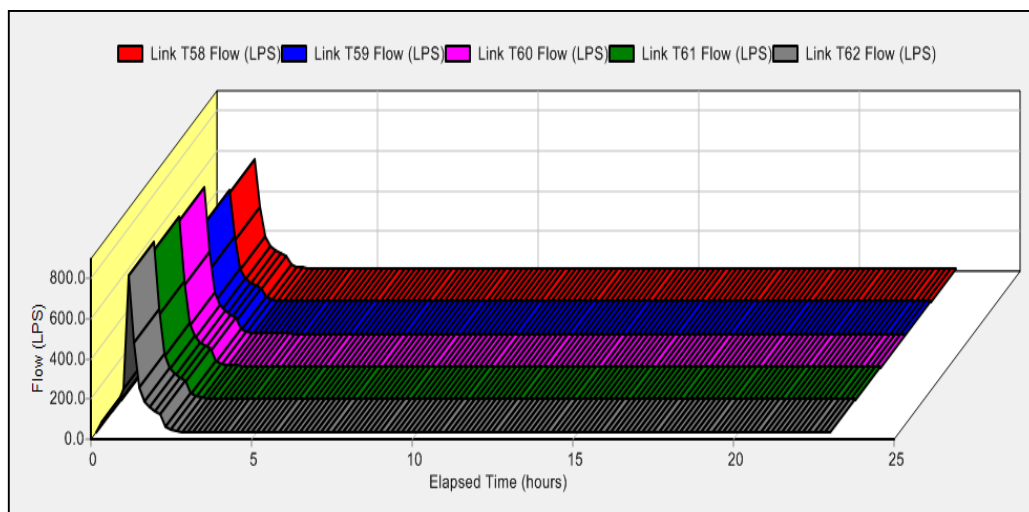
Fuente: SWMM

Anexo 102. Gráfico Caudal-Tiempo del tramo relevante de la Av. de los Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 2 años



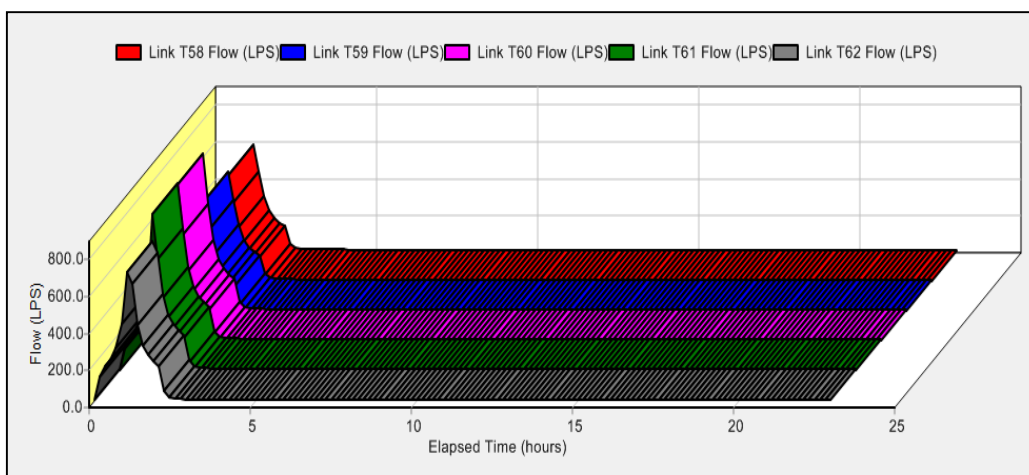
Fuente: SWMM

Anexo 103. Gráfico Caudal-Tiempo del tramo mas relevante de la Av. de los Cerezos por el método de Flujo Dinámico para un periodo de retorno de 2 años



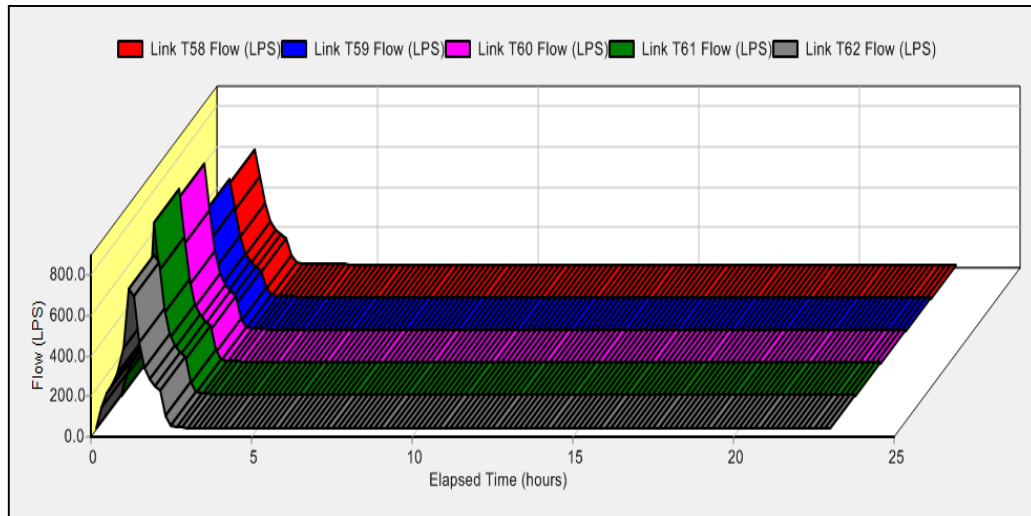
Fuente: SWMM

Anexo 104. Gráfico Caudal-Tiempo del tramo mas relevante de la Av. de los Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 10 años



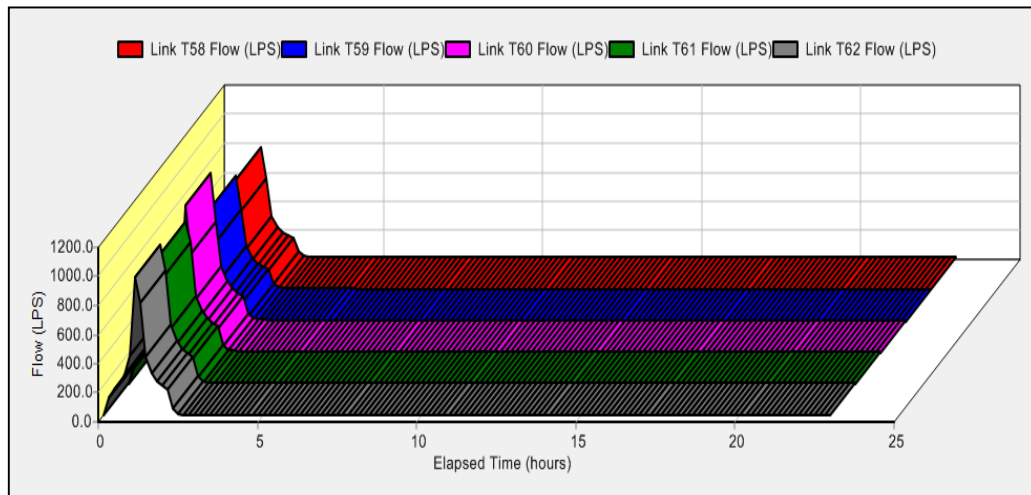
Fuente: SWMM

Anexo 105. Gráfico Caudal-Tiempo del tramo relevante de la Av. de los Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 10 años



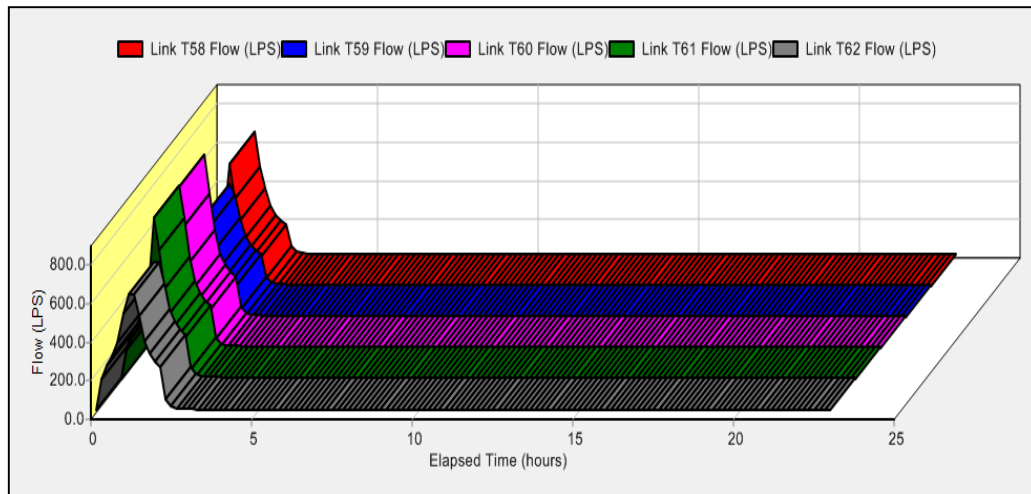
Fuente: SWMM

Anexo 106. Gráfico Caudal-Tiempo del tramo mas relevante de la Av. de los Cerezos por el método de Flujo Dinámico para un periodo de retorno de 10 años



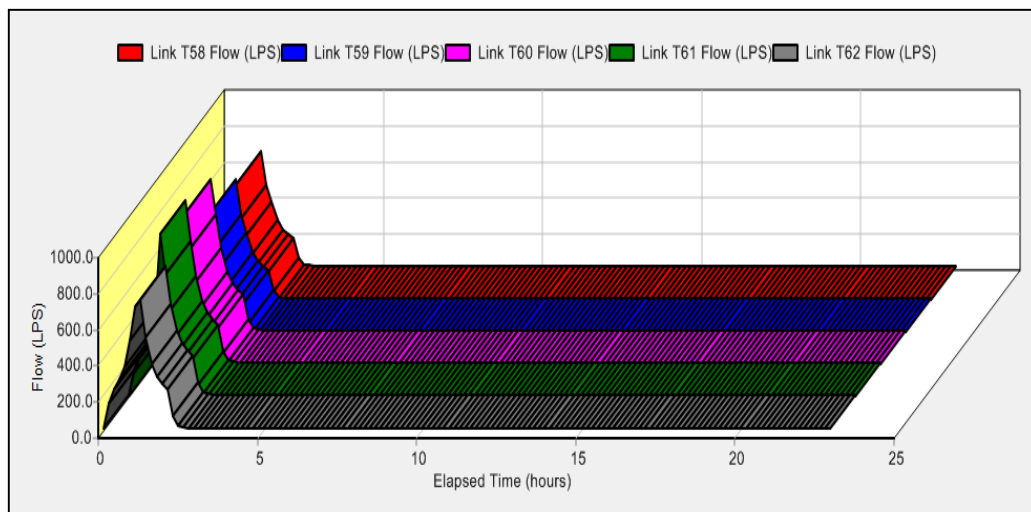
Fuente: SWMM

Anexo 107. Gráfico Caudal-Tiempo del tramo mas relevante de la Av. de los Cerezos por el método de Flujo Estático para un periodo de retorno de 20 años



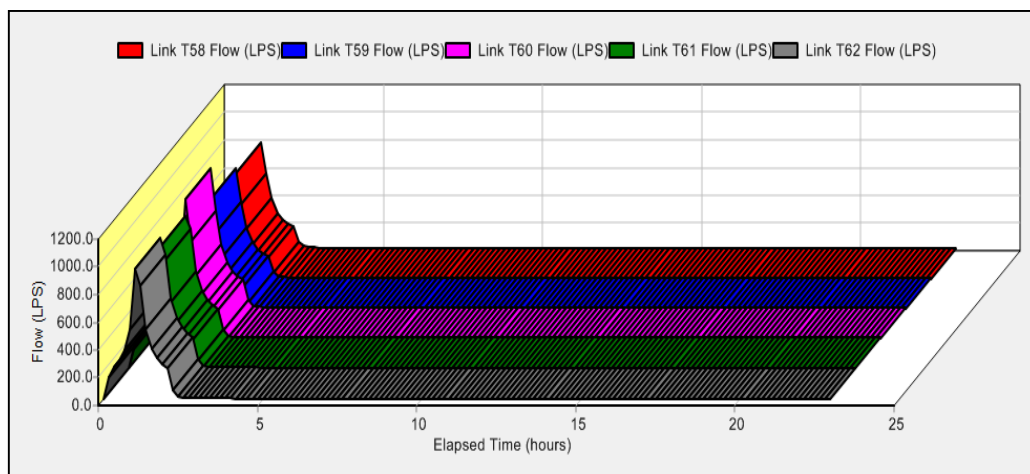
Fuente: SWMM

Anexo 108. Gráfico Caudal-Tiempo del tramo mas relevante de la Av. de los Cerezos por el método de Onda Cinemática para un periodo de retorno de 20 años



Fuente: SWMM

Anexo 109. Gráfico Caudal-Tiempo del tramo mas relevante de la Av. de los Cerezos por el método de Flujo Dinámico para un periodo de retorno de 20 años



Fuente: SWMM