

# Trabajo Fin de Máster

## *ESTUDIO DE LA PROBLEMÁTICA DE LOS ARROYOS URBANOS DE LA CUENCA EL REBOLO (BARRANQUILLA, COLOMBIA) Y PROPUESTA DE SOLUCIONES.*

**Intensificación:** HIDRÁULICA URBANA

**Autor:**

*HANS DIETER VAN STRAHLEN BARTEL*

**Tutor:**

*DR. IGNACIO ANDRÉS DOMÉNECH*

**SEPTIEMBRE, 2017**



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

máster en ingeniería  
hidráulica y medio ambiente  
**mihma**

## Resumen del Trabajo de Fin de Máster

### Datos del proyecto

**Título del TFM en español:** Estudio de la problemática de los arroyos urbanos de la cuenca El Rebolo (Barranquilla, Colombia) y propuesta de soluciones.

**Título del TFM en inglés:** Study of the Problem of Urban Streams in the Rebolo catchment (Barranquilla, Colombia) and Proposed Solutions.

**Título del TFM en Valenciano:** Estudi de la problemàtica de les rieres urbanes de la conca "El Rebolo" (BARRANQUILLA, COLOMBIA) i proposta de solucions.

**Alumno:** HANS DIETER VAN STRAHLEN BARTEL.

**Tutor:** DR. IGNACIO ANDRÉS DOMÉNECH

**Fecha de Lectura:** SEPTIEMBRE, 2017

### Resumen

#### En español (máximo 5000 caracteres)

El presente Trabajo de Fin de Máster tiene como objetivo principal realizar un diagnóstico detallado de la problemática existente en la ciudad de Barranquilla-Colombia, con los llamados arroyos urbanos, enfocándose principalmente a la cuenca de Rebolo. Barranquilla, nombrada de forma oficial como Distrito Especial, Industrial y Portuario, es la capital del departamento del Atlántico y está localizada en el sector nororiental del departamento, colindando con la margen occidental del río Magdalena, aproximadamente 7,5 km de la desembocadura en el mar Caribe. En la ciudad a, lo largo de los últimos años se ha presentado un crecimiento poblacional y estructural acelerado, generando este último el aumento de las zonas impermeables, generando mayor flujo de escorrentía de la mano con la falta de un sistema de alcantarillado pluvial se ha dado fruto al fenómeno antes mencionado. Por lo tanto se pretende realizar un análisis y diagnóstico de las estructuras existentes en la cuenca analizada para conocer la viabilidad de su incorporación como parte de la solución, para posteriormente presentar soluciones que integren los sistemas de alcantarillado tradicional con las técnicas de drenaje urbano sostenible, consiguiendo así un diseño óptimo y respetuoso con el medio ambiente. Los primeros capítulos del presente trabajo nos dan a conocer la problemática existente en la ciudad de Barranquilla y resalta desde un enfoque general las características principales de la zona de estudio, tales como: climatología, aspectos socio-económicos y demográficos y además los antecedentes de la problemática actual. Adicionalmente se muestra la recopilación de datos de partida y los criterios hidráulicos propuestos por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS

2000), normativa vigente para el diseño, desarrollo y mantenimiento de las obras civiles referentes al sector de agua potable y saneamiento básico. Por último se mostrarán las soluciones proyectadas para el presente problema con sus respectivas características.

#### **En valenciano (máximo 5000 caracteres)**

El present Treball de Fi de Màster té com objectiu principal realitzar un diagnòstic detallat de la problemàtica existent en la ciutat de Barranquilla-Colòmbia, en les nomenades rieres urbanes, enfocant-se principalment a la conca de Rebolo. Barranquilla, nomenada de forma oficial com Distrit Especial, Industrial i Portuari, és la capital del departament de l'Atlàntic i està localitzada en el sector nord-oriental del departament, confrontant en el marge occidental del riu Magdalena, aproximadament 7,5 Km de la gola en el mar Carib. En la ciutat, en els últims anys s'ha presentat un creixement Poblacional i estructural accelerat, generant aquest últim l'augment de les zones impermeables, generant major flux d'escorrentia a mes de la falta d'un sistema de clavegveram pluvial, donant-se pan al fenomen abans mencionat. Per tant es pretén realitzar un anàlisi i diagnòstic de les estructures existents en la conca analitzada per a coneixer la viabilitat de la seua incorporació com part de la solució, per a posteriorment presentar solucions que integren els sistemes de clavegveram tradicionals en les tècniques de drenatge urbà sostenible, a conseguint així un disseny òptim i respectous amb el medi ambient. Els primers capítols del present treball ens donen a coneixer la problemàtica existent en la ciutat de Barranquilla i ressalt-en des d'un enfocament general les característiques principals de la zona d'estudi, tals com: climatologia, aspectes soci-econòmics i demogràfics i a més els antecedents de la problemàtica actual. Al·licionalment es mostra la recol·lecció de dades de partida i els criteris hidràulics proposts pel Reglament Tècnic del Sector d'Aigua Potable i Sanejament Bàsic (RAS 2000), normativa vigent per al disseny, desenvolupament i manteniment de les obres civils referents al sector d'aigua potable i sanejament bàsic. Per últim es mostraran les solucions projectades per al present problema en les seues respectives característiques.

#### **En inglés (máximo 5000 caracteres)**

The main purpose of this Master's Dissertation is to carry out a detailed diagnosis of the existing problems in the city of Barranquilla-Colombia, with the well-known urban streams, mainly focusing on the Rebolo basin. Barranquilla, named officially as Industrial and Port Special District, is the capital of the department of the Atlantic and is located in the northeastern sector of the department, bordering the western margin of the Magdalena River, approximately 7.5 km from the mouth of the Caribbean Sea. During the last years, the city has presented an accelerated population and structural growth, this generating an increase of the impermeable zones, and consequently an increase of runoffs, in addition will the lack of a sewage system. Therefore, it is intended to perform an analysis and diagnosis of the existing structures in the Rebolo basin in order to determine the feasibility of incorporating them as part of the solution, and to later present solutions that integrate traditional sewer systems

with sustainable urban drainage techniques, thus achieving an optimum design under a technical and environmental point of view. The first chapters of the present paper give us an idea of the existing problems in the city of Barranquilla and highlight the main characteristics of the study area, such as: climatology, socioeconomic and demographic aspects, as well as the background of the studied problem. In addition, the collection of baseline data and the hydraulic criteria proposed by the Technical Regulation of the Drinking Water and Basic Sanitation Sector (RAS 2000), current legislation the design, development and maintenance of civil works relating to the drinking water sector and basic sanitation, are detailed. Finally the solutions proposed for the present problems will be shown, complemented by their respective characteristics.

**Palabras clave español (máximo 5):** Arroyos Urbanos, Cuenca, Drenaje Urbano Sostenible, Colector Principal, Alcantarillado Pluvial.

**Palabras clave valenciano (máximo 5):** rieres Urbanes, Conca, Drenatge Urbà Sostenible, Col•lector Principal, Clavegveram Pluvial.

**Palabras clave inglés (máximo 5):** rban Streams, Watershed, Sustainable Urban Drainage, Main Collector, Storm Sewer.

## TABLA DE CONTENIDO

1. Generalidades.....	9
1.1. Introducción.....	9
1.2. Problemática.....	9
1.3. Antecedentes.....	10
1.4. Objetivos del Trabajo de Fin de Máster.....	12
1.5. Referencias.....	12
2. Descripción del Área Urbana de la Ciudad de Barranquilla.....	13
2.1. Introducción.....	13
2.2. Características Generales.....	13
2.2.1 Ubicación Geográfica.....	13
2.2.2 Climatología.....	14
2.2.3 Situación Demográfica.....	19
2.2.4 Situación Económica.....	20
2.2.5 Situación Social.....	21
2.2.6 Situación Ambiental.....	22
2.3. Referencias.....	24
3. Datos de Partida.....	26
3.1. Introducción.....	26
3.2. Datos Topográficos.....	26
3.3. Estructuras existentes.....	27
3.3.1. Canal natural entre Calle 45 y Carrera 11 <sup>a</sup> .....	28
3.3.1.1. Aspectos generales.....	28
3.3.1.2. Estado.....	32
3.3.1.3. Funcionalidad.....	32
3.3.1.4. Capacidad hidráulica en lámina libre y régimen uniforme.....	32
3.3.2. Canal artificial entre carrera 11 <sup>a</sup> y calle 40.....	33
3.3.2.1. Aspectos generales:.....	33
3.3.2.2. Estado.....	35
3.3.2.3. Funcionalidad.....	35
3.3.2.4. Capacidad hidráulica en lámina libre y régimen uniforme.....	36
3.3.2.5. Canal de desagüe final artificial en concreto calle 30.....	36



3.3.2.6.	Aspectos generales .....	36
3.3.2.7.	Estado .....	39
3.3.2.8.	Funcionalidad .....	39
3.3.2.9.	Capacidad hidráulica en lámina libre y régimen uniforme .....	39
3.4.	Datos Poblacionales .....	40
3.4.1.	Método Aritmético .....	40
3.4.2.	Cálculo de población para área de estudio .....	41
3.4.3.	Calculo del nivel de complejidad .....	42
3.4.4.	Calculo del horizonte temporal de diseño .....	42
3.4.5.	Calculo final de población proyectada .....	43
3.5.	Datos Pluviométricos .....	43
3.5.1.	Periodo de Retorno.....	45
3.6.	Criterios de Diseño.....	46
3.6.1.	Intensidad de precipitación.....	46
3.6.2.	Coeficiente de escorrentía .....	47
3.6.3.	Tiempo de concentración.....	48
3.6.4.	Diámetro mínimo .....	50
3.6.5.	Velocidad mínima.....	50
3.6.6.	Velocidad máxima .....	51
3.7.	Referencias.....	51
4.	Alternativas, prediseño y modelo de drenaje. ....	53
4.1.	Introducción. ....	53
4.2.	Trazados preliminares para diseño de la red. ....	53
4.2.1.	Red 1.....	53
4.2.2.	Red 2.....	54
4.3.	Calculo previo mediante método racional. ....	54
4.3.1.	Coeficiente de escorrentía. ....	55
4.3.2.	Intensidad de la lluvia.....	56
4.3.3.	Área Tributaria.....	56
4.3.4.	Resultados método racional Red 1. ....	59
4.3.5.	Resultados método racional Red 2. ....	59
4.4.	Modelo matemático de drenaje para la cuenca.....	60
4.4.1.	Características del Modelo Hidrológico EPA SWMM.....	60
4.4.2.	Aplicaciones de SWMM. ....	61



4.5.	Módulos del modelo.....	62
4.5.1.	Módulo RUNOFF.....	62
4.5.2.	Módulo EXTRAN.....	64
4.6.	Generación de los elementos hidráulicos en el modelo.....	66
4.6.1.	Elementos del modelo hidráulico en SWMM.....	66
4.7.	Referencias.....	74
5.	Diagnóstico de la proyección del Alcantarillado Pluvial.....	75
5.1.	Introducción.....	75
5.2.	Características Específicas del Modelo de Simulación.....	75
5.3.	Resultados del modelo de red actual para una tormenta de 4 horas.....	76
5.3.1.	Optimización de la red actual para una tormenta de 4 horas.....	77
5.3.1.1.	Descripción de alternativa 1.....	77
5.3.1.2.	Descripción de alternativa 2.....	78
5.3.1.2.1.	Tanques de tormenta.....	78
5.3.2.	Optimización mediante alternativa 1.....	80
5.3.3.	Optimización mediante alternativa 2.....	84
5.3.3.1.	Pre dimensionamiento y determinación del volumen de los tanques de tormenta. 86	
5.3.3.2.	Diseño de evacuación de agua almacenada.....	90
5.3.3.3.	Resultados de la implementación de los tanques de tormenta.....	91
5.4.	Conclusiones.....	93
5.5.	Referencias.....	94
6.	Valoración Económica de Red de Alcantarillado Pluvial de la Cuenca El Rebolo. 95	
6.1.	Introducción.....	95
6.2.	Descripción actividades a ejecutar.....	95
6.3.	Valoración económica Alternativa 1.....	97
6.4.	Valoración económica Alternativa 2.....	98
6.5.	Conclusiones.....	100
6.6.	Referencias.....	101
7.	ANEXOS.....	102
7.1.	ANEXO 1. RESULTADOS PRE DIMENSIONAMIENTO DE LA RED 1, MÉTODO RACIONAL.....	102
7.2.	ANEXO 2. RESULTADOS PRE DIMENSIONAMIENTO DE LA RED 2, MÉTODO RACIONAL.....	107
7.3.	ANEXO 3. VELOCIDADES PARA CADA TRAMO RED 2.....	112

7.4. ANEXO 4. RESULTADOS DE ERROR DE CONTINUIDAD DEL CÁLCULO HIDRÁULICO PARA LA ALTERNATIVA 1 (3 SEGUNDOS).....	117
7.5. ANEXO 5. RESULTADOS DE ERROR DE CONTINUIDAD DEL CÁLCULO HIDRÁULICO PARA LA ALTERNATIVA 2 (3 SEGUNDOS).....	118
7.6. ANEXO 6. LISTADO COMPONENTES DEL MODELO MATEMÁTICO SWMM 5.1 PARA LA ALTERNATIVA 1. ....	119
7.7. ANEXO 7. LISTADO COMPONENTES DEL MODELO MATEMÁTICO SWMM 5.1 PARA LA ALTERNATIVA 2. ....	136
7.8. ANEXO 8. NORMATIVA COLOMBIANA (REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO).....	153

### INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Señalización de los Arroyos más peligrosos en Barranquilla, Colombia. (GoogleMaps, 2016).....	10
Figura 2. Posicionamiento de Barranquilla con coordenadas elipsoidales. (Fuente: IGAC).....	13
Figura 3. Límites políticos de la Ciudad de Barranquilla, Colombia. (Elaboración propia).....	14
Figura 4. Clasificación climatología del territorio colombiano. (Fuente: Atlas Climatológico de Colombia).....	15
Figura 5. Precipitación media mensual en Barranquilla, estación aeropuerto Ernesto Cortissoz. (Fuente: IDEAM).....	16
Figura 6. Mapa de Precipitación zona norte de Colombia. (Fuente: Atlas Climatológico de Colombia).....	16
Figura 7. Valores Medios Multianuales de Humedad Relativa en %. Entre 1981 y 2010. (Fuente: Atlas Climatológico de Colombia).....	17
Figura 8. Valores Medios Multianuales de Evaporación en mm. (Fuente: Atlas Climatológico de Colombia).....	18
Figura 9. Valores Medios Multianuales de Evaporación en mm. (Fuente: Atlas Climatológico de Colombia).....	18
Figura 10. Censo de Población en la ciudad de Barranquilla. (Fuente: DANE).....	19
Figura 11. Censo de Población en el Atlántico. (Fuente: DANE).....	20
Figura 12. Censo de Población sector occidental. (Fuente: DANE).....	20
Figura 13. Servicios con que cuenta la vivienda en Barranquilla. (Fuente:DANE).....	24
Figura 14. Curvas de nivel con intervalos de 5m en la cuenca de Rebolo. (Fuente: Elaboración propia).....	27
Figura 15. Ubicación geográfica de las estructuras existentes en la cuenca Rebolo. (Fuente: Elaboración propia).....	28
Figura 16. Desagüe calle 45. ....	29
Figura 17. Sección canal natural presente entre cll 45 y cra 11a. (Fuente: GoogleEarth).....	30
Figura 18. Sección canal natural presente entre cll 45 y cra 11a. (Fuente: GoogleEarth).....	30

Figura 19. Sección transversal promedio del canal natural.....	31
Figura 20. Perfil longitudinal canal natural.....	31
Figura 21. Desagüe calle 45.....	33
Figura 22. Perfil longitudinal canal artificial entre cra 11 <sup>a</sup> y cll 40.....	34
Figura 23. Estructura de desagüe canal de artificial.....	34
Figura 24. Ramal de desagüe carrera 21.....	37
Figura 25. Sección canal artificial de desagüe.....	38
Figura 26. Sección longitudinal canal de desagüe.....	38
Figura 27. Vista general tramo inicial canal de desagüe.....	39
Figura 28. Curva de Intensidad-Duración-Frecuencia estación A.E. Cortissoz. (Fuente: IDEAM).....	45
Figura 29. Trazado en planta de la Red 1. Fuente: (Elaboración propia).....	54
Figura 30. Trazado en planta de la Red 2. Fuente: (Elaboración propia).....	54
Figura 31. Tipos de superficies en la cuenca. Fuente: (Elaboración propia).....	56
Figura 32. Áreas tributarias Red 1. Fuente: (Elaboración propia).....	57
Figura 33. Áreas tributarias Red 2. Fuente: (Elaboración propia).....	57
Figura 34. Áreas tributarias afectadas por tipo de superficie Red 1. Fuente: (Elaboración propia).....	58
Figura 35. Áreas tributarias afectadas por tipo de superficie Red 2. Fuente: (Elaboración propia).....	58
Figura 36. Sección ampliada canal natural y canal artificial de conglomerado. Fuente: (Elaboración propia).....	59
Figura 37. Esquema de cálculo del módulo RUNOFF de SWMM. Fuente: (Huber & Dickinson, 1992).....	63
Figura 38. Representación conceptual del modelo EXTRAN de SWMM (Fuente: Guelph website).....	65
Figura 39. Proyección de la Red de Saneamiento de la Cuenca Rebolo. Barranquilla-Colombia (Fuente: Elaboración Propia).....	66
Figura 40. Tipos de usos de suelo. (Fuente: Elaboración Propia).....	70
Figura 41. Mapa elevaciones por interpolación TIN de la cuenca Rebolo. (Fuente: Elaboración Propia).....	71
Figura 42. Mapa de pendientes en porcentajes de la cuenca Rebolo. (Fuente: Elaboración Propia).....	72
Figura 44. Tormenta de diseño para un periodo de retorno de 25 años. (Fuente: Elaboración Propia).....	74
Figura 44. Línea de Capacidad de la red de alcantarillado pluvial. (Fuente: Elaboración Propia).....	76
Figura 45. Caudal máximo en tramo de desagüe para la tormenta simulada. (Fuente: Elaboración Propia).....	77
Figura 47. Representación de red con depósito de retención en serie. (Fuente: Tueros, 2000).....	79
Figura 48. Representación de red con depósito de retención en paralelo. (Fuente: Tueros, 2000).....	79
Figura 48. Representación de red con Froude > 1. (Fuente: Elaboración propia).....	80
Figura 49. Representación de optimización de la red para obtener Froude <1. (Fuente: Elaboración propia).....	81

Figura 50. Representación perfil colector principal de la Cra 21 con los diámetros optimizados. (Fuente: Elaboración propia).....	82
Figura 51. Representación perfil colector principal de la Cra 21 con pozos de caída. (Fuente: Elaboración propia).....	83
Figura 52. Representación en planta de la red de rangos de velocidades. (Fuente: Elaboración propia).....	83
Figura 53. Representación en planta de la red de rangos de capacidades. (Fuente: Elaboración propia).....	84
Figura 54. Representación en planta de la sectorización de la cuenca. (Fuente: Elaboración propia).....	85
Figura 55. Representación en planta de la ubicación de los tanques de tormenta en la cuenca. (Fuente: Elaboración propia).....	86
Figura 56. Hidrograma de entrada al tanque S1. (Fuente: Elaboración propia).....	87
Figura 57. Hidrograma de entrada al tanque S2. (Fuente: Elaboración propia).....	87
Figura 58. Hidrograma de entrada al tanque S1 Vs capacidad máxima optimizada. (Fuente: Elaboración propia).....	88
Figura 59. Hidrograma de entrada al tanque S2 Vs capacidad máxima optimizada. (Fuente: Elaboración propia).....	88
Figura 60. Volumen Tanque S1. (Fuente: Elaboración propia).....	89
Figura 61. Volumen Tanque S2. (Fuente: Elaboración propia).....	89
Figura 62. Hidrograma de entrada Vs Hidrograma de salida con Tanque S1 (nodo 10 Vs nodo 76). (Fuente: Elaboración propia). ....	92
Figura 63. Hidrograma de entrada Vs Hidrograma de salida con Tanque S2, en el nodo 185. (Fuente: Elaboración propia).....	92

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coeficiente de rugosidad de Manning teniendo en cuenta las características del cauce. (Fuente: S.M. Woodward and C. J Posey, Hydraulics of steady flow in open channels).....	35
Tabla 2. Censos DANE en la Ciudad de Barranquilla.....	40
Tabla 3. Asignación del nivel de complejidad. (Fuente: Título A. Tabla A.3.1. RAS 2000) .....	42
Tabla 4. Período de diseño según el Nivel de Complejidad del Sistema. (Fuente: Título B. Tabla B.4.2. RAS 2000) .....	42
Tabla 5. Métodos de cálculo permitidos según el Nivel de Complejidad del Sistema. (Fuente: Título B. Tabla B.2.1. RAS 2000) .....	43
Tabla 6. Resultado de proyección de población por método aritmético a 25 años. ....	43
Tabla 7. Curvas IDF. (Fuente: Título D. Tabla D.4.1. RAS 2000) .....	44
Tabla 8. Relaciones Intensidad - Duración – Frecuencia, Estación: 2904502. Intensidades en mm/h. (Fuente: IDEAM). ....	45
Tabla 9. Grado de protección según el nivel de complejidad del sistema.....	46
Tabla 10. Periodos de retorno o grado de protección. (Fuente: Título D. Tabla D.4.2. RAS 2000) .....	46
Tabla 11. Factor de reducción. (Fuente: Título D. Tabla D.4.4. RAS 2000) .....	47

Tabla 12. Coeficiente de escorrentía o impermeabilidad. (Fuente: Título D. Tabla D.4.5. RAS 2000).....	47
Tabla 13. Coeficiente de retardo. (Fuente: Título D. Tabla D.4.6. RAS 2000).....	49
Tabla 14. Constante a de velocidad superficial. (Fuente: Título D. Tabla D.4.7. RAS 2000). .....	50
Tabla 15. Velocidades máximas permisibles. (Fuente: Título D. Tabla D.4.8. RAS 2000). .....	51
Tabla 16. Coeficiente de escorrentía para las superficies del proyecto. ....	55
Tabla 17. Grupos hidrológicos del suelo para el método de infiltración del Soil Conservation Service. (Fuente: Título D. Tabla D.4.4. RAS 2000).....	68
Tabla 18. Valores de números de curva para suelos con condiciones promedio de humedad para zonas urbanas. (Fuente: Título D. Tabla D.4.5. RAS 2000).....	68
Tabla 19. Números de Curva según usos de suelo. ....	69
Tabla 20. Coeficiente de rugosidad de Maninng según usos de suelo. (Fuente: McCuen, R. et al. (1996), Hydrology, FHWA-SA96-067, Federal Highway Administration, Washington, DC. ).....	70
Tabla 21. Valores Típicos Almacenamiento en Depresión. (Fuente: ASCE, (1992), Design & Construction of Urban Stormwater Management Systems, New York.) .....	73
Tabla 22. Dimensionamiento volumétrico de los tanques de tormenta para optimización de la red de alcantarillado pluvial.....	90
Tabla 23. Coeficiente de descarga orificios.....	91
Tabla 24. Valoración económica alternativa 1. ....	97
Tabla 25. Valoración económica alternativa 2. ....	98

## INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Ecuación de Manning. ....	32
Ecuación 2. Ecuación de Manning. ....	36
Ecuación 3. Ecuación de Manning. ....	40
Ecuación 4. Método Aritmético (Fuente: Título B, RAS 2000) .....	40
Ecuación 5. Población proyectada zona de estudio.....	41
Ecuación 6. Ponderación de coeficiente de escorrentía.....	48
Ecuación 7. Tiempo de concentración. (Fuente: Título D. Ecuación D.4.3. RAS 2000). .....	48
Ecuación 8. Tiempo de entrada por FAA. (Fuente: Título D. Ecuación D.4.4. RAS 2000). .....	48
Ecuación 9. Tiempo de entrada por Kerby. (Fuente: Título D. Ecuación D.4.5. RAS 2000). .....	49
Ecuación 10. Tiempo de entrada por SCS. (Fuente: Título D. Ecuación D.4.6. RAS 2000). .....	49
Ecuación 11. Velocidad media de escorrentía. (Fuente: Título D. Ecuación D.4.7. RAS 2000). .....	49
Ecuación 12. Tiempo de recorrido. (Fuente: Título D. Ecuación D.4.8. RAS 2000).....	50
Ecuación 13. Ecuación caudal método racional. (Fuente: Título D. Ecuación D.4.1. RAS 2000). .....	55

Ecuación 14. Ecuación del caudal de salida.....	63
Ecuación 15. Ecuación del depósito no lineal. ....	63
Ecuación 16. Ecuación diferencial, no lineal, para el calado. ....	64
Ecuación 17. Ecuación de continuidad para secciones prismáticas.....	64
Ecuación 18. Ecuación de conservación de la cantidad de movimiento.....	64
Ecuación 19. Ecuación para todos los conductos en cada intervalo de tiempo.....	64
Ecuación 20. Caudal de escorrentía directa. (Fuente: Título D. Ecuación D.4.8. RAS 2000). ....	67
Ecuación 21. Retención potencial máxima. (Fuente: Título D. Ecuación D.4.9. RAS 2000). ....	68
Ecuación 22. Ecuación longitud crítica del flujo en superficie. ....	71
Ecuación 23. Ecuación coeficiente de descarga en función de los caudales. ....	90
Ecuación 24. Ecuación caudal teórico.(Fuente: Universidad Nacional Experimental del Táchira, 2017).....	90

## **1. Generalidades.**

### **1.1. Introducción.**

En el presente capítulo, se busca dar a conocer las características de la ciudad Barranquilla (Colombia) y la problemática existente en ésta, en cuanto al drenaje de agua pluvial se refiere. Realizando un repaso sobre cómo se originó el problema, sus características y las diferentes intervenciones humanas que este ha recibido con el paso del tiempo, para definir con mayor precisión los objetivos generales y específicos del presente trabajo fin de máster. En la presente tesina se pretende realizar un diagnóstico de la problemática del arroyo de la carrera 21 (Cuenca Rebolo), en Barranquilla (Colombia), para plantear posteriormente posibles soluciones mediante la combinación de sistemas de alcantarillados convencionales y técnicas de drenaje urbano sostenible. Con estas soluciones se pretende brindar a la población seguridad en épocas de lluvia, permitiendo el tránsito de cualquier tipo de vehículo, así como también generando un desarrollo en la ciudad cuidando el medio ambiente, lo que a su vez implica una mejor calidad de vida.

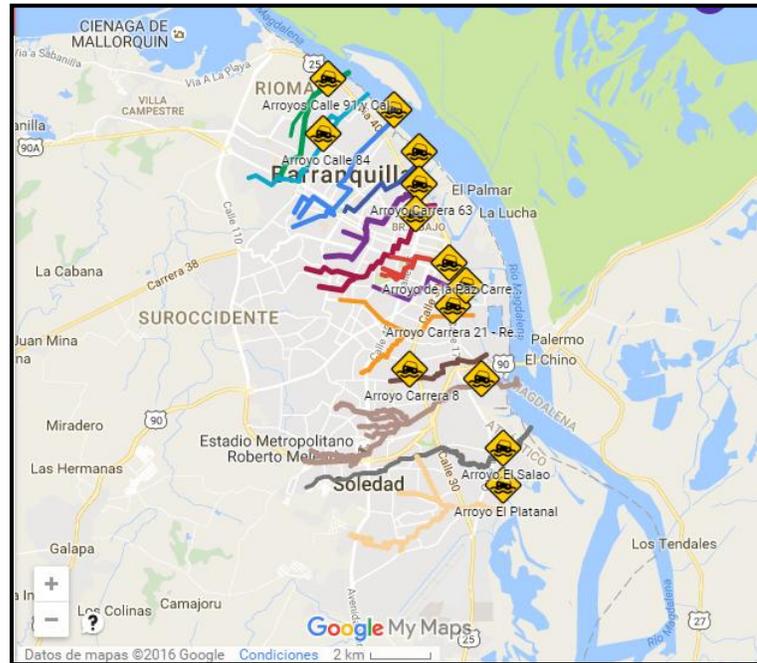
### **1.2. Problemática.**

La ciudad de Barranquilla ha presentado a lo largo de los últimos años un crecimiento poblacional y estructural acelerado, generando este último el aumento de las zonas impermeables en la ciudad. Adicionalmente la ciudad de Barranquilla no contaba con una red de alcantarillado pluvial debido a la mala planificación del distrito. Todo esto llamó la atención de la Casa R.W. Herbard & Company Inc. de Nueva York, la cual en 1920 presentó al Concejo Municipal de la ciudad de Barranquilla una propuesta de pavimentación y un programa de alcantarillado pluvial valorado en \$ 258316. (Rodríguez. A, 2010). Pero dado al déficit económico al cual se enfrentaba la ciudad, la propuesta del alcantarillado pluvial no se pudo realizar, mientras que sí se comenzaron las obras de pavimentación las cuales iban creciendo de forma exponencial, sumado a la falta de un plan de ordenamiento territorial donde se respetaran los cauces naturales de los arroyos existentes y se evitasen confluencias de pequeñas cuencas, en Barranquilla tomó auge un fenómeno que ha ido evolucionando a través del tiempo negativamente. Este fenómeno es más conocido como “ARROYOS URBANOS”, el cual a día de hoy no se ha podido solucionar.

Este problema consiste en qué vías de transporte terrestre funcionan a su vez como alcantarillado pluvial, transportando por éstas grandes volúmenes de aguas conocidos como ARROYOS, los cuales afloran en las épocas de lluvias en la ciudad provocando inundaciones, pérdidas de vidas humanas, daños en la infraestructura

urbana y redes de servicios públicos, daños ambientales, parálisis en la actividad comercial, industrial, educativa y en el transporte urbano y deterioro en la salud pública.

Tanta es la magnitud del problema y lo habitual que se volvió esta particularidad, que la ciudad de Barranquilla lo toma como un fenómeno “natural” el cual es una característica actual de la ciudad, por ser la única en la cual existe este problema y una señalización vial adicional conocida como arroyo peligroso (**Figura 1**).



**Figura 1.** Señalización de los Arroyos más peligrosos en Barranquilla, Colombia. (GoogleMaps, 2016)

Aun con señalización, se ha demostrado mediante una investigación que ha venido documentando por años la Institución Educativa Distrital Marco Fidel Suárez, que desde 1933 hasta el 23 de julio de 2015, unas 94 personas han muerto por causa de los arroyos. De estas, 24 (26%) fueron por responsabilidad de los conductores y 37 (39%) por imprudencia de los peatones. (El Heraldó, 2015)

Por otro lado, se muestra en el estudio de la Institución Educativa Distrital Marco Fidel Suárez, que la corriente de la carrera 21, la cual después de la calle 30 se convierte en el arroyo de Rebolo, es la que más vidas se ha cobrado, con 31, seguido por el de la calle 84 (13), Don Juan (8) y El Salao (7), entre otros. (El Heraldó, 2015).

### 1.3. Antecedentes.

Para 1920, el Concejo Municipal, por intermedio de la Junta de Fomento, contrata a R.W. Herbard y Co., establecida en Nueva York, para que hiciera los respectivos

estudios referentes a los desagües, nivelación y pavimentación de sus principales avenidas. Es la firma la encargada de dar las primeras recomendaciones para el control de las aguas lluvias y pavimentación de vías, que además incorporó a dicho estudio la instalación de colectores de alcantarillado pluvial (El Herald, 2013).

En la década de los 60, se establece un Plan Regulador que contemplaba la canalización de algunos arroyos. La firma Greeley and Hansen, de Chicago, ayuda a solucionar el sistema de acueducto y alcantarillado. Se canalizan los arroyos de Rebolo y Felicidad, bajo la coordinación del Ministerio de Obras Públicas, y le siguen varios arroyos más en forma gradual tales como La Paz, Bolívar, y el del Hospital (El Herald, 2013).

En 1983, la Sociedad Colombiana de Arquitectos, presentó ante el Concejo Municipal un proyecto para los arroyos de la ciudad mediante el sistema llamado de “canales invertidos de concreto estructural prefabricado”, cuyo financiamiento valía 4000 millones de pesos, los cuales, según el plan de recaudo, pagaría el ciudadano por contribución obligatoria del servicio de agua a una tasa porcentual del uno por mil (El Herald, 2013).

En 1987, expertos japoneses visitan la ciudad y entregan el proyecto más completo que se haya realizado al respecto, basado en un completo estudio de drenaje urbano; La Agencia de Cooperación Internacional de la Misión Japonesa, Jica, presentó dos planes a consideración del Municipio, incorporando al área metropolitana: un Plan Maestro de Transporte y un Estudio de Factibilidad para el Distrito de Barranquilla. Este comprendía la solución al problema del alcantarillado pluvial, al igual que unas recomendaciones para instalación de cunetas, canalización de vías y el mejoramiento en los puntos críticos entre calles (17, 45, 47, 84) y carreras (21, 38, 46, 51B, 54) (El Herald, 2013).

En 1997, Fonade-Hidroestudios y Concep Ltda, entregaban unos estudios a la ciudad de Barranquilla, donde se plasmaba una propuesta de prevención futura que dejaba como resultados un problema de estructura urbana mal planificada y con un saneamiento de arroyos sin apoyo financiero (El Herald, 2013).

En el 2015, se terminó el proceso de canalización del arroyo de la cuenca del Country encauzado desde la carrera 46 entre calles 75 y 76, hasta la carrera 53, con una longitud de 2400 metros y un costo estimado de 100000 millones de pesos (Semana, 2016).

En el 2016, se finaliza la obra de canalización del arroyo de la carrera 84 gestión comenzada por la exalcaldesa Elsa Noguera, quien contrató la construcción de alcantarillas pluviales en dos calles al norte de Barranquilla y en el tramo final del arroyo La Felicidad, que comparten los barrios Modelo, Abajo y Montecristo (Semana, 2016).

## 1.4. Objetivos del Trabajo de Fin de Máster.

La ciudad de Barranquilla, Colombia, hoy en día posee sectores que no cuentan con alcantarillado pluvial lo que desencadena que las calles funcionen como canales a cielo abierto para el conducto de las aguas pluviales. Por tal motivo este trabajo fin de máster se pone como objetivos:

- Realizar un análisis y diagnóstico de las estructuras existentes en la cuenca analizada para conocer la viabilidad de su incorporación como parte de la solución.
- Realizar el diseño óptimo de la red de colectores pluviales para el sector analizado.
- Optimización de la red de colectores de aguas pluviales, mediante la reducción del caudal pico circulante, a partir de la aplicación de técnicas de drenaje urbano sostenible.

## 1.5. Referencias.

- NÚÑEZ CABARCAS, A. (20 de octubre de 2013). “Historia gráfica de Barranquilla” en *El Heraldo*.  
<<http://revistas.elheraldo.co/latitud/historia-grafica-de-barranquilla-128994>> [Consultado: 4 de octubre de 2016]
- PIÓN SALAS, Á. (13 de octubre de 2015). “Tome nota de los 14 arroyos que hay en Barranquilla para que no lo sorprendan” en *El Heraldo*.  
<<http://www.elheraldo.co/local/tome-nota-de-los-14-arroyos-que-hay-en-barranquilla-para-que-no-lo-sorprendan-222309>> [Consultado: 4 de Octubre de 2016]
- REVISTA SEMANA. (24 de febrero de 2016). “El fin de los riesgosos arroyos de Barranquilla”  
< <http://www.semana.com/nacion/galeria/barranquilla-se-acabaran-los-rios-urbanos/461666>> [Consultado: 7 de Octubre de 2016]
- RODRÍGUEZ, A. (8 de noviembre de 2010). “Investigación sobre los arroyos en Barranquilla”.  
<<http://anamariarmoreno.blogspot.com.es/2010/11/investigacion-sobre-los-arroyos-en.html>> [Consultado: 4 de octubre de 2016]

## 2. Descripción del Área Urbana de la Ciudad de Barranquilla.

### 2.1. Introducción.

En el presente capítulo se plasman las características más sobresalientes de la ciudad de Barranquilla, Colombia, en cuanto a su ubicación geográfica, condiciones climatológicas, situación demográfica, económica, social y ambiental.

### 2.2. Características Generales

#### 2.2.1 Ubicación Geográfica.

Barranquilla, nombrada de forma oficial como **Distrito Especial, Industrial y Portuario**, es la capital del departamento del Atlántico, Colombia. Está localizada en el sector nororiental del departamento, colindando con la margen occidental del río Magdalena, aproximadamente 7.5 km de la desembocadura en el mar Caribe. Posee una extensión aproximada de 154 km<sup>2</sup>, correspondientes al 4.5 % de la superficie total del departamento (Alcaldía de Barranquilla, 2010). La morfología geográfica de la ciudad corresponde a pendientes inclinadas tipo barranco, causa original de su nombre actual. Las diferencias de altura en la ciudad (Google Earth) van desde los 0 msnm en el tajamar occidental, hasta un máximo de 142 msnm en el barrio La Cumbre.

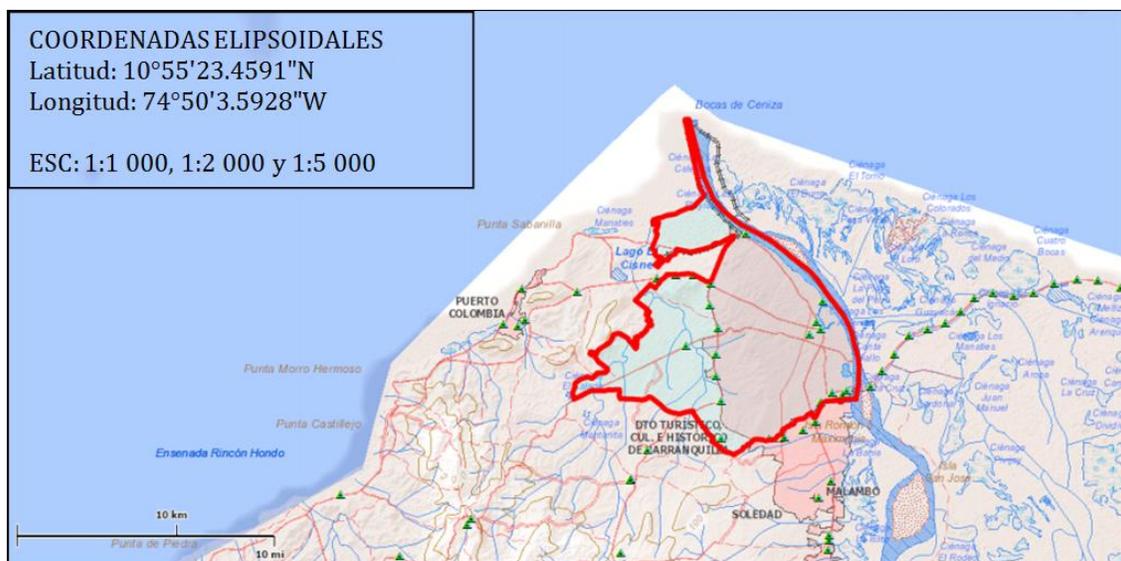


Figura 2. Posicionamiento de Barranquilla con coordenadas elipsoidales. (Fuente: IGAC)

La ciudad se considera el núcleo del Área Metropolitana de Barranquilla, constituida con la unión de los municipios de Soledad, Malambo, Galapa y Puerto Colombia. Pero políticamente, la ciudad limita al norte con el municipio de Puerto Colombia junto al Mar Caribe, hacia el sur con el municipio de Soledad, al oriente con el departamento del Magdalena (geográficamente con el río Magdalena) y al occidente con los municipios de Puerto Colombia, Galapa y Tubará (**Figura 3**).



Figura 3. Límites políticos de la Ciudad de Barranquilla, Colombia. (Elaboración propia)

### 2.2.2 Climatología.

El clima de Barranquilla de acuerdo a la clasificación climática de Caldas – Lang, W. Thornthwaite y W. Köppen, le corresponde un clima Subhúmedo seco (**Figura 4**). La

precipitación promedio anual de la ciudad está alrededor 821 mm (IDEAM, 2010), presentándose estas en su mayoría de forma torrencial dada las condiciones climatológicas.

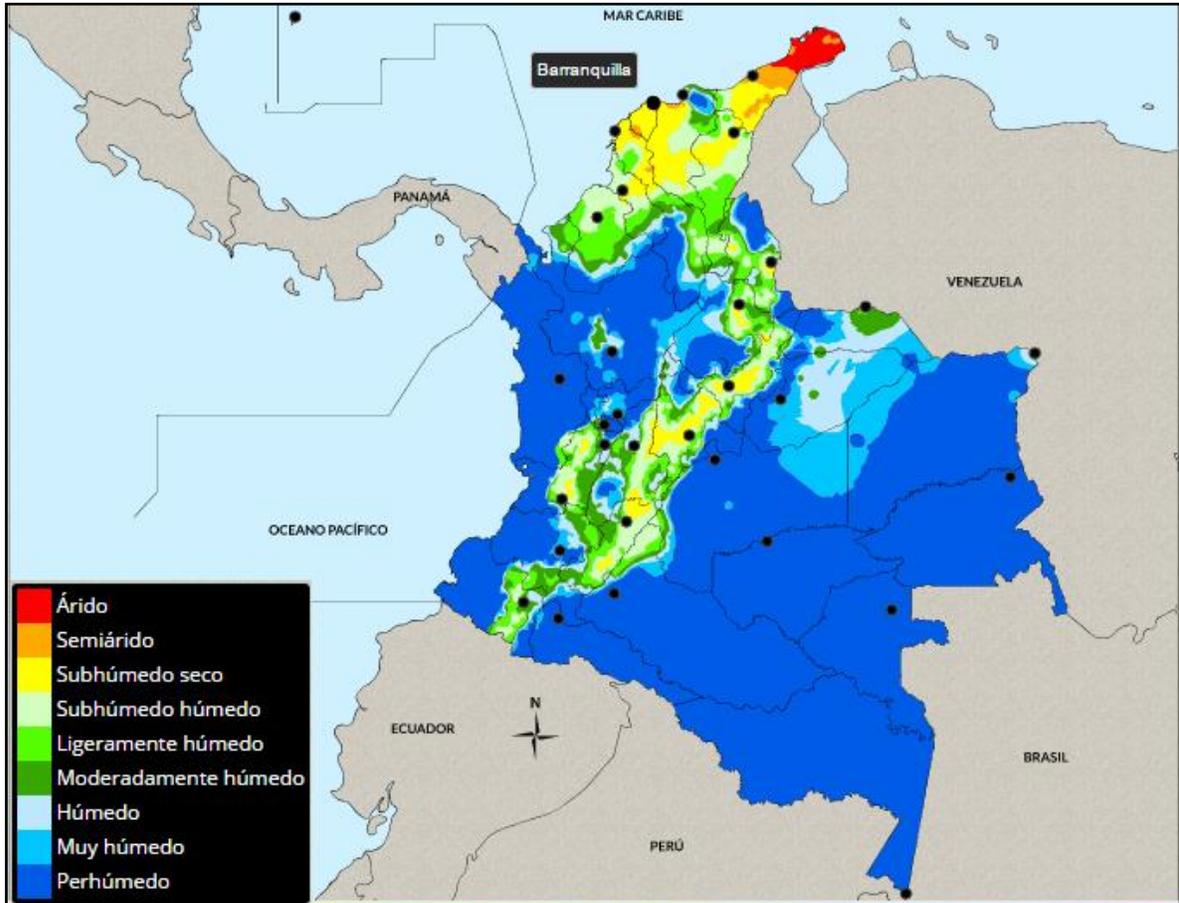


Figura 4. Clasificación climatología del territorio colombiano. (Fuente: Atlas Climatológico de Colombia).

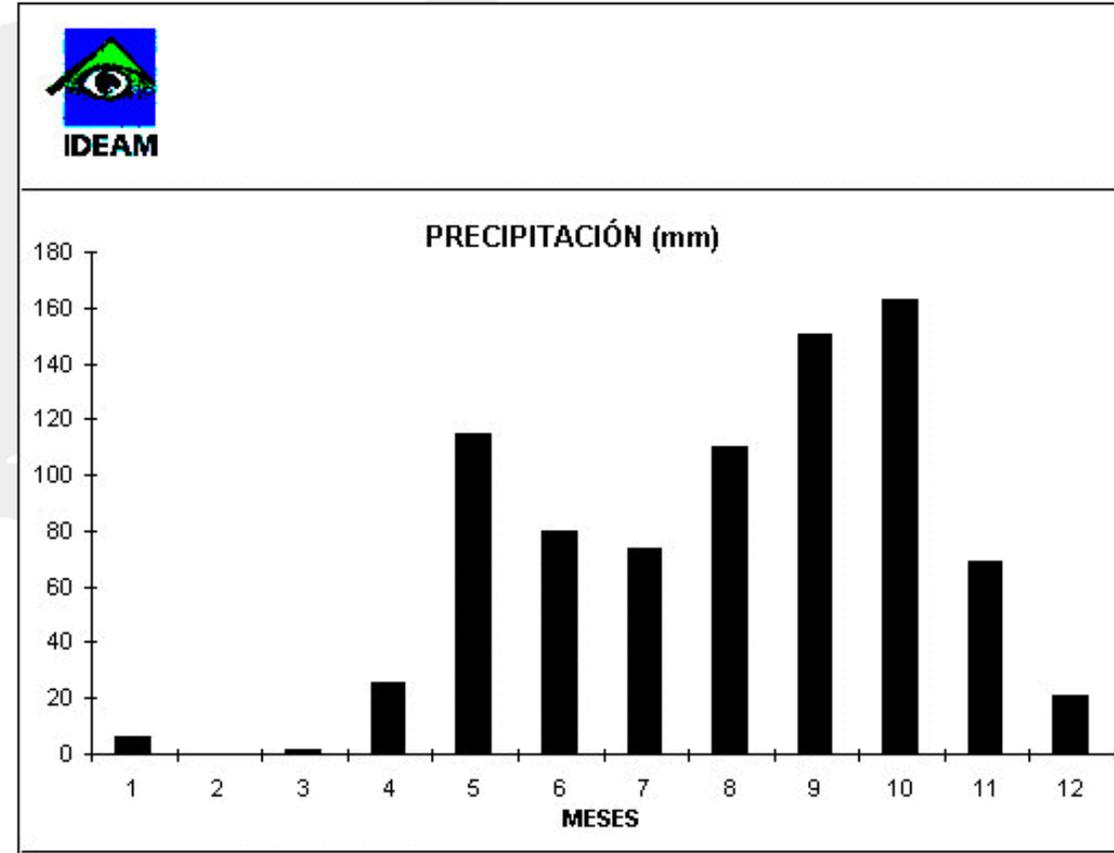


Figura 5. Precipitación media mensual en Barranquilla, estación aeropuerto Ernesto Cortissoz. (Fuente: IDEAM)

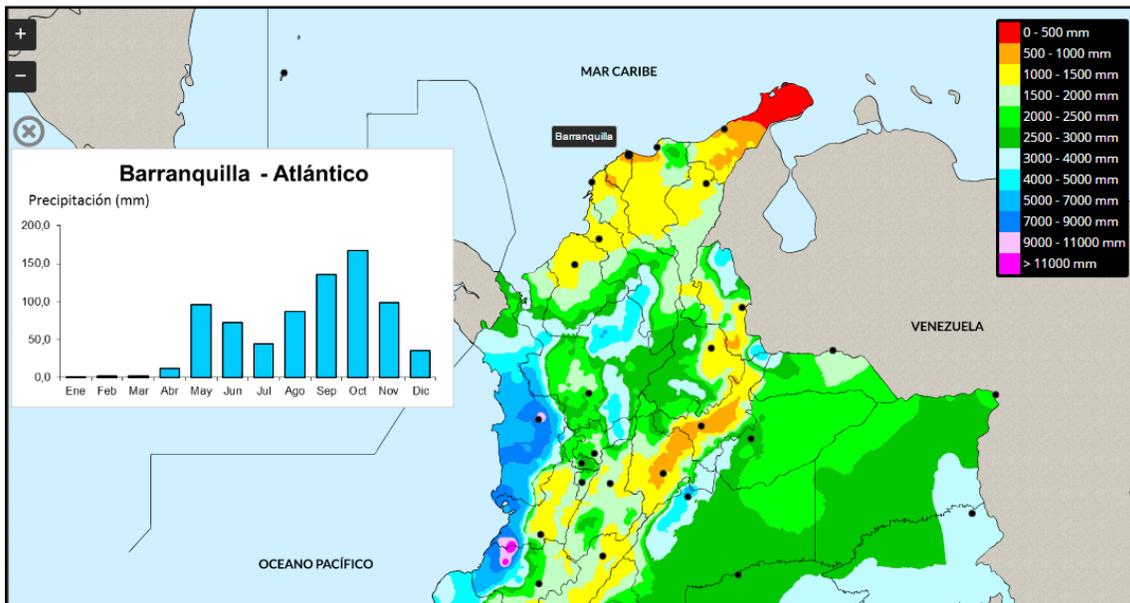
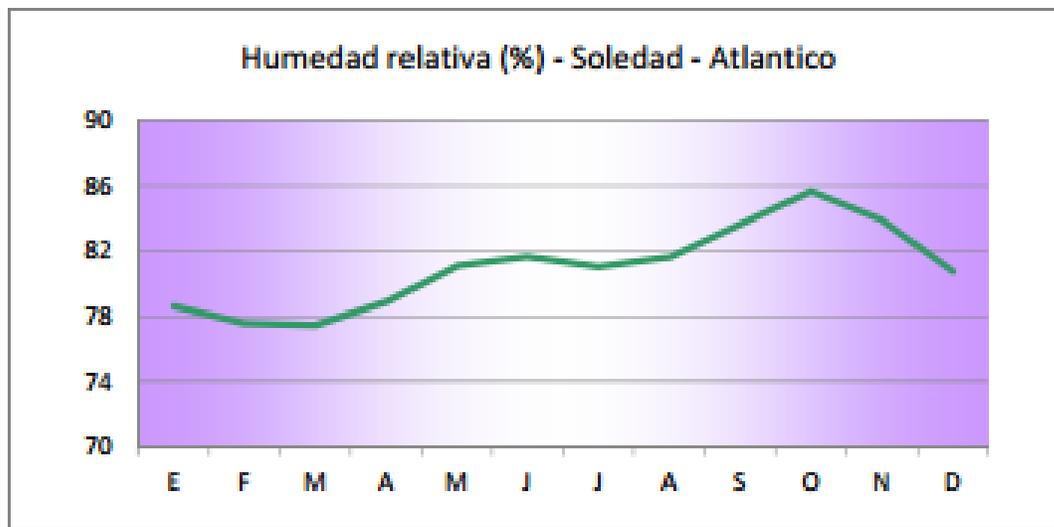


Figura 6. Mapa de Precipitación zona norte de Colombia. (Fuente: Atlas Climatológico de Colombia)

Las temperaturas máximas en la ciudad de Barranquilla registraron un promedio multianual de 32.5 °C, presentándose las máximas temperaturas entre los meses de

abril y septiembre con lecturas entre 33.0 °C y 33.4 °C. Por otro lado, las temperaturas mínimas registraron un promedio multianual de 24.3 °C, con las temperaturas más bajas entre los meses de diciembre y febrero, en un intervalo de 23.6 °C y 24.0 °C. De igual forma la temperatura promedio presenta un valor medio multianual de 27.5 °C, mostrando sus mayores valores entre los meses mayo a junio, con promedios de 28.2°C, de igual manera los valores mínimos de la temperatura promedio se presentan durante los meses de diciembre y febrero, oscilando entre 26.7°C y 27.1°C.

En cuanto a la humedad relativa, los mayores niveles de humedad se registran en el mes de octubre, correspondiendo el mes más lluvioso con 86%, seguido de, septiembre y noviembre con 84%. El mes con menor humedad y los de menor humedad es marzo con 77%. Obteniendo una media multianual entre los años 1981 y 2010 de 81% (**Figura 7**).



**Figura 7.** Valores Medios Multianuales de Humedad Relativa en %. Entre 1981 y 2010. (Fuente: Atlas Climatológico de Colombia)

La evaporación media multianual en la ciudad de Barranquilla es de 1841 mm. Siendo el mes de marzo el de mayor evaporación con 209 mm y octubre con 120 mm el de menor evaporación (**Figura 9**).

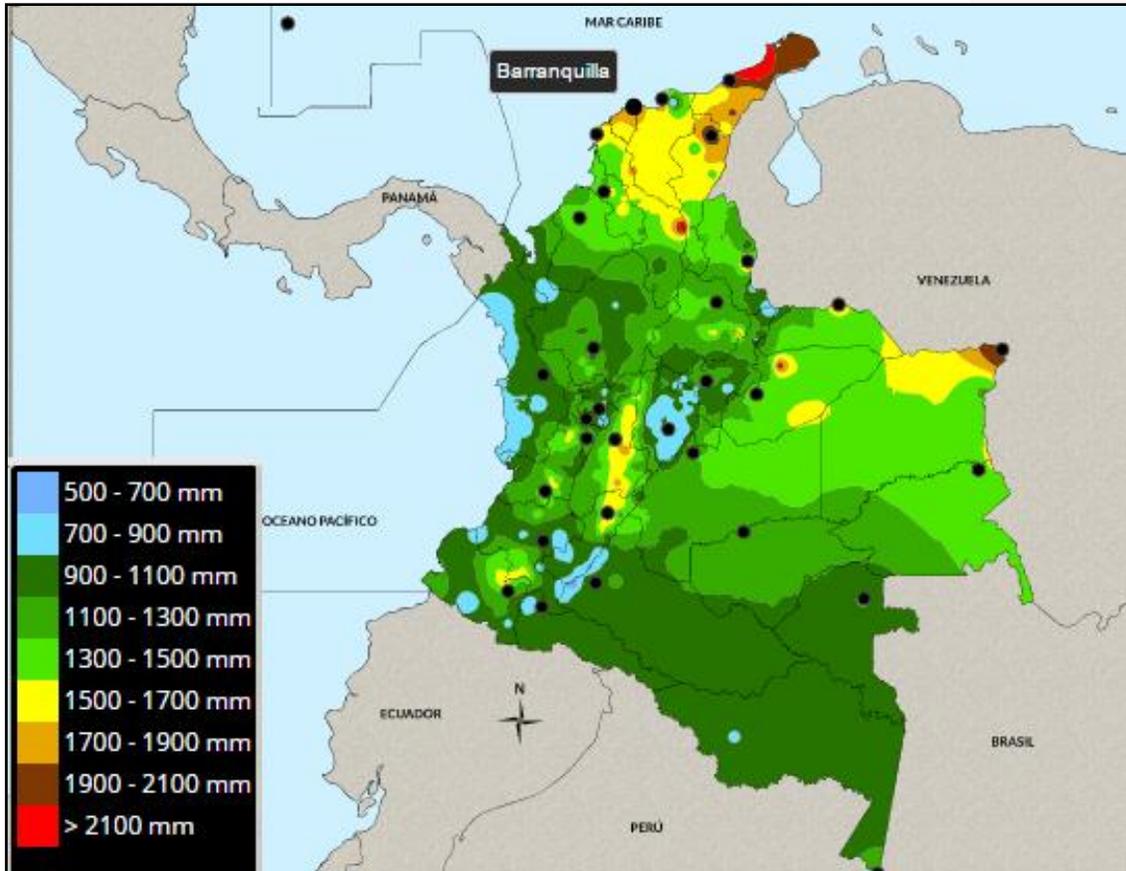


Figura 8. Valores Medios Multianuales de Evaporación en mm. (Fuente: Atlas Climatológico de Colombia).

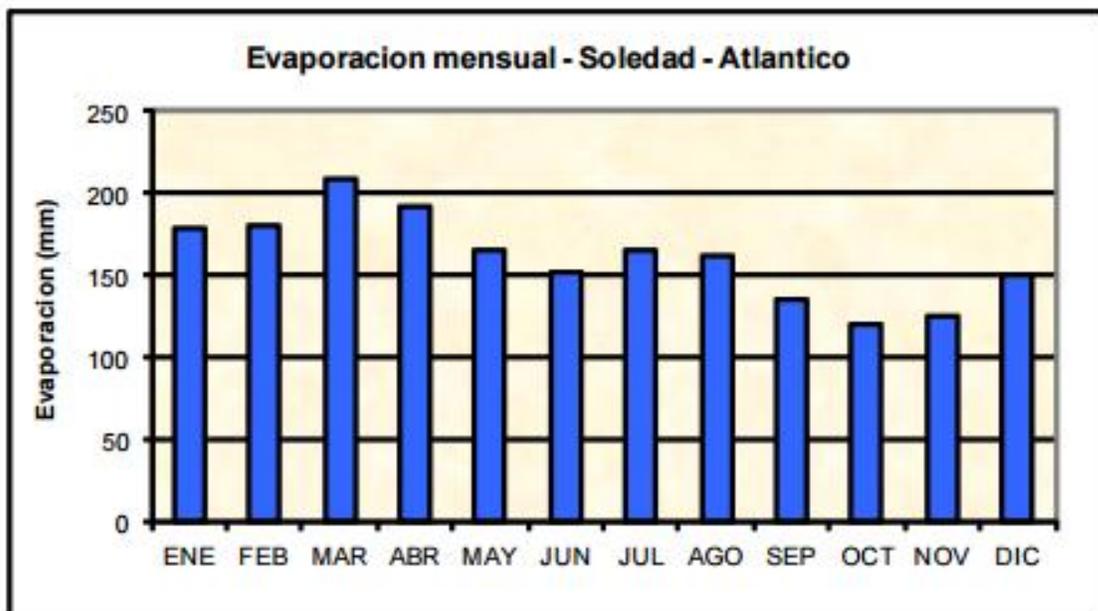
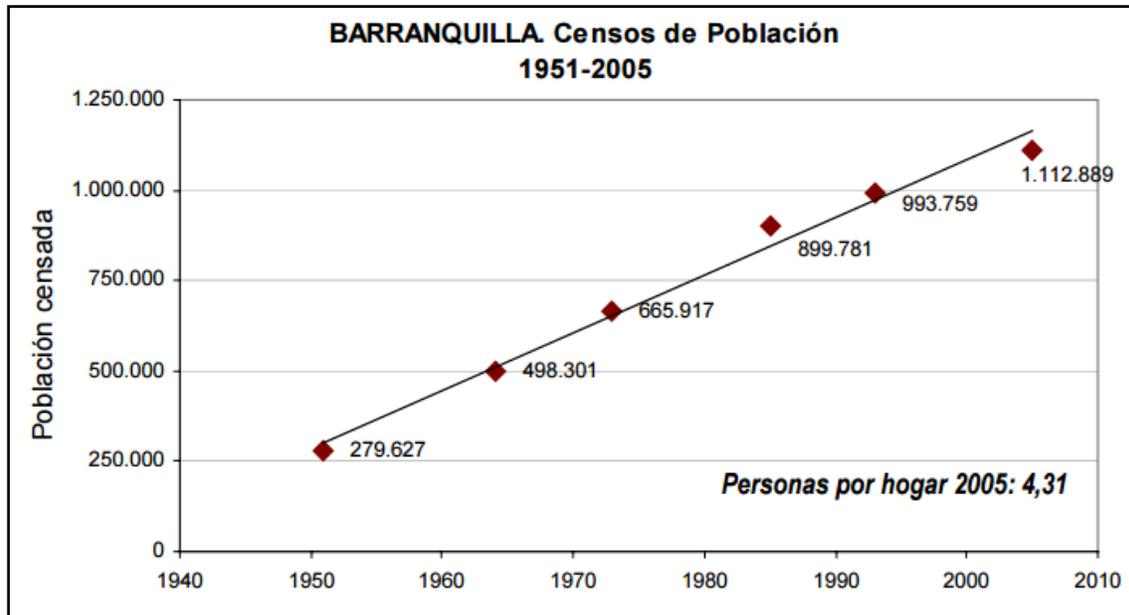


Figura 9. Valores Medios Multianuales de Evaporación en mm. (Fuente: Atlas Climatológico de Colombia).

### 2.2.3 Situación Demográfica.

De acuerdo a los registros del Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia (DANE), con el censo general realizado en el periodo comprendido entre el año 1951 y 2005 la población de Barranquilla es de 1112889 personas, convirtiéndose así en la cuarta ciudad más poblada del país detrás de Bogotá, Medellín y Cali con un número de habitantes por hogar de 4.31 (**Figura 10**).



**Figura 10.** Censo de Población en la ciudad de Barranquilla. (Fuente: DANE)

Por otro lado, si comparamos el número de personas presentes en Barranquilla con respecto a la totalidad de población en el departamento, podemos observar que corresponde aproximadamente al 53% de la población, lo que nos hace una idea que esta ciudad es el principal núcleo del departamento. Ahora bien, si nos centramos más en la zona de estudio de la presente tesina, sector occidental de la ciudad se puede apreciar que el número de personas por vivienda aumente en cierta proporción con respecto a la general de la ciudad obteniendo un número de personas por vivienda de 4.85 como se puede apreciar en la **Figura 11**.

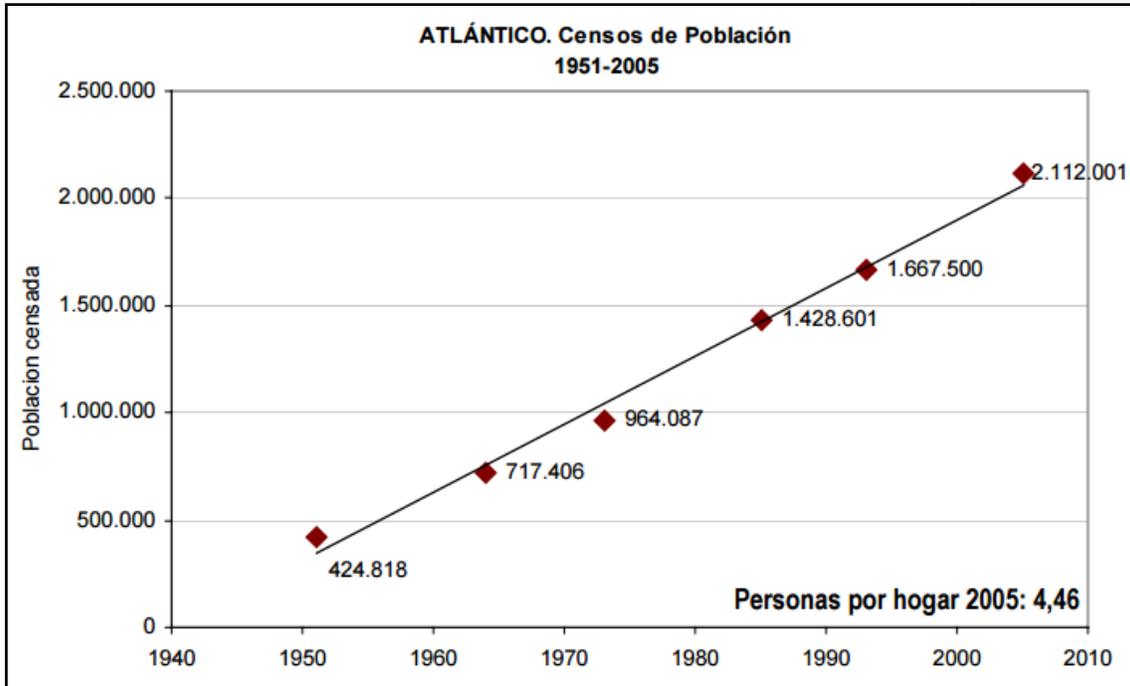


Figura 11. Censo de Población en el Atlántico. (Fuente: DANE)

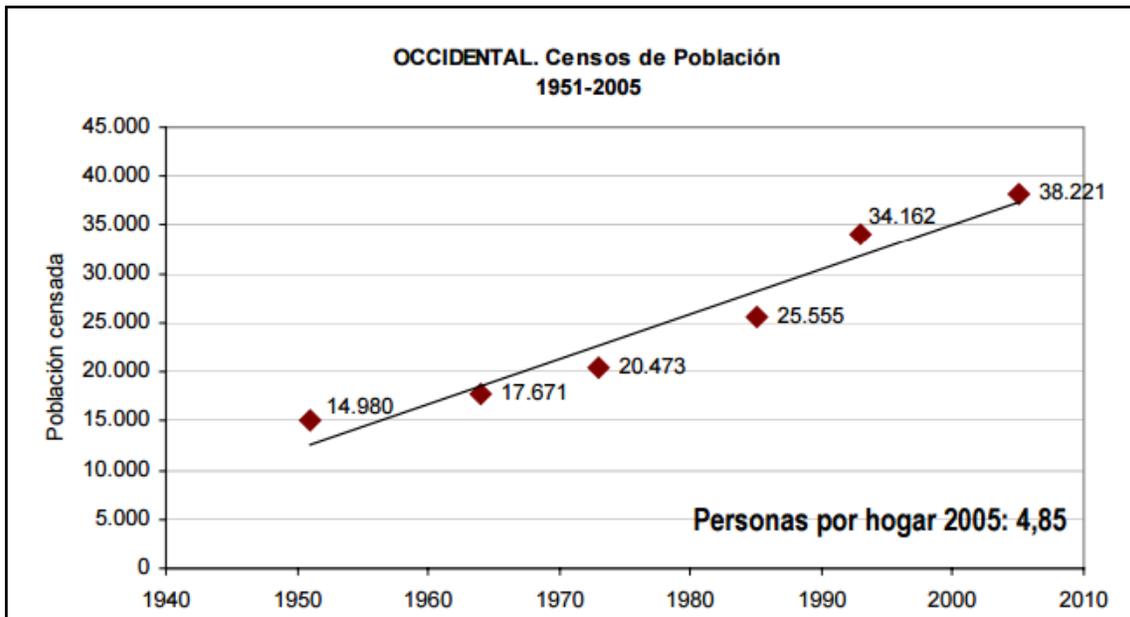


Figura 12. Censo de Población sector occidental. (Fuente: DANE)

### 2.2.4 Situación Económica.

Barranquilla es una ciudad que recibe un nombre peculiar dada su ubicación geográfica, más conocida como la puerta de oro de Colombia, consecuencia de ser un puerto de fácil acceso. En los últimos 10 años, hasta el 2013, la inversión extranjera

directa en Barranquilla y el departamento del Atlántico alcanzó los US\$945 millones (Dinero, 2014).

De acuerdo con el Boletín de Coyuntura Económica de Barranquilla 2013, elaborado por Fundesarrollo para la Cámara de Comercio de Barranquilla, el valor exportado desde el Departamento del Atlántico durante el 2013 ascendió a la suma de US\$1448 millones, aumentando en 15.2% respecto al 2012, lo que significa US\$191 millones FOB adicionales. Mientras que las importaciones, registraron un valor acumulado de US\$3166 millones CIF en 2013 frente a US\$2971 millones CIF en el 2012. El mayor monto importado en el 2013 tuvo como principales países de origen a Estados Unidos, China, Japón, Brasil, México y Argentina (Dinero, 2014).

A pesar de no ser la única ciudad con costas marítimas, Barranquilla ha demostrado tener mucho más desarrollo y flujo económicos que las otras ciudades con las mismas características portuarias. Su impulso se debe a que se encuentra por transporte marítimo a dos horas de Estados Unidos y a una hora de Panamá, lo que la conecta con los mercados de los cinco continentes. Además, su infraestructura portuaria multimodal le permite transportar todo tipo de carga en más de 25 terminales en el mar Caribe y en el río Magdalena (Dinero, 2014).

Esto ha ocasionado que muchas de las grandes empresas nacionales como internacionales sitúen sus sedes en esta ciudad. Específicamente en el área metropolitana que limita con el río Magdalena, zona industrial y portuaria actual de la ciudad.

### **2.2.5 Situación Social.**

La situación social del país en general va muy ligada a la condición económica, lo que genera un número significativo de robos y/o delincuencia común en las calles, dando siempre una sensación de inseguridad. En Barranquilla y en otras ciudades de la costa Caribe como Cartagena y Santa Marta, hace algunos años se ha venido realizando una serie de encuestas de forma presencial y estratificada, con el fin de conocer desde el punto de vista del ciudadano como está la ciudad, tanto en el tema social como en el económico y político.

El 56% de los ciudadanos cree que la ciudad va por buen camino. La seguridad muestra algo de mejoría. Aunque hay retos serios en materia de calidad en educación y en prontitud de la atención en salud, se considera que en esos frentes la satisfacción ha mejorado en algún grado. La movilidad queda igual después de un juego suma cero, y la encuesta recogió el momento crítico del Transmetro. Se esperaba que el 2014 fuera el año del despegue después del rediseño del modelo económico (Parada. J, 2014).

El 75% de los ciudadanos están satisfechos de vivir en la ciudad. Un 44% cree que su situación económica ha mejorado, y un 75% no se considera pobre, mientras en

ciudades de igual importancia a nivel nacional como Cartagena un 76% sí se considera pobre (Parada, J, 2014).

Analizando el sector estudiado en la presente tesina (zona suroccidental de la ciudad), nos encontramos con grandes problemas sociales dado que estas zonas crecieron sin una planificación adecuada fruto de asentamientos ilegales. Un asentamiento ilegal se define como la ocupación de un terreno abandonado generalmente para vivienda, caracterizado por la carencia de servicios de infraestructura básica, condiciones de vivienda inapropiadas que ponen en riesgo la seguridad y salud de sus ocupantes (Sudito y Valceanu, 2013).

Esta situación de asentamientos ilegales que son generalmente ocupados por personas de escasos recursos, inmigrantes o personas desplazadas por la violencia, generan ciertas preocupaciones a nivel social, de salud y de crecimiento de la ciudad, dado que su condición de ilegal no permite que la ley lo acobije y presente condiciones de salud lamentables, las cuales puedan llegar a ocasionar epidemias. Tampoco es de menor importancia el problema social que se genera a la hora de que estas personas salgan a buscar su ingreso económico para subsistir dado que en su mayoría comenten el delito de apropiación indebida, lo que genera un alto índice de inseguridad y violencia en el sector, expandiéndose posteriormente a toda la ciudad.

## **2.2.6 Situación Ambiental.**

Barranquilla es una de las grandes ciudades colombianas con graves problemas ambientales, sostiene la Contraloría General del Departamento según informe de la situación ambiental del Atlántico entregado a la Asamblea (2015). En el reporte asegura que la ciudad presenta problemas de contaminación atmosférica, contaminación de las fuentes de agua por descargas domésticas e industriales, contaminación por ruido, mala disposición de basuras, mal uso del espacio público y deterioro del paisaje natural, deslizamientos e inundaciones en épocas de lluvia (El Tiempo, 1995).

Estos problemas se han ido subsanando con el pasar de los tiempos, aunque quede mucho por trabajar. Los problemas de deslizamientos son muy frecuentes y están directamente ligados al tema tratado en esta tesina, pues son los arroyos los que en su mayoría generan problemas en sectores donde el suelo está constituido generalmente por arcillas expansivas.

Barranquilla es una ciudad en la que hasta hace algunos años se apreciaba una contaminación visual dado a la carencia de zonas verdes y parques, en su mayoría la ciudad estaba pavimentada. Desde el mandato de 2012-2015, dirigido por la política y economista Elsa Margarita Noguera De la Espriella, en Barranquilla cogió auge la construcción de zonas verdes y parques dándole un aspecto diferente a la ciudad en muchos sectores.

El Departamento Técnico Administrativo de Medio Ambiente de Barranquilla (DAMAB), entidad encargada del problema de contaminación de las aguas del río Magdalena y afluentes cerca la vía 40 sector principal de asentamiento industrial, manifestó en el año 2014 a través de su directora en función, Belka Gutierrez, que de acuerdo con los informes y visitas practicadas, todas las empresas ubicadas en el sector de la vía 40, venían cumpliendo con las normas de Emisión atmosféricas adoptadas por el Ministerio de Medio Ambiente y desarrollo Sostenible.

La contaminación acústica es una de las que más auge coge en la ciudad, dado a la cantidad de tráfico y los diferentes y múltiples sectores de vida nocturna, áreas llamadas particularmente como zona rosa. La Calle 84, Calle 8, Calle 93, entre otras son lugares donde se encuentran muchos bares y discotecas, los cuales a su vez están rodeados de barrios residenciales.

En este sentido recogiendo una noticia publicada por el diario EL Heraldo tenemos “La Alboraya siempre había sido un barrio tranquilo y apacible, habitado por representantes de la clase media y trabajadora de la ciudad. Desde hace cerca de diez años la tranquilidad de los moradores se ha visto afectada por el auge de estaderos, bares y discotecas dispuestos a lado y lado del bulevar de la carrera 8, y desde hace seis se ha venido acentuando, según informó la misma comunidad afectada por la contaminación sonora, por problemas de inseguridad y otros inconvenientes inherentes a la rumba que cada fin de semana se toma el bulevar” (El Heraldo, 2013).

Por último en cuanto a las condiciones de saneamiento básico la ciudad se encuentra en un rango aceptable mostrando porcentajes de viviendas con servicios de agua potable y saneamiento básico como se puede apreciar en la **Figura 13**.

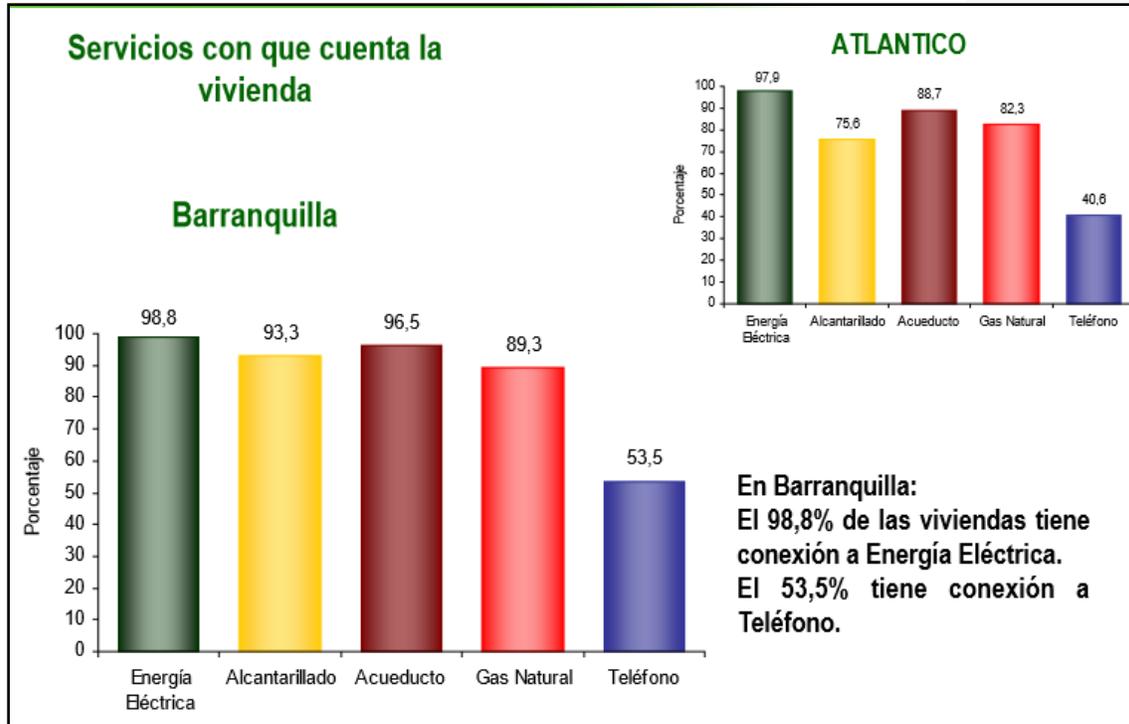


Figura 13. Servicios con que cuenta la vivienda en Barranquilla. (Fuente:DANE)

### 2.3. Referencias.

- ALCALDIA DE BARRANQUILLA DISTRITO ESPECIAL, INDUSTRIAL Y PORTUARIO. (23 de noviembre de 2010). “Información General”.  
[http://www.barranquilla.gov.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=28:informacion-general&catid=44:conoce-a-barranquilla&Itemid=119&lang=es](http://www.barranquilla.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=28:informacion-general&catid=44:conoce-a-barranquilla&Itemid=119&lang=es) > [Consultado: 4 de Octubre de 2016].
- DANE. (2005). “Censo general 2005 República de Colombia, Atlántico y Barranquilla “  
[https://www.dane.gov.co/files/censo2005/atltico\\_baquilla.pdf](https://www.dane.gov.co/files/censo2005/atltico_baquilla.pdf) > [Consultado: 4 de octubre de 2016].
- DINERO. (2014) “Barranquilla un puerto estrategico” [Encontrado en ECONOMIA]  
<http://www.dinero.com/economia/articulo/balance-economico-barranquilla-2014/199111> > [Consultado: 5 de octubre de 2016].
- EL HERALDO (10 de noviembre de 2013). “La Ocho, una ‘zona rosa’ que no se gozan los vecinos de la Alboraya”  
<http://www.elheraldo.co/local/la-ocho-una-zona-rosa-que-no-se-gozan-los-vecinos-de-la-alboraya-131632> > [Consultado: 5 de octubre de 2016].



- EL TIEMPO (22 de noviembre de 1995). “atlántico... sitiado por la contaminación”  
<<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-469716>> [Consultado: 5 de Octubre de 2016].
- GUTIERREZ, B (02 de abril de 2014). “Respuesta a correo recibido el 26 de marzo de 2014, en el proceso de rendición de cuentas de Barranquilla como vamos”  
<[file:///C:/Users/hansv/Downloads/OFICIO\\_RESPUESTA\\_BQUILLA\\_COMO\\_VAMOS-DAMAB\\_RSOLANO.pdf](file:///C:/Users/hansv/Downloads/OFICIO_RESPUESTA_BQUILLA_COMO_VAMOS-DAMAB_RSOLANO.pdf)> [Consultado: 5 de octubre de 2016].
- IDEAM (2007). “Circulación General De La Atmósfera. Instituto De Hidrología Meteorología Y Estudios Ambientales”.
- IDEAM (2010). “Atlas climatológico de Colombia”.  
<<http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html>> [Consultado: 4 de octubre de 2016].
- IGAC. “Geoportal”  
< [http://geoportal.igac.gov.co:8888/siga\\_sig/Agrologia.seam](http://geoportal.igac.gov.co:8888/siga_sig/Agrologia.seam)> [Consultado: 4 de octubre de 2016].
- PARADA. J. (26 de enero de 2014). “Barranquilla: crecimiento económico con poco capital social”  
<<http://www.elheraldo.co/columnas-de-opinion/barranquilla-crecimiento-economico-con-poco-capital-social-140471>> [Consultado: 5 de octubre de 2016].
- RODRÍGUEZ, L., ROMANAS, J., Y VIDAL, E. (2014). “Una mirada al suroccidente de Barranquilla: Problemática urbana y socioeconómica.” [Módulo Arquitectura CUC, (13), 115-127.]  
<<file:///C:/Users/hansv/Downloads/93-322-1-PB.pdf>> [Consultado: 5 de octubre de 2016].
- SUDITO, B. Y VÂLCEANU D. (2013). “Informal settlements and squatting in Romania: sociospatial patterns and typologies.” [Human Geographies–Journal of Studies and Research in Human Geography, 7(2), 65–75.]  
<[http://humangeographies.org.ro/articles/72/7\\_2\\_13\\_7\\_suditu.pdf](http://humangeographies.org.ro/articles/72/7_2_13_7_suditu.pdf)> [Consultado: 5 de octubre de 2016].

### **3. Datos de Partida**

#### **3.1. Introducción.**

A continuación, se presentan los diferentes datos característicos necesarios para el diseño de la red de alcantarillado pluvial de la cuenca Rebolo en la Ciudad de Barranquilla, Colombia. En primera instancia se busca obtener los datos topográficos, pluviométricos, poblacionales, funcionalidad de las estructuras existentes y demás criterios de diseño establecidos en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000).

#### **3.2. Datos Topográficos.**

Los datos cartográficos, catastrales, hidráulicos, entre otros, de la cuenca de Rebolo han sido proporcionados por el Instituto de Estudios Hidráulicos y Ambientales (IDEHA) de la Universidad del Norte. A partir de estos datos y utilizando los sistemas de georreferenciación se obtuvieron las curvas de nivel de toda la cuenca. Las curvas se interpolaron cada 5 metros para mayor precisión a la hora de cálculo, pero dado a la magnitud de la cuenca en una imagen panorámica se aprecia poco los cambios de nivel, tal como se muestra en la **Figura 14**.

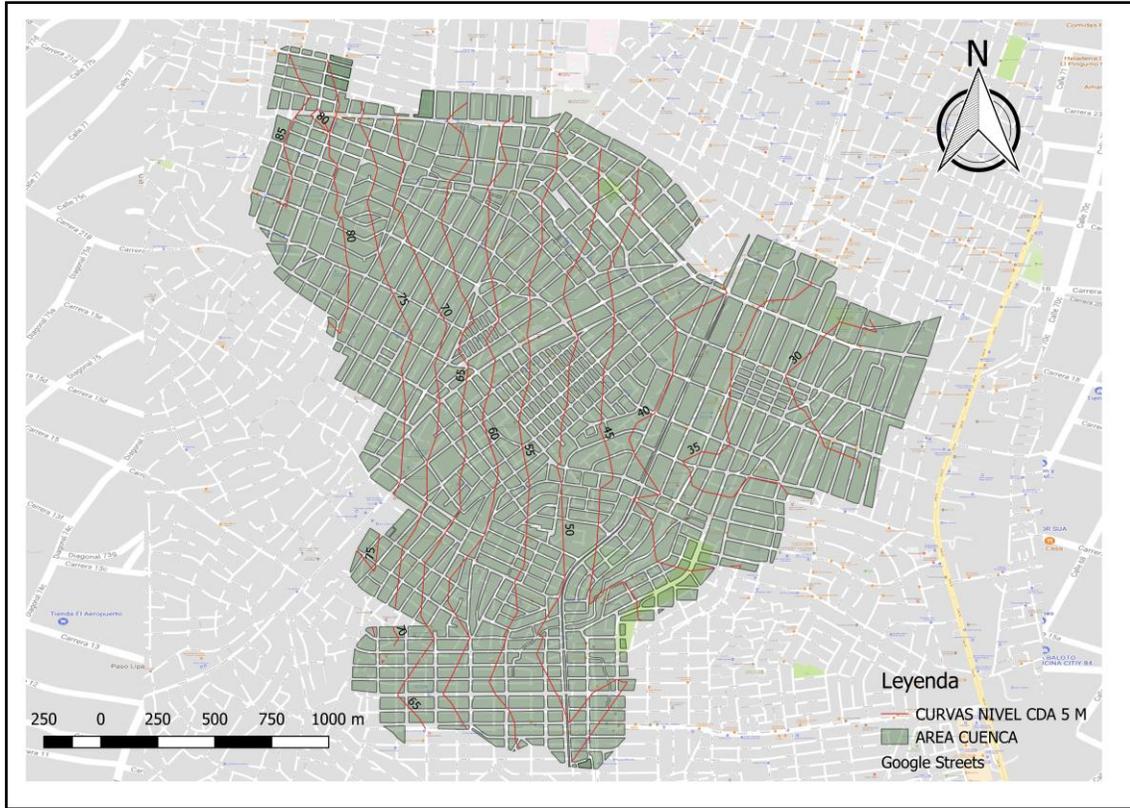


Figura 14. Curvas de nivel con intervalos de 5m en la cuenca de Rebolo. (Fuente: Elaboración propia).

### 3.3. Estructuras existentes.

Las estructuras descritas a continuación, se encuentran en la actualidad dentro de la cuenca de estudiada en la presente tesina, exceptuando el canal final artificial en concreto de la intersección de la calle 30 con la carrera 21 el cual actúa como punto de desagüe de la cuenca. En la **Figura 15** se muestra la ubicación geográfica de cada una de estas estructuras dentro de la cuenca y su extensión en la misma. Posteriormente se hará una breve descripción de cada una de ellas y se evaluará su capacidad hidráulica.



Figura 15. Ubicación geográfica de las estructuras existentes en la cuenca Rebolo. (Fuente: Elaboración propia).

### 3.3.1. Canal natural entre Calle 45 y Carrera 11<sup>a</sup>

#### 3.3.1.1. Aspectos generales

El canal natural inicia desde un desagüe presente en la calle 45 más conocido como La Murillo (**Figura 16.**), el cual tiene las siguientes dimensiones de entrada aproximadamente 2 rejillas de 3x0.3 m. Llega hasta la carrera 11<sup>a</sup> donde este flujo es recolectado mediante un tramo cubierto (5x1.4 m) y transportado por un canal artificial de conglomerado.



Figura 16. Desagüe calle 45.

El canal natural posee las siguientes características. Su lecho está compuesto por material vegetal con material granular grueso, su sección varia a lo largo del canal, pero se aprecia un mayor desnivel en la margen derecha aguas abajo. Su ancho aproximado es de 6 metros, el cual en épocas de sequía se reduce al talweg que se puede apreciar en la **Figura 18**.

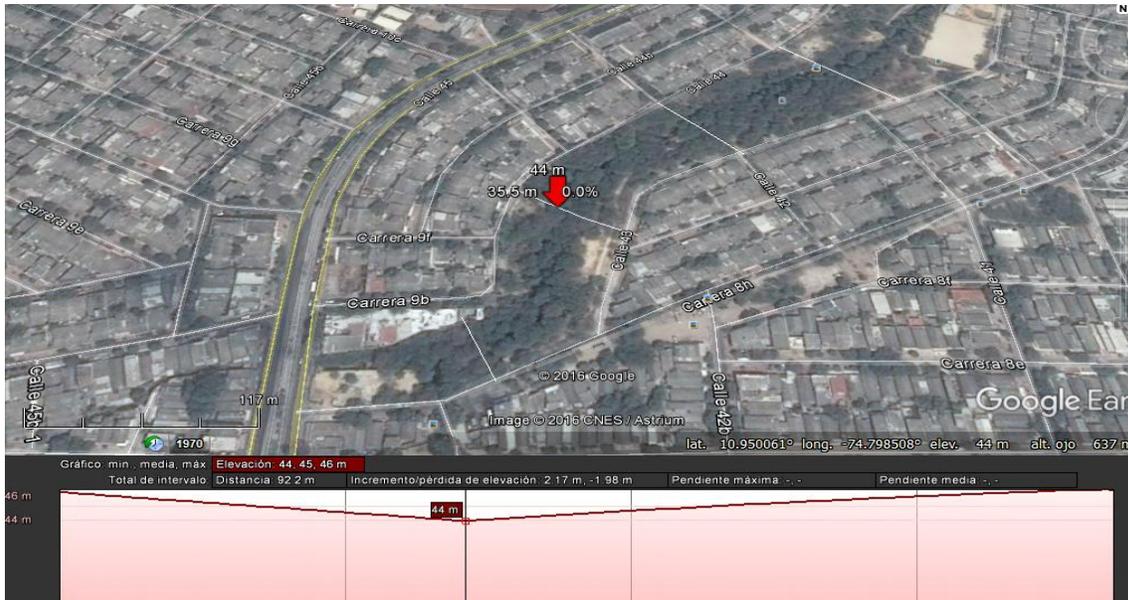


Figura 17. Sección canal natural presente entre cll 45 y cra 11a. (Fuente: GoogleEarth)



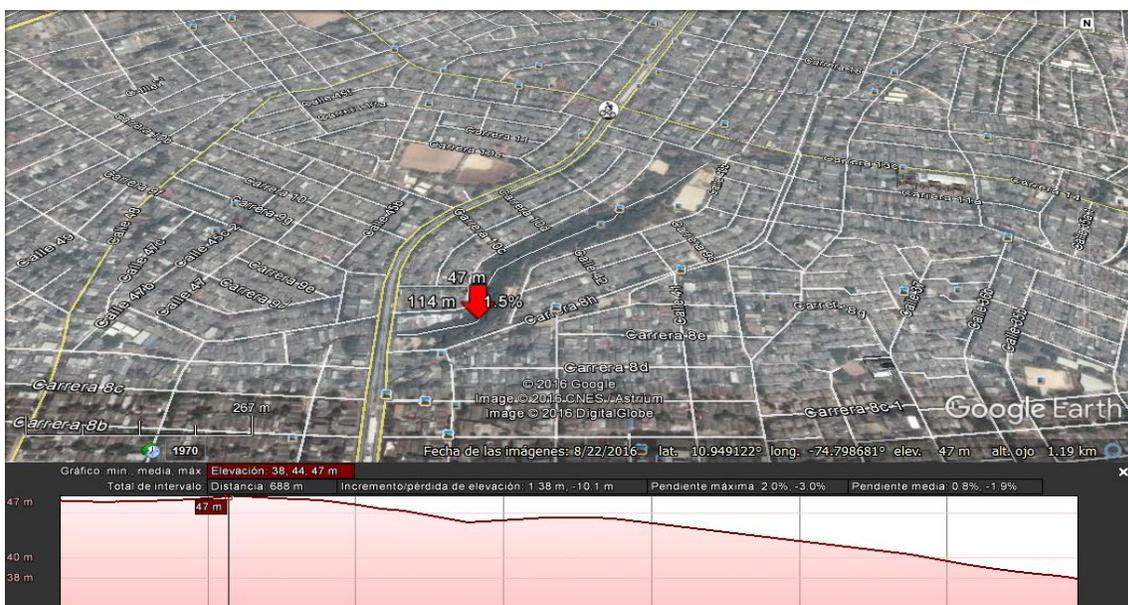
Figura 18. Sección canal natural presente entre cll 45 y cra 11a. (Fuente: GoogleEarth)

Tras analizar los perfiles de los cortes realizados a lo largo del canal natural se tiene que su desnivel promedio con el margen derecho aguas abajo es 2 metros y con el margen izquierdo es de 1 metro (**Figura 19**).



**Figura 19. Sección transversal promedio del canal natural.**

En cuanto a la pendiente longitudinal del canal como se puede ver en la **Figura 20** cambia mucho a lo largo del camino teniendo pendientes máximas entre el 2.0% y -3.0% y con pendientes media entre 0.8% y -1.9%. La distancia total del canal es 688 m.



**Figura 20. Perfil longitudinal canal natural.**

Dada la complejidad que presenta el canal a la hora de escoger el coeficiente de rugosidad de Manning, por estar compuesto por materiales heterogéneos que varían espacial y temporalmente, se realizó una inspección fotográfica de canales existente con coeficientes de rugosidad ya medidos por United States Geological Survey (USGS), para escoger el de mayor grado de similitud. De este estudio se obtuvo un coeficiente de rugosidad de 0.073.

### 3.3.1.2. Estado

De acuerdo a las bases fotográficas el estado del canal natural se ha visto afectado por los diferentes objetos que las corrientes de aguas arrastran de las calles, se nota la presencia de bolsas, ropa y objetos desconocidos lo cual poco a poco sedimentara el canal reduciendo su capacidad.

### 3.3.1.3. Funcionalidad

Actualmente está integrado a un jardín botánico, pero a su vez funciona como canal de desagüe de las aguas pluviales circulantes por la Calle 43, 44, 45 y zonas aledañas a esta.

### 3.3.1.4. Capacidad hidráulica en lámina libre y régimen uniforme

Longitud: 688 m

Cota en cabecera: 47m

Cota de desagüe: 38m

Pendiente Longitudinal: media de las pendientes medias 0.55%

Coefficiente de Manning: 0.073

Ancho Medio: 6 m

Profundidad Media: 1m

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Ecuación 1. Ecuación de Manning.

Reemplazando:

$$Q = \frac{1}{0.073} * (6m * 1m) * \left( \frac{6m * 1m}{6m + 2 * 1m} \right)^{\frac{2}{3}} * 0.0055^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = 5.032 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 3.3.2. Canal artificial entre carrera 11ª y calle 40.

#### 3.3.2.1. Aspectos generales:

El canal natural inicia desde un tramo cubierto presente en la Cra 11ª, el cual tiene como función recolectar las aguas provenientes del canal natural (**Figura 21**). El tramo cubierto tiene las medidas antes mencionadas las cuales mantiene el canal artificial de conglomerado (5x1.4m), hasta desembocar en la calle 40.

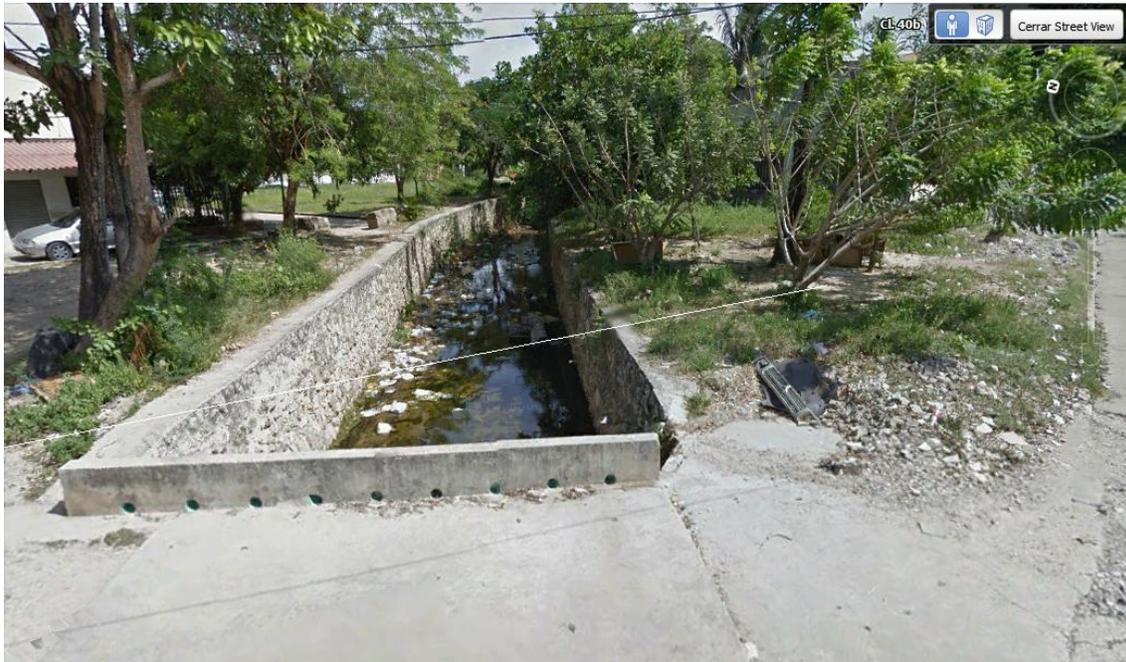


Figura 21. Desagüe calle 45.

El canal artificial de conglomerado posee las siguientes características:  
Canal rectangular de conglomerado rocoso con dimensiones de 5 metros de ancho y 1.4 m de altura y longitud de 115 m (**Figura 22**).



Figura 22. Perfil longitudinal canal artificial entre cra 11ª y cll 40.

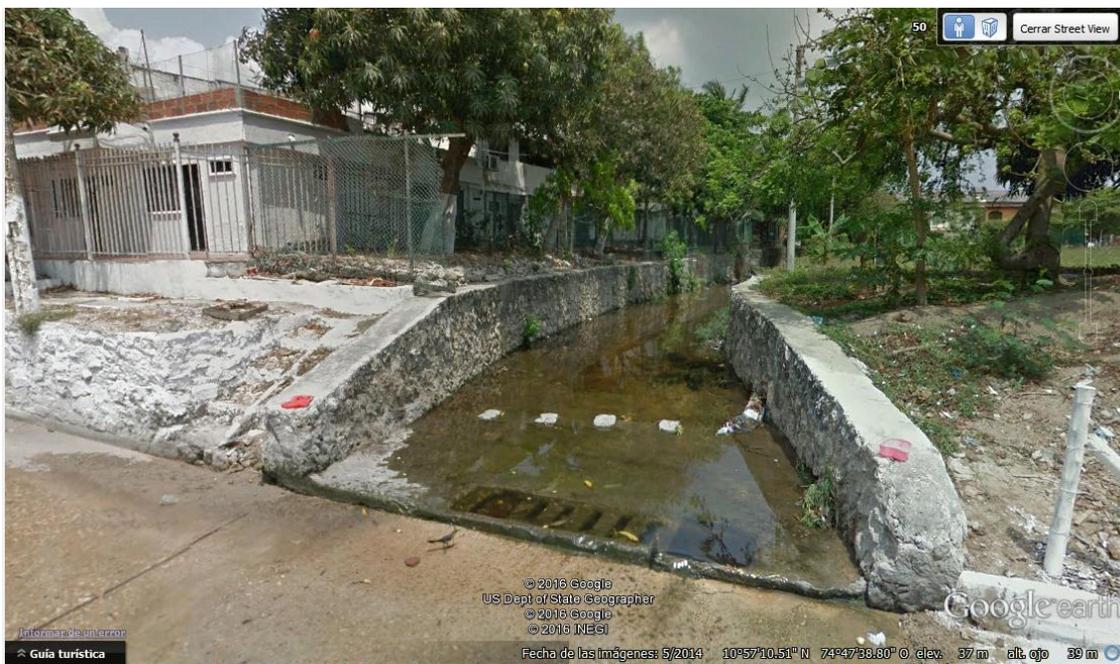


Figura 23. Estructura de desagüe canal de artificial

El coeficiente de rugosidad de Manning para el canal artificial de la **Figura 23**, compuesto por material conglomerado en toda su sección, corresponde en la **Tabla 1** a los valores de enchachados, siendo este el más parecido al material real, del cual se obtendrá el valor medio.

**Tabla 1. Coeficiente de rugosidad de Manning teniendo en cuenta las características del cauce. (Fuente: S.M. Woodward and C. J Posey, Hydraulics of steady flow in open channels).**

	<b>Coeficiente de Manning</b>
<b>Cunetas y canales sin revestir</b>	
En tierra ordinaria, superficie uniforme y lisa	0.020-0.025
En tierra ordinaria, superficie irregular	0.025-0.035
En tierra con ligera vegetación	0.035-0.045
En tierra con vegetación espesa	0.040-0.050
En tierra excavada mecánicamente	0.028-0.033
En roca, superficie uniforme y lisa	0.030-0.035
En roca, superficie con aristas e irregularidades	0.035-0.045
<b>Cunetas y Canales revestidos</b>	
Hormigón	0.013-0.017
Hormigón revestido con gunita	0.016-0.022
Encachado	0.020-0.030
Paredes de hormigón, fondo de grava	0.017-0.020
Paredes encachadas, fondo de grava	0.023-0.033
Revestimiento bituminoso	0.013-0.016
<b>Corrientes Naturales</b>	
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lámina de agua suficiente	0.027-0.033
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lámina de agua suficiente, algo de vegetación	0.033-0.040
Limpias, meandros, embalses y remolinos de poca importancia	0.035-0.050
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados	0.060-0.080
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados, vegetación densa	0.100-0.200 <sup>1</sup>
Rugosas, corrientes en terreno rocoso de montaña	0.050-0.080
Áreas de inundación adyacentes al canal ordinario	0.030-0.200 <sup>1</sup>

### 3.3.2.2. Estado

De acuerdo a las bases fotográficas el estado del canal artificial desde el punto de vista estructural se encuentra en condiciones óptimas. Desde el punto de vista hidráulico se requiere mantenimiento de los objetos depositados en este y del material vegetal creciente dentro de la estructura.

### 3.3.2.3. Funcionalidad

El objetivo principal del presente canal es recoger el flujo proveniente del canal natural y dirigirlo hacia la ruta de flujo principal de la sub-cuenca que pasa por la calle 40. Se puede utilizar para que éste deposite el agua en el gran colector que se diseñe por la calle 40.

### 3.3.2.4. Capacidad hidráulica en lámina libre y régimen uniforme

Longitud: 115m

Cota en cabecera: 36m

Cota de desagüe: 36m (Afectada por ser estructura artificial)

Pendiente Longitudinal: 2% (Se tiene en cuenta la pendiente de los primeros 50 metros, dada al ser afectada las curvas por ser una estructura artificial)

N de Manning: 0.025

Ancho Medio: 5m

Profundidad Media: 1.4m

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Ecuación 2. Ecuación de Manning.

$$Q = \frac{1}{0.025} * (5m * 1.4m) * \left( \frac{5m * 1.4m}{5m + 2 * 1.4m} \right)^{\frac{2}{3}} * 0.02^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = 36.84 m^3/s$$

### 3.3.2.5. Canal de desagüe final artificial en concreto calle 30.

### 3.3.2.6. Aspectos generales

El canal de desagüe final inicia desde un ramal de la carrera 21, elaborado concretamente para dirigir el agua hacia el canal en cuestión (**Figura 24**), el cual desemboca en un canal natural que a su vez transporta las aguas a río Magdalena.



Figura 24. Ramal de desagüe carrera 21.

El canal natural posee las siguientes características:

Es un canal en hormigón armado, su sección varia a lo largo del canal ensanchándose y cambiando la inclinación de los taludes; para el presente estudio se examinará solo la sección de salida que es la más crítica por ser la más angosta y poco profunda de todo el canal. Su ancho aproximado es de 10 metros, su profundidad aproximadamente 1.8 m y su longitud es 1.99 km. Características que se puede apreciar en la **Figura 25** y **Figura 26**.

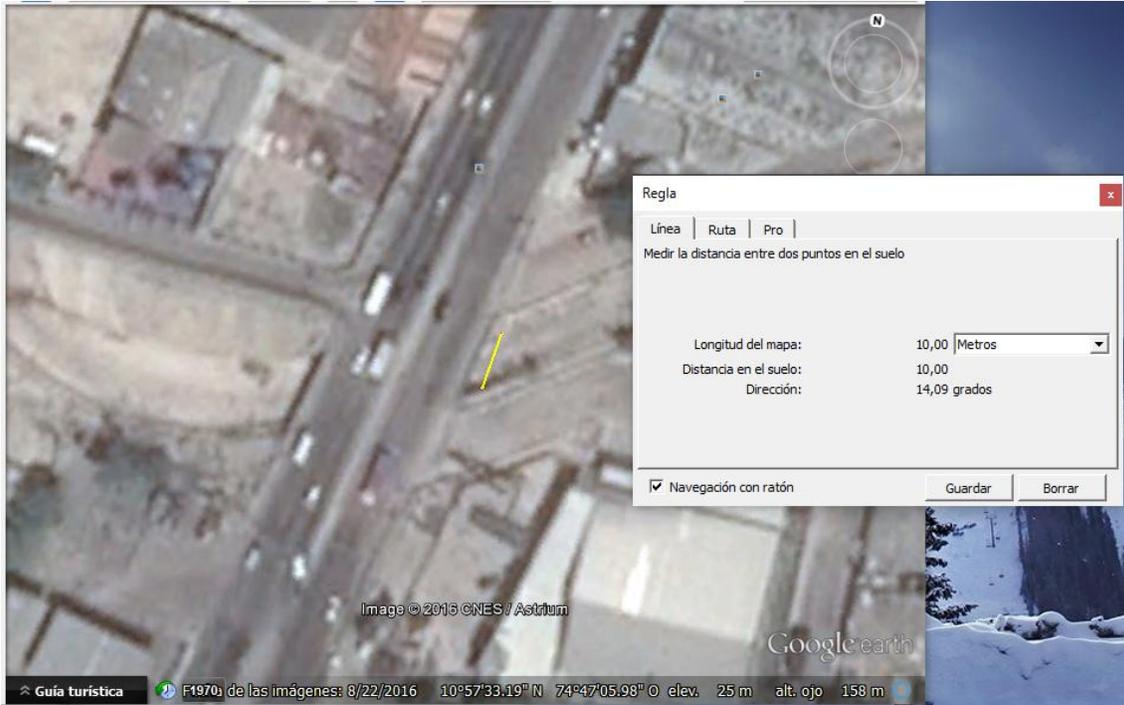


Figura 25. Sección canal artificial de desagüe.

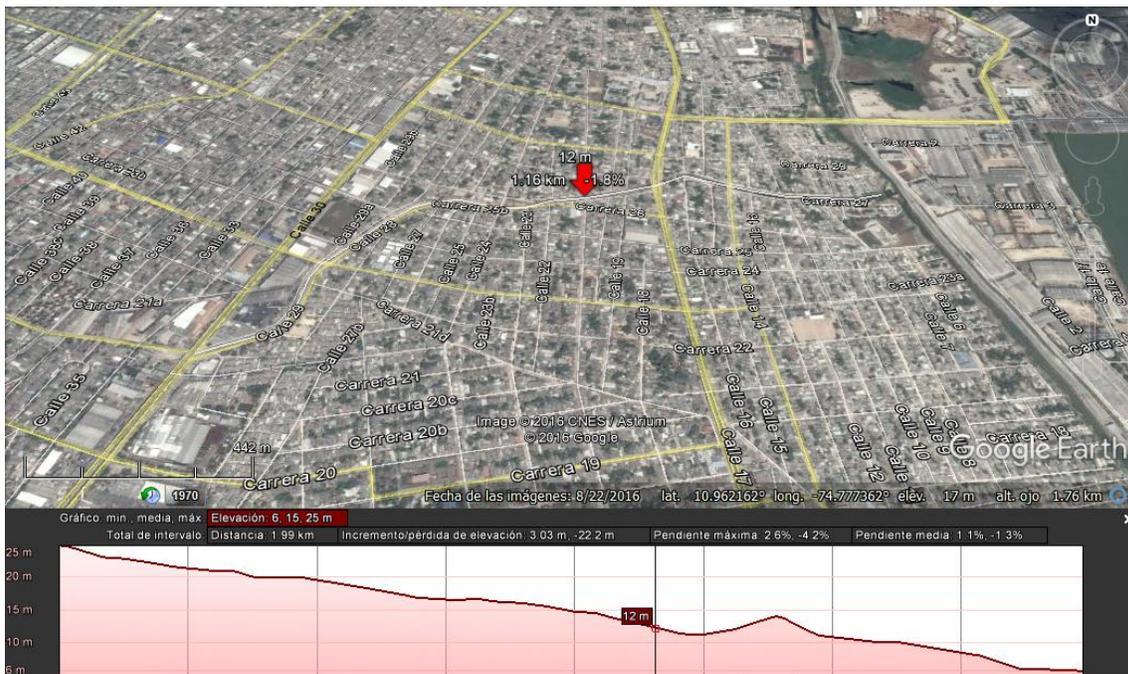


Figura 26. Sección longitudinal canal de desagüe.



Figura 27. Vista general tramo inicial canal de desagüe.

El coeficiente de rugosidad de Manning que le corresponde al canal artificial de desagüe final según la **Tabla 1**, dada su composición de hormigón reforzado, es el de hormigón, del cual se obtendrá el valor medio.

### 3.3.2.7. Estado

De acuerdo a las bases fotográficas el estado del canal artificial desde el punto de vista estructural e hidráulico se encuentra en condiciones óptimas.

### 3.3.2.8. Funcionalidad

Encauzar la corriente de agua proveniente de la cuenca Rebolo, la cual transita actualmente en su mayoría por las vías públicas de la ciudad especialmente en la cra 21.

### 3.3.2.9. Capacidad hidráulica en lámina libre y régimen uniforme

Longitud: 1.99 km  
 Cota en cabecera: 25m  
 Cota de desagüe: 6m  
 Pendiente Longitudinal: 0.0095  
 N de Manning: 0.015  
 Ancho Medio: 10 m  
 Profundidad Media: 1.80m

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Ecuación 3. Ecuación de Manning.

$$Q = \frac{1}{0.015} * (10m * 1.8m) * \left( \frac{10m * 1.8m}{10m + 2 * 1.8m} \right)^{\frac{2}{3}} * 0.0095^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = 140.99 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 3.4. Datos Poblacionales

Basándonos en la información brindada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y por la normativa que rige los diseños del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS 2000) en Colombia, se tiene que “para colectores principales o emisarios finales el horizonte temporal de diseño mínimo debe ser 25 años, para cualquier nivel de complejidad del sistema” (RAS 2000). Por lo tanto, tomamos este como el mínimo horizonte temporal de diseño y se evalúa también para el máximo el horizonte temporal de diseño que depende del nivel de complejidad que resulte 30 años. Entonces nuestros años proyectados si contamos desde el presente (2016) serían el 2041 y 2046.

Tabla 2. Censos DANE en la Ciudad de Barranquilla.

AÑO	POBLACION
1993	993759 <sup>[1]</sup>
2005	1112889
2012	1200000 <sup>[2]</sup>

El método de cálculo para la proyección de la población depende del nivel de complejidad del sistema. La normativa recomienda el uso de los siguientes modelos matemáticos para el cálculo de la población: Aritmético, geométrico y exponencial, seleccionando el modelo que mejor se ajuste al comportamiento histórico de la población. Para la presente tesina se realizará el cálculo de las proyecciones con el método aritmético siendo este el que mejor se ajusta al crecimiento poblacional mostrado en Barranquilla (**Figura 10**), para posteriormente verificar a qué nivel de complejidad corresponde.

#### 3.4.1. Método Aritmético

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} * (T_f - T_{uc})$$

Ecuación 4. Método Aritmético (Fuente: Título B, RAS 2000)

Donde:

$P_f$ : Población (hab) correspondiente al año para el que se quiere proyectar la población.

$P_{uc}$ : Población (hab) correspondiente al último año censado con información.

$P_{ci}$ : Población (hab) correspondiente al censo inicial con información.

$T_{uc}$ : Año correspondiente al último año censado con información.

$T_{ci}$ : Año correspondiente al censo inicial con información.

$T_f$ : Año al cual se quiere proyectar la información.

Por lo tanto si reemplazamos los datos correspondientes al año 1993 y 2005 (**Tabla 2**) tenemos:

Para 25 años periodo de diseño:

$$P_f = 1112889 \text{ hab} + \frac{1112889 \text{ hab} - 993759 \text{ hab}}{2005 - 1993} * (2041 - 2005)$$

$$P_f = 1470279 \text{ hab}$$

Para 30 años periodo de diseño:

$$P_f = 1112889 \text{ hab} + \frac{1112889 \text{ hab} - 993759 \text{ hab}}{2005 - 1993} * (2046 - 2005)$$

$$P_f = 1519917 \text{ hab}$$

### 3.4.2. Cálculo de población para área de estudio

Como se puede observar el cálculo de proyección de población corresponde a la totalidad del área de la ciudad de Barranquilla (154 km<sup>2</sup>, ver Características Generales Pág. 7), pero este proyecto solo se enfoca en el área correspondiente a la cuenca del Rebolo la cual cuenta con una dimensión de 5.16 km<sup>2</sup>, por tal razón sacaremos la población correspondiente al proyecto mediante un coeficiente poblacional de área.

$$P_{fZ} = \frac{P_f}{A_t} * A_z$$

**Ecuación 5. Población proyectada zona de estudio.**

Donde:

$P_{fZ}$ : Población proyectada zona de estudio.

$P_f$ : Población final proyectada de la ciudad.

$A_t$ : Área total ciudad.

$A_z$ : Área de la zona estudiada.

$$P_{fz} = \frac{1519917 \text{ hab}}{154 \text{ Km}^2} * 5.16 \text{ km}^2$$

$$P_{fz} = 50928 \text{ hab}$$

### 3.4.3. Cálculo del nivel de complejidad

Una vez realizada la proyección con los diferentes métodos y observando el límite superior del rango de población (50928 hab), identificamos el nivel de complejidad que le corresponde al proyecto mediante la **Tabla 3**.

Tabla 3. Asignación del nivel de complejidad. (Fuente: Título A. Tabla A.3.1. RAS 2000)

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana <sup>[3]</sup> (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios <sup>[4]</sup>
Bajo	<2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	>60000	Alta

**Notas:**

[3] Proyectado al periodo de diseño, incluida la población flotante.

[4] Incluye la capacidad económica de población flotante. Debe ser evaluada según metodología del DNP.

Como se puede observar la población 50928 habitantes, no iguala, ni supera los 60000 habitantes por lo tanto pertenece a un nivel de complejidad **Medio Alto**.

### 3.4.4. Cálculo del horizonte temporal de diseño

Como lo determinamos anteriormente, el nivel de complejidad es **Medio Alto**, con lo cual según la Tabla B.4.2 Título B Ras 2000 (**Tabla 4**), nos indica que el periodo máximo de diseño para la cuenca del arroyo Rebolo en la ciudad de Barranquilla, será de 25 años.

Tabla 4. Período de diseño según el Nivel de Complejidad del Sistema. (Fuente: Título B. Tabla B.4.2. RAS 2000)

Nivel de complejidad del sistema	Periodo de diseño
Bajo	15 años
Medio	20 años
Medio Alto	25 años
Alto	30 años

### 3.4.5. Cálculo final de población proyectada

Siguiendo las recomendaciones de la normativa vigente, tenemos que, para la zona de Barranquilla, motivo del presente proyecto, los métodos a emplear serían el aritmético, geométrico y exponencial, como se muestra en la Tabla B.2.1. Título B RAS 2000 (**Tabla 5**). La ampliación de estos métodos se observa en el Título B de la normativa RAS 2000. Para nuestro caso de estudio, se debe proyectar la población a 25 años, como se mencionó previamente si analizamos el comportamiento del crecimiento que se muestra en la **Figura 10** se observa con claridad que el método que mejor se ajusta es el aritmético, valor que se detalla en la **Tabla 6**.

**Tabla 5. Métodos de cálculo permitidos según el Nivel de Complejidad del Sistema. (Fuente: Título B. Tabla B.2.1. RAS 2000)**

Método por emplear	Nivel de Complejidad del Sistema			
	Bajo	Medio	Medio alto	Alto
Aritmético, Geométrico y exponencial	X	X		
Aritmético + Geométrico + exponencial + otros			X	X
Por componentes (demográfico)			X	X
Detallar por zonas y detallar densidades			X	X

En la **Tabla 6** se muestra la población resultante por el método aritmético para los 25 años de proyección.

**Tabla 6. Resultado de proyección de población por método aritmético a 25 años.**

Año/ Población	Aritmético (hab)
2041	49264

Adicionalmente si tenemos en cuenta que el análisis se realizará para un periodo de 25 años, por lo tanto, la proyección empleada es para el 2041, mirando los datos de la **Tabla 6**, observamos que la población final será de 49264 habitantes para la zona de estudio, la cual sigue correspondiendo a un nivel de complejidad del sistema **Medio Alto**.

### 3.5. Datos Pluviométricos.

Para entender la importancia de las características pluviométricas de una zona en específico, se debe conocer su interacción con el medio. Interacción que depende del uso y composición del suelo, características geomorfológicas de la zona, climatológica e hidrológica, entre otras.

Para conocer la información pluviométrica para el presente proyecto, en Colombia se cuenta con el servicio del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), el cual posee a nivel nacional un total de 4483 estaciones, conformadas por estaciones meteorológicas, hidrológicas e hidrometeorológicas.

Enfocados al área donde se encuentra la cuenca motivo de estudio de la presente tesina, se tiene, a nivel departamental que el IDEAM posee en el Departamento del Atlántico 67 estaciones en total conformadas por 51 estaciones meteorológicas, 13 hidrológicas y 3 hidrometeorológicas. Mientras que a nivel municipal Barranquilla cuenta con 5 estaciones meteorológicas y 3 hidrológicas. Dado que la zona de estudio se encuentra al sur occidente de la ciudad casi pegada con el límite político del municipio de Barranquilla y el de Soledad, para la presente tesina se escogieron los datos recolectados por la estación meteorológica Aeropuerto Ernesto Cortissoz siendo ésta la más cercana a la cuenca de Rebolo.

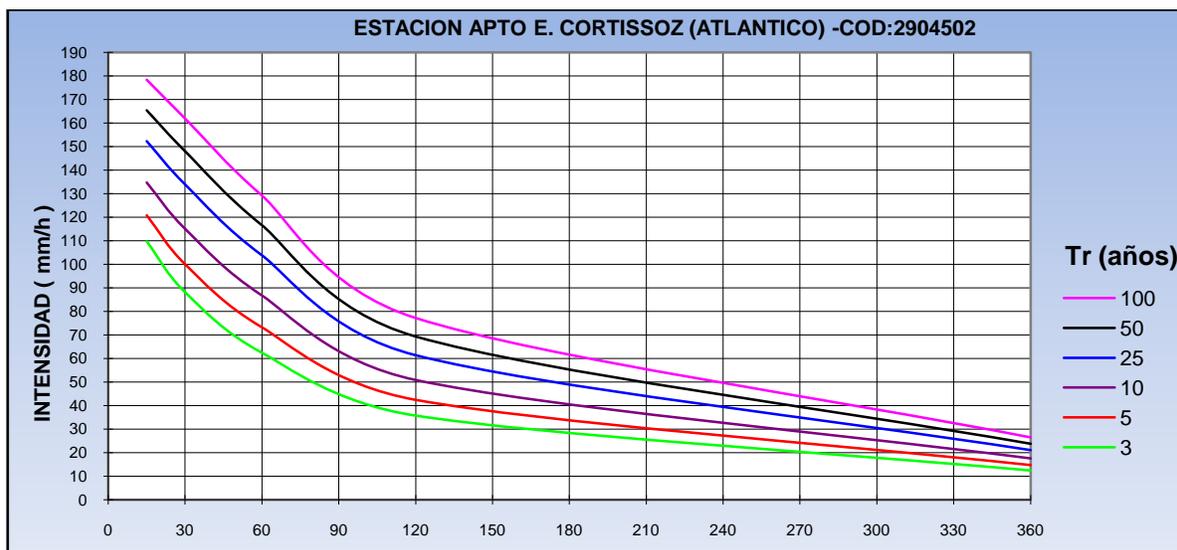
Las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) constituyen la base pluviométrica para la estimación de los caudales de diseño. Estas curvas sintetizan las características de los eventos extremos máximos de precipitación de una determinada zona y definen la intensidad media de lluvia para diferentes duraciones de eventos de precipitación con periodos de retorno específicos. (RAS 2000).

La normativa colombiana vigente ofrece recomendaciones mínimas para estimar la curva IDF a partir de las precipitaciones presentadas en el área de estudio, aplicando diferentes métodos en función del nivel de complejidad como se muestra en la **Tabla 7**. Dado que en este caso se cuenta con la curva IDF proporcionada por la estación meteorológica Aeropuerto Ernesto Cortissoz, siendo esta local y cumpliendo así con lo mínimo exigido para un nivel de complejidad **Medio Alto**, el cual exige mínimo una regional, no se procede al cálculo de la misma.

**Tabla 7. Curvas IDF. (Fuente: Título D. Tabla D.4.1. RAS 2000)**

<b>Nivel de complejidad del sistema</b>	<b>Obtención mínima de curvas IDF</b>
Bajo y medio	Sintética
Medio alto	Información pluviográfica regional
Alto	Información pluviográfica local

Figura 28. Curva de Intensidad-Duración-Frecuencia estación A.E. Cortissoz. (Fuente: IDEAM).



En la **Tabla 8** se presentan los valores correspondientes a las intensidades para los diferentes periodos de retorno, propios de cada duración de la tormenta en intervalos de 15 minutos para una duración total de 2 horas.

Tabla 8. Relaciones Intensidad - Duración - Frecuencia, Estación: 2904502. Intensidades en mm/h. (Fuente: IDEAM).

DURACION Minutos	PERIODO DE RETORNO, años					
	3	5	10	25	50	100
15	109.7	120.8	134.7	152.3	165.3	178.3
30	88.1	100.0	115.0	133.9	147.9	161.8
60	62.4	73.2	86.7	103.8	116.5	129.1
120	35.7	42.4	50.8	61.4	69.3	77.1
360	12.4	14.7	17.5	21.1	23.8	26.4

### 3.5.1. Periodo de Retorno.

De acuerdo a la normativa vigente el periodo de retorno de diseño debe determinarse de acuerdo con la importancia de las áreas y con los daños, perjuicios o molestias que las inundaciones periódicas puedan ocasionar a los habitantes, tráfico vehicular, comercio, industria, etc. Como se mencionó previamente en el capítulo uno, dicha problemática genera perjuicios de gran magnitud.

Por lo tanto, la selección del periodo de retorno está asociada a las características de protección e importancia del área de estudio, en consecuencia, su valor debe estar justificado.

Con el nivel de complejidad se justificará el nivel de protección que debe tener la estructura y con este a su vez el periodo de retorno dependiendo ciertas características del sistema como se muestra en la **Tabla 10**.

**Tabla 9. Grado de protección según el nivel de complejidad del sistema.**  
(Fuente: Título D. Tabla D.4.3. RAS 2000)

Nivel de complejidad del sistema	Grado de protección igual o mayor al:
Bajo	Mínimo
Medio	Mínimo
Medio Alto	Aceptable
Alto	Recomendado

Dado que el nivel de complejidad del sistema corresponde a **Medio Alto** y que el área de la cuenca analizada es 516.84 ha, basándonos en la **Tabla 10**, el periodo de retorno mínimo es de 5 años, pero siendo este muy corto para el análisis de la problemática presente se procede a escoger como periodo de retorno de diseño 25 años.

**Tabla 10. Periodos de retorno o grado de protección.** (Fuente: Título D. Tabla D.4.2. RAS 2000)

Características del área de drenaje	Mínimo (años)	Aceptable (años)	Recomendado (años)
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 ha	2	2	3
Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 ha	2	3	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 ha	2	3	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 ha	5	5	10
Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores de 1000 ha	10	25	25
Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 ha	25	25	50

### 3.6. Criterios de Diseño

#### 3.6.1. Intensidad de precipitación

Siguiendo la normativa, la intensidad de precipitación que debe usarse en la estimación del caudal pico de aguas lluvias corresponde a la intensidad media de precipitación dada por las curvas IDF para el periodo de retorno de diseño definido y con una duración equivalente al tiempo de concentración de la escorrentía.

Los valores de intensidad dados por las curvas IDF corresponden a valores puntuales representativos de áreas relativamente pequeñas. En la medida en que las áreas de drenaje consideradas se hacen más grandes, la intensidad media de la lluvia sobre éstas se reduce en razón de la variabilidad espacial del fenómeno de precipitación. En consecuencia, resulta conveniente considerar factores de reducción de la intensidad media de la precipitación en la medida en que el área de drenaje se incrementa. (RAS 2000).

**Tabla 11. Factor de reducción. (Fuente: Título D. Tabla D.4.4. RAS 2000)**

Áreas de drenaje (ha)	Factor de reducción
50-100	0.99
100-200	0.95
200-400	0.93
400-800	0.90
800-1600	0.88

Dado que el área de nuestra cuenca corresponde a 516.84 ha el factor de reducción que corresponde según la **Tabla 11** es de 0.90.

### 3.6.2. Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía, C, es función del tipo de suelo, del grado de permeabilidad de la zona, de la pendiente del terreno y otros factores que determinan la fracción de la precipitación que se convierte en escorrentía. En su determinación deben considerarse las pérdidas por infiltración en el suelo y otros efectos retardadores de la escorrentía. De igual manera, debe incluir consideraciones sobre el desarrollo urbano, los planes de ordenamiento territorial y las disposiciones legales locales sobre uso del suelo. El valor del coeficiente C debe ser estimado tanto para la situación inicial como la futura, al final del periodo de diseño. (RAS 2000).

**Tabla 12. Coeficiente de escorrentía o impermeabilidad. (Fuente: Título D. Tabla D.4.5. RAS 2000).**

Tipo de superficie	C
Cubiertas	0.75-0.95
Pavimentos asfálticos y superficies de concreto	0.70-0.95
Vías adoquinadas	0.70-0.85
Zonas comerciales o industriales	0.60-0.95
Residencial con casas contiguas, predominio de zonas duras	0.75
Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre éstos	0.60-0.75
Residencial unifamiliar. con casas contiguas y predominio de jardines	0.40-0.60
Residencial con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados	0.45
Residencial con predominio de zonas verdes y parques-cementerios	0.30
Laderas sin vegetación	0.60
Laderas con vegetación	0.30

De igual forma la normativa recomienda que cuando se tengan áreas de drenaje que incluyan subáreas con coeficientes de escorrentía diferentes, el valor de  $C$  representativo del área debe calcularse como el promedio ponderado con las respectivas áreas.

$$C = \frac{(\sum C * A)}{\sum A}$$

Ecuación 6. Ponderación de coeficiente de escorrentía.

### 3.6.3. Tiempo de concentración

Se define como el tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de una cuenca estén aportando agua de escorrentía de forma simultánea al punto de salida, punto de desagüe o punto de cierre. Está determinado por el tiempo que tarda en llegar a la salida de la cuenca el agua que procede del punto hidrológicamente más alejado, y representa el momento a partir del cual el caudal de escorrentía es constante, al tiempo que máximo; el punto hidrológicamente más alejado es aquél desde el que el agua de escorrentía emplea más tiempo en llegar a la salida. (Gisbert B. Juan, Moreno R. Héctor, Ibañez A. Sara.)

Este está compuesto por el tiempo de entrada, correspondiente al tiempo requerido para que la escorrentía llegue al sumidero del colector y el tiempo de recorrido, el cual se asocia con el tiempo de viaje del agua dentro del colector hasta el punto de desagüe.

$$T_C = T_e + T_t$$

Ecuación 7. Tiempo de concentración. (Fuente: Título D. Ecuación D.4.3. RAS 2000).

Las ecuaciones recomendadas por la normativa RAS 2000 para el cálculo del tiempo de entrada son las siguientes:

Ecuación de la FAA de los Estados Unidos:

$$T_e = \frac{0,707 * (1,1 - C) * L^{\frac{1}{2}}}{S^{\frac{1}{3}}}$$

Ecuación 8. Tiempo de entrada por FAA. (Fuente: Título D. Ecuación D.4.4. RAS 2000).

Donde:

$T_e$ : Tiempo de entrada dado en [minutos].

$C$ : Coeficiente de escorrentía.

$L$ : Longitud de recorrido superficial en [m].

$S$ : Pendiente del terreno en [m/m].

La fórmula de Kerby:

$$T_e = 1,44 * \left( \frac{Lm}{S^2} \right)^{0.467}$$

**Ecuación 9. Tiempo de entrada por Kerby. (Fuente: Título D. Ecuación D.4.5. RAS 2000).**

Donde:

$T_e$ : Tiempo de entrada dado en [minutos].

$m$ : Coeficiente de retardo.

$L$ : Longitud de recorrido superficial en [m].

$S$ : Pendiente del terreno en [m/m].

Donde  $m$  depende del tipo de superficie ver **Tabla 13**.

**Tabla 13. Coeficiente de retardo. (Fuente: Título D. Tabla D.4.6. RAS 2000).**

Tipo de superficie	$m$
Impermeable	0.02
Suelo sin cobertura. compacto y liso	0.10
Superficie sin cobertura moderadamente rugosa	0.20
Pastos	0.30
Terrenos arborizados	0.70
Pastos densos	0.80

Ecuación del Soil Conservation Service (SCS):

$$T_e = \frac{L}{60 * V_s}$$

**Ecuación 10. Tiempo de entrada por SCS. (Fuente: Título D. Ecuación D.4.6. RAS 2000).**

Donde:

$T_e$ : Tiempo de entrada dado en [minutos].

$L$ : Longitud de recorrido superficial en [m].

$V_s$ : Velocidad media de escorrentía superficial sobre el área de drenaje [m/s] y puede aproximarse a:

$$V_s = a * S^{\frac{1}{2}}$$

**Ecuación 11. Velocidad media de escorrentía. (Fuente: Título D. Ecuación D.4.7. RAS 2000).**

Donde:

$S$ : Pendiente del terreno en [m/m].

$a$ : Constante que depende del tipo de superficie, ver **Tabla 14** :



Tabla 14. Constante a de velocidad superficial. (Fuente: Título D. Tabla D.4.7. RAS 2000).

Tipo de superficie	a
Bosque con sotobosque denso	0.70
Pastos y patios	2.00
Áreas cultivadas en surcos	2.70
Suelos desnudos	3.15
Áreas pavimentadas y tramos iniciales de quebradas	6.50

Mientras tanto la normativa nos dice que el tiempo de recorrido en un colector se puede calcular como:

$$T_t = \frac{L_c}{60 * V}$$

Ecuación 12. Tiempo de recorrido. (Fuente: Título D. Ecuación D.4.8. RAS 2000).

Donde:

$T_e$ : Tiempo de recorrido dado en [minutos].

$V$ : Velocidad media del flujo en el colector [m/s].

$L_c$ : Longitud del colector en [m].

Proponiéndonos tiempos mínimos para cada uno y condiciones en caso de confluencia de tramos de colectores.

- ✓ El tiempo de concentración mínimo en pozos iniciales es 10 minutos y máximo 20 minutos.
- ✓ El tiempo de entrada mínimo es 5 minutos.
- ✓ Si dos o más colectores confluyen a la misma estructura de conexión, debe considerarse como tiempo de concentración en ese punto el mayor de los tiempos de concentración de los respectivos colectores.

### 3.6.4. Diámetro mínimo

La normativa RAS 2000, establece que el diámetro nominal mínimo permitido en redes de sistemas de recolección y evacuación de aguas lluvias es 250 mm. Sin embargo, en casos especiales, en particular para niveles de complejidad del sistema bajo y medio, y con plena justificación por parte del diseñador, puede reducirse en los tramos iniciales a 200 mm.

### 3.6.5. Velocidad mínima

En cuanto a la velocidad mínima requerida, la normativa establece que la mínima real permitida en el colector es 0.75 m/s para el caudal de diseño y que en cada tramo debe verificarse el comportamiento auto limpiante del flujo, para lo cual es necesario utilizar el criterio de esfuerzo cortante medio. Se establece, por lo tanto, que el valor del esfuerzo cortante medio sea mayor o igual a 3.0 N/m<sup>2</sup> (0.3 Kg/m<sup>2</sup>) para el caudal

de diseño, y mayor o igual a  $1.5 \text{ N/m}^2$  ( $0.15 \text{ Kg/m}^2$ ) para el 10% de la capacidad a tubo lleno.

### 3.6.6. Velocidad máxima

La normativa interacciona los valores máximos permisibles para la velocidad media en los colectores con el tipo de material que están contruidos éstos, buscando así una relación en función de su sensibilidad a la abrasión. Los valores permitidos se muestran en la **Tabla 15**, para valores mayores se deberá demostrar la resistencia del material a ello.

Tabla 15. Velocidades máximas permisibles. (Fuente: Título D. Tabla D.4.8. RAS 2000).

Tipo de material	V (m/s)
Ladrillo común	3.0
Ladrillo vitrificado y gres	5.0
Concreto	5.0
PVC	10.0

### 3.7. Referencias.

- [2] ALCALDIA DE BARRANQUILLA DISTRITO ESPECIAL. INDUSTRIAL Y PORTUARIO. (2012). “Plan de desarrollo 2012 - 2015 del Distrito Especial. Industrial y Portuario de Barranquilla”  
<[http://www.barranquilla.gov.co/component/docman/doc\\_download/1487-plan-de-desarrollo-2012--2015-barranquilla-florece-para-todos](http://www.barranquilla.gov.co/component/docman/doc_download/1487-plan-de-desarrollo-2012--2015-barranquilla-florece-para-todos)> [Consultado: 10 de octubre de 2016].
- Chow. V.T. (1994). “Hidráulica de Canales Abiertos” McGraw-Hill Interamericana S.A. Santafé de Bogotá. Colombia.
- [1] DANE. (1993). “XVI censo nacional de población y v de vivienda - 1993 “  
<[https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/poblacion\\_vivienda/poblacion\\_colombia.XLS](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/poblacion_vivienda/poblacion_colombia.XLS)> [Consultado: 10 de octubre de 2016].
- Gisbert B. Juan, Moreno R. Héctor, Ibañez A. Sara. (2011). “Métodos para determinar el tiempo de concentración de una cuenca hidrográfica”  
<<https://riunet.upv.es/handle/10251/10779>> [Consultado: 28 de octubre de 2016].
- Ministerio de Desarrollo Económico (2000). “Resolución No. 1096/2000 de noviembre de 2000. por la cual se adopta el Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico”



- Ministerio de Desarrollo Económico (2000). “SECCIÓN I. TITULO A: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable Y Saneamiento Básico - Revisión 1” Pag. A.9.
- Ministerio de Desarrollo Económico (2000). “SECCION II. TÍTULO B SISTEMAS DE ACUEDUCTO” Pags. B30-B31. B55.
- S.M. Woodward and C. J Posey (1949). “Hydraulics of steady flow in open channels”
- United States Geological Survey. “Verified Roughness Characteristics of Natural Channels” encontrado en Surface-Water Field Techniques <<http://www.camnl.wr.usgs.gov/sws/fieldmethods/Indirects/nvalues/>> [Consultado: 09 de Noviembre de 2016].

## 4. Alternativas, prediseño y modelo de drenaje.

### 4.1. Introducción.

El presente capítulo resume los estudios previos que se realizaron sobre la cuenca de Rebolo para establecer el diseño final de la red de alcantarillado. En estos se analizaron las estructuras existentes (**3.3 Estructuras existentes.**) y diferentes trazados que se podrían desarrollar para el sistema de alcantarillado pluvial en el cual se incluían o excluían las mismas. Así mismo, se muestra una breve reseña de las características del método de cálculo escogido para el diseño y la posterior modelización de la red de alcantarillado pluvial de la cuenca Rebolo en la ciudad de Barranquilla-Colombia.

En aras de obtener un análisis detallado y un diseño óptimo de la red de alcantarillado pluvial, se especificarán los parámetros hidrológicos e hidráulicos necesarios para el modelo.

### 4.2. Trazados preliminares para diseño de la red.

#### 4.2.1. Red 1.

Este sistema de alcantarillado plantea la inclusión de las estructuras existentes como parte de la solución al problema, aprovechando así su capacidad y trazado natural o artificial. El trazado de la presente red se puede apreciar en la **Figura 29**.

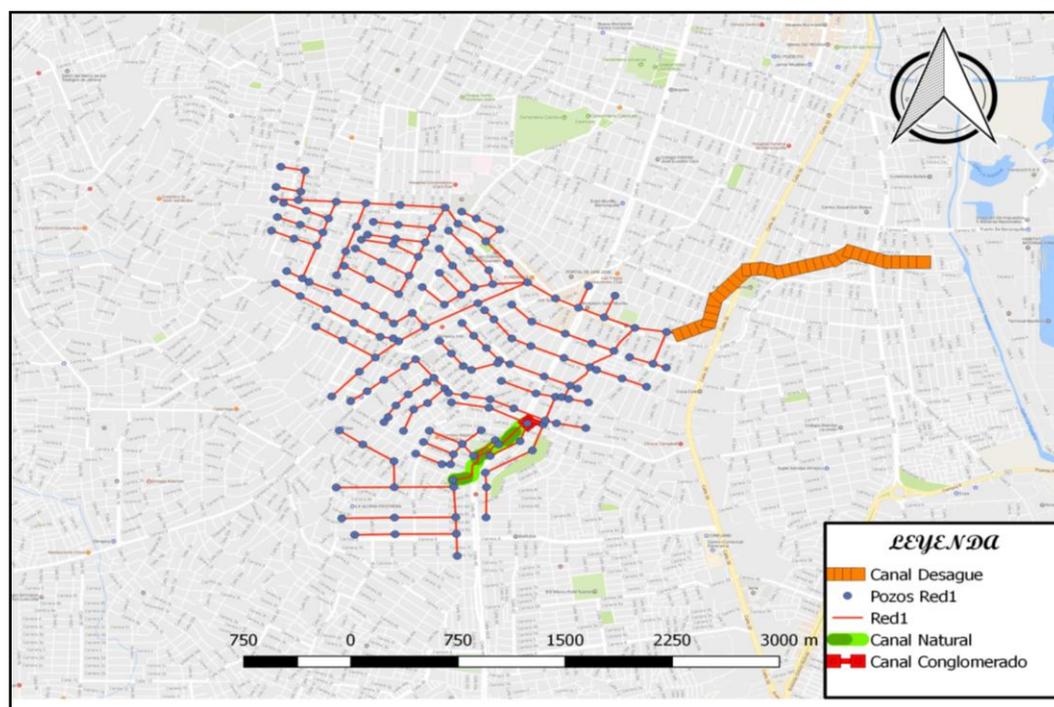


Figura 29. Trazado en planta de la Red 1. Fuente: (Elaboración propia).

#### 4.2.2. Red 2.

Por otro lado, el segundo trazado de la red de alcantarillado plantea la exclusión de las estructuras existentes como parte de la solución al problema, facilitando el trazado y el cálculo posterior de la red. El trazado de la presente red se puede apreciar en la **Figura 30**.

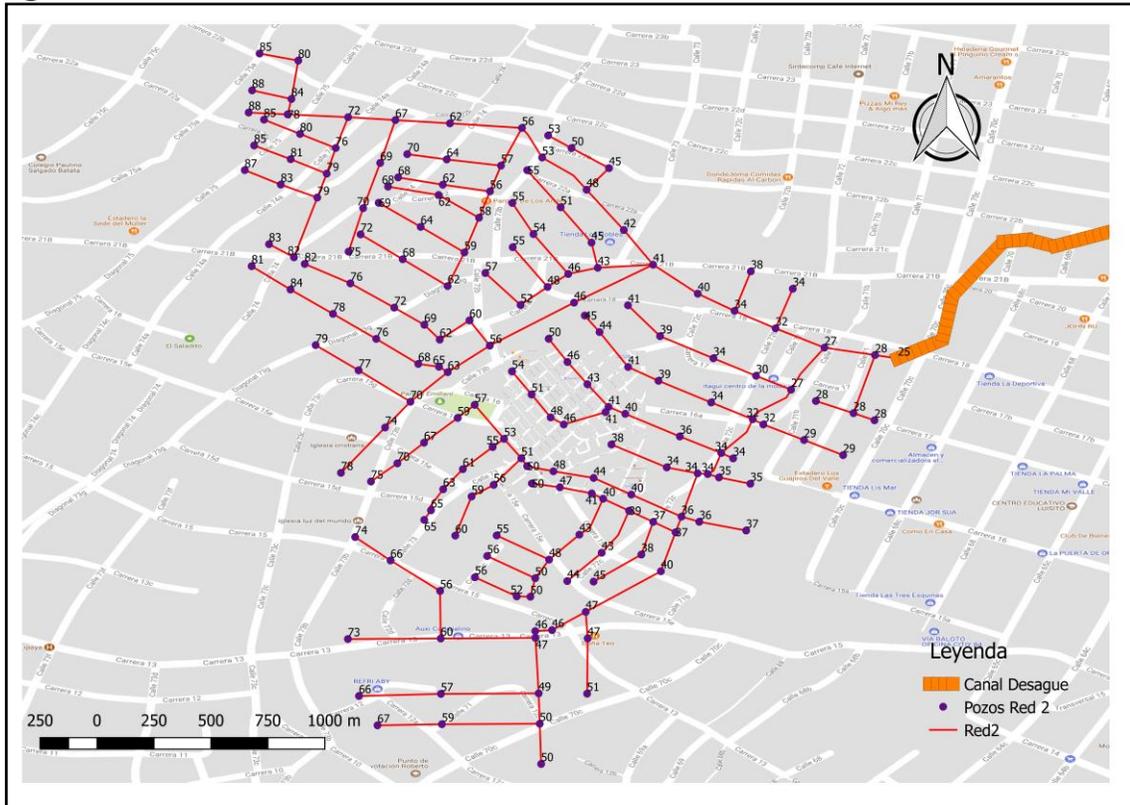


Figura 30. Trazado en planta de la Red 2. Fuente: (Elaboración propia).

Respecto al trazado anterior solo se evidencia cambios en el área perimetral del Canal natural entre Calle 45 y Carrera 11ª y del Canal artificial entre carrera 11ª y calle 40. Dejando así, en este planteamiento los mencionados canales por fuera del sistema de alcantarillado.

#### 4.3. Cálculo previo mediante método racional.

La información conseguida para el diseño de la red de alcantarillado pluvial de la cuenca de Rebolo, en Barranquilla (Colombia), fue proporcionada en formato de software de Sistema de Información Geográfica. Esto permitió una mejor proyección de toda la red utilizando un sistema de coordenadas "WGS 84 UTM Zona 30N. Una vez diseñada la red, se estimaron los diámetros de las tuberías mediante el cálculo del caudal por el método racional observado en la **Ecuación 13** Cabe resaltar que los

pozos y tuberías fueron fijados con los siguientes parámetros: coordenadas, cota de fondo, altura y por otro lado nodo de entrada, nodo de salida, longitud, entre otros.

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Ecuación 13. Ecuación caudal método racional. (Fuente: Título D. Ecuación D.4.1. RAS 2000).

Donde:

$Q$ : Caudal de agua lluvia [ $m^3/s$ ].

$C$ : Coeficiente de escorrentía.

$I$ : Intensidad de la Lluvia [ $mm/hr$ ].

$A$ : Área tributaria [ $ha$ ].

### 4.3.1. Coeficiente de escorrentía.

El coeficiente de escorrentía depende de la superficie y sus características, siguiendo la normativa y basándonos en los 4 tipos de superficie que se podían apreciar en la cuenca como se muestra en la **Figura 31**. Los coeficientes de escorrentía según la normativa colombiana son los mostrados en la **Tabla 12. Coeficiente de escorrentía o impermeabilidad. (Fuente: Título D. Tabla D.4.5. RAS 2000)**. Basados en esta tabla según la similitud con las condiciones reales, los coeficientes escogidos fueron los siguientes:

Tabla 16. Coeficiente de escorrentía para las superficies del proyecto.

Tipo de superficie	C
Calles	0.83
Residencial	0.75
Zona Verde	0.30
Campos	0.28

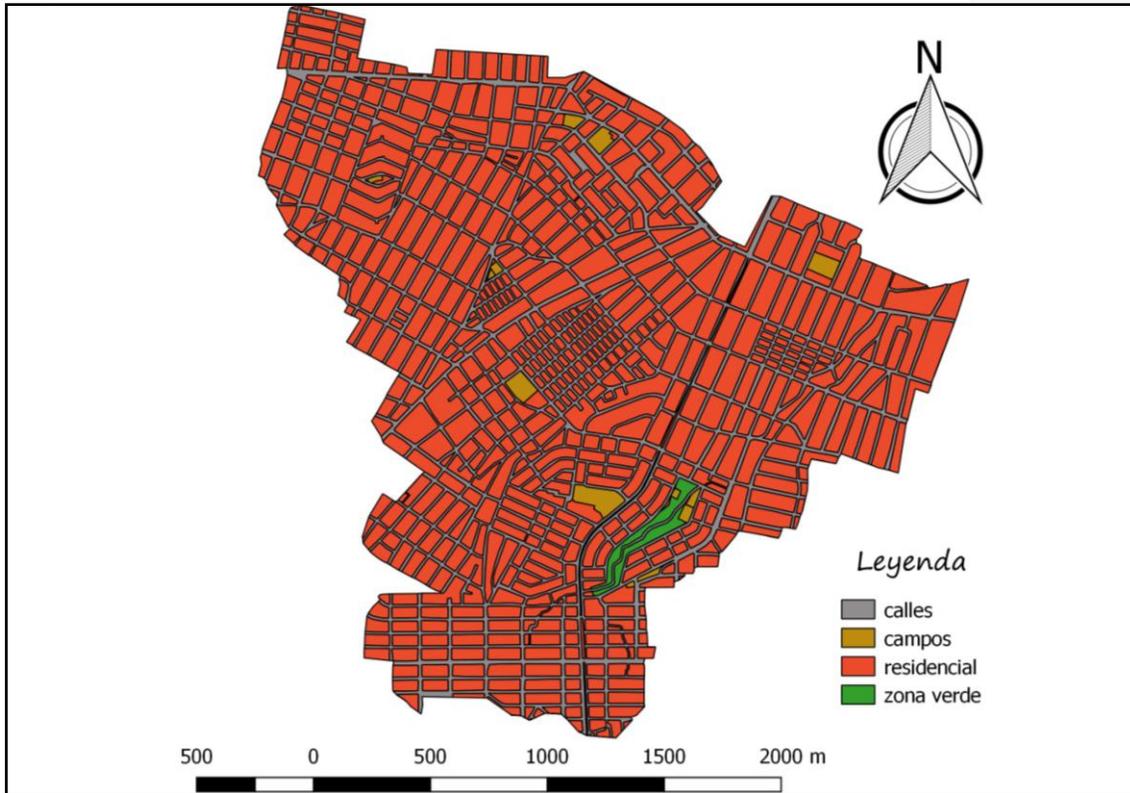


Figura 31. Tipos de superficies en la cuenca. Fuente: (Elaboración propia).

### 4.3.2. Intensidad de la lluvia.

Partiendo de la curva IDF de la estación Aeropuerto Ernesto Cortissoz (**Figura 28**) de la ciudad de Barranquilla y teniendo en cuenta el periodo de diseño escogido en el numeral (**3.5.1. Periodo de Retorno.**), Se obtuvo la intensidad de lluvia para cada punto de cálculo mediante la curva IDF previamente indicada, siendo en cada caso la duración del chaparrón, la correspondiente al tiempo de concentración en dicho punto, afectada por el correspondiente coeficiente de reducción en función de la variabilidad espacial en cada caso.

### 4.3.3. Área Tributaria.

Para el cálculo de las subcuencas de cada nodo se utilizó la herramienta (Polígonos de Voronoi) del software QGIS 2.14, los cuales corresponden a los conocidos polígonos de Thiessen, quedando la siguiente topología para la Red 1 (**Figura 32**) y para la Red 2 (**Figura 33**).

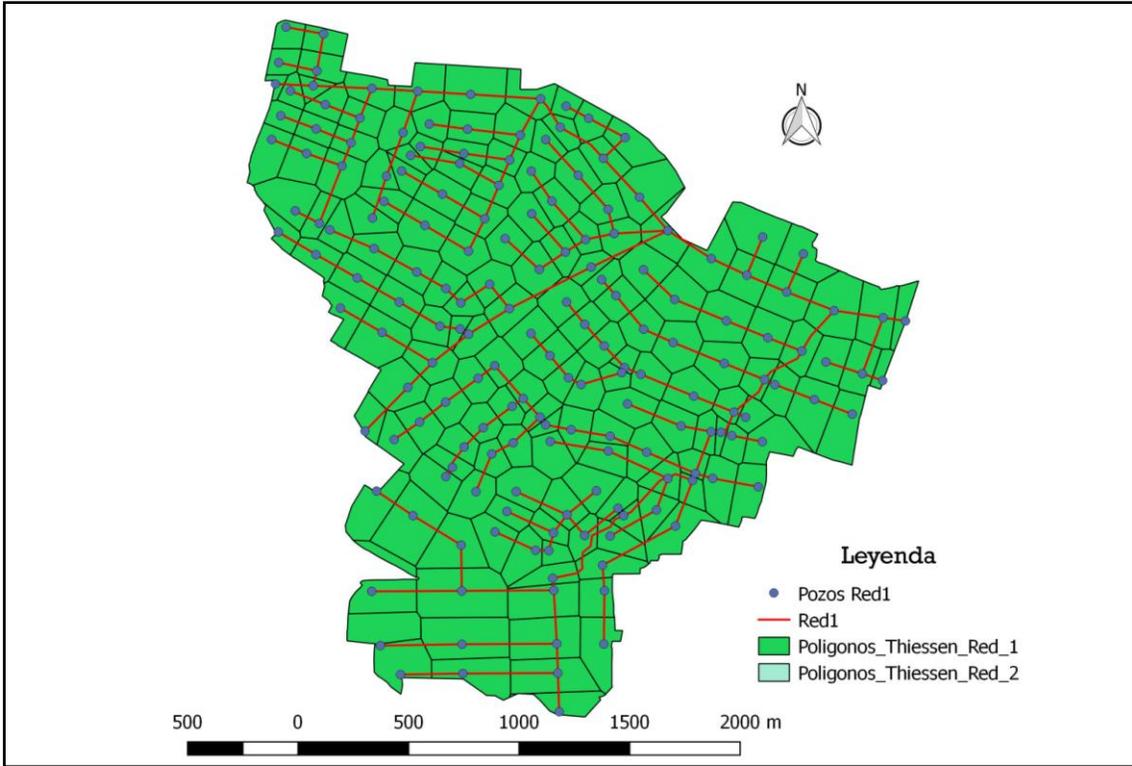


Figura 32. Áreas tributarias Red 1. Fuente: (Elaboración propia).

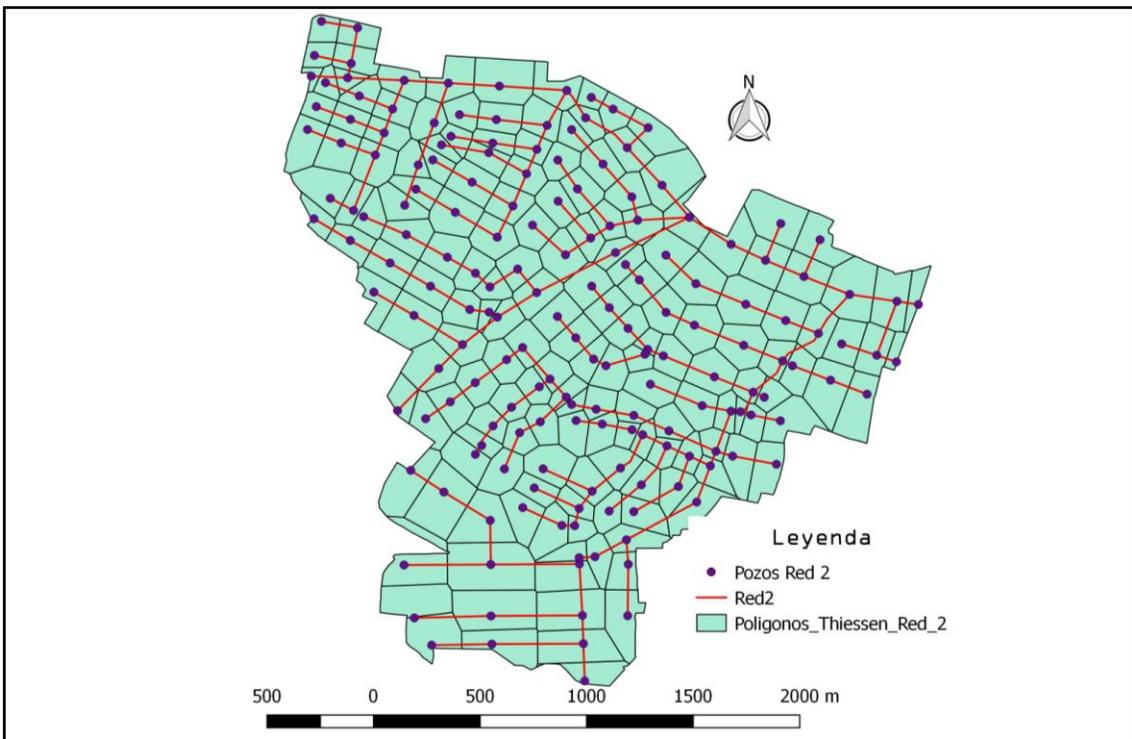


Figura 33. Áreas tributarias Red 2. Fuente: (Elaboración propia).

Posteriormente se le asignó a cada subcuenca la respectiva división de áreas correspondientes a los diferentes tipos de superficie, quedando como se muestra en la **Figura 34**.

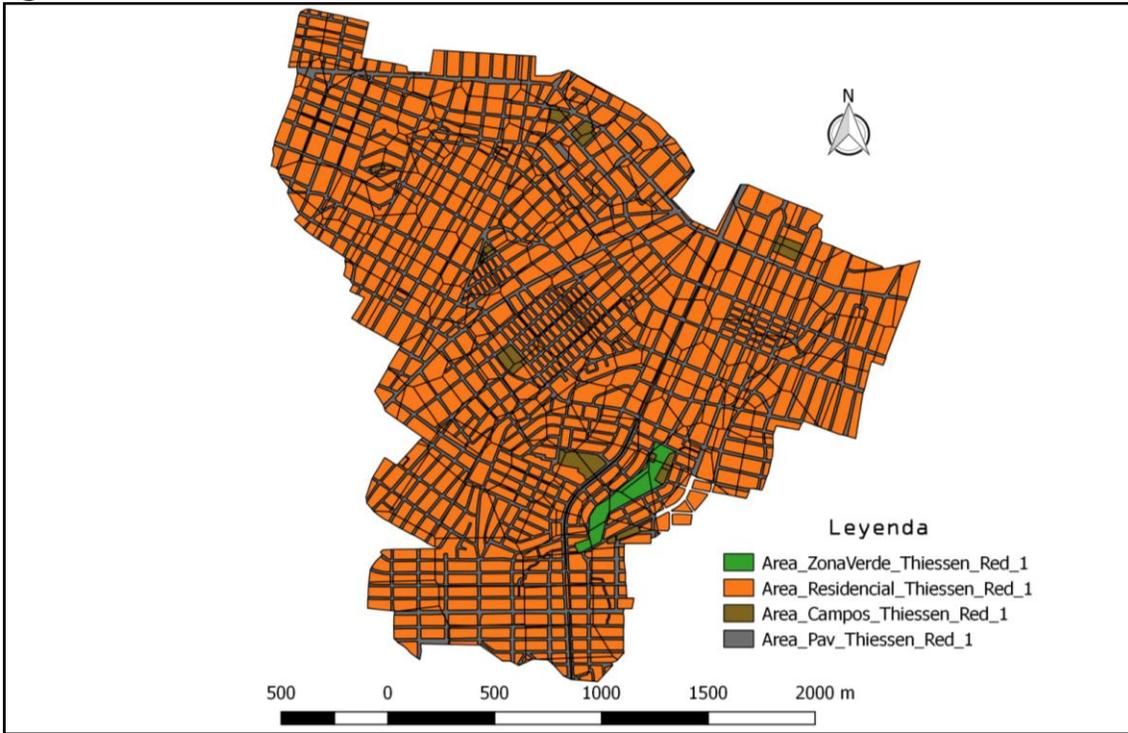


Figura 34. Áreas tributarias afectadas por tipo de superficie Red 1. Fuente: (Elaboración propia).

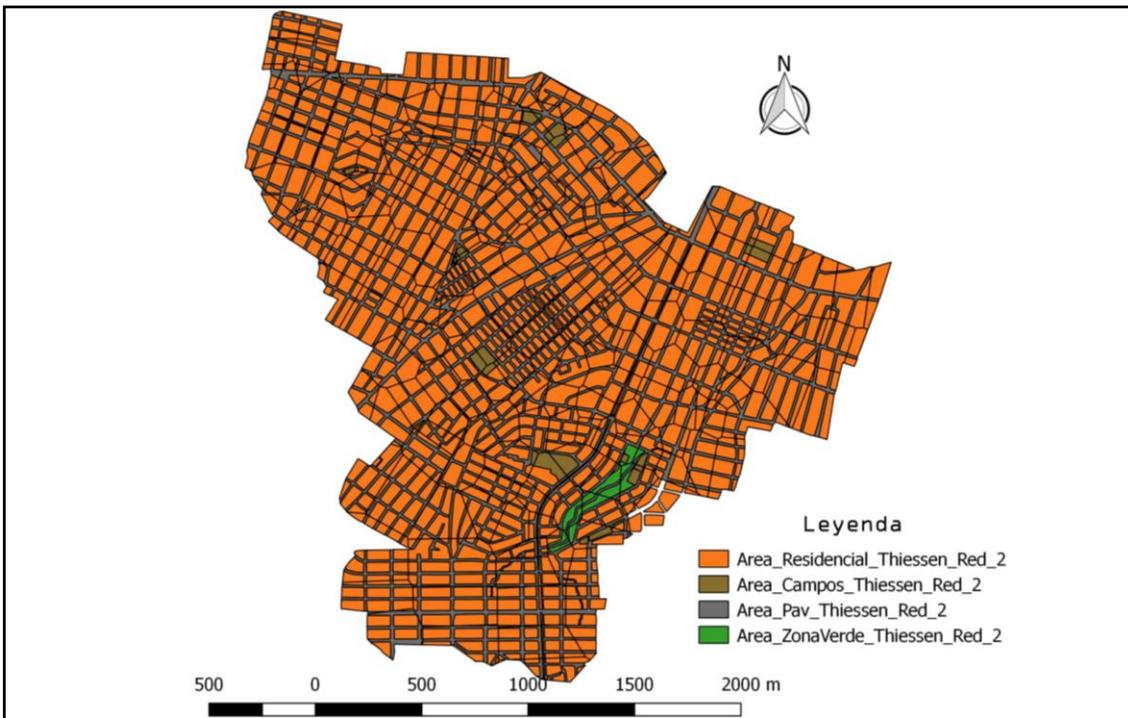


Figura 35. Áreas tributarias afectadas por tipo de superficie Red 2. Fuente: (Elaboración propia).

Una vez se obtuvieron todos los datos de entrada se procedió a realizar el cálculo por el método racional consiguiendo los resultados mostrados en el **Anexo 1**, **Anexo 2** y **Anexo 3**.

#### 4.3.4. Resultados método racional Red 1.

Observando la **Figura 36** comprobamos que las tuberías que descargan al canal natural corresponden a la 19 y 181 con caudales de  $14.8\text{m}^3/\text{s}$  y  $6,9\text{m}^3/\text{s}$  (**Anexo 1**) respectivamente, para un total de  $21.7\text{ m}^3/\text{s}$ . Comprobando así que la carga que le llega sobrepasa su capacidad ( $5.0\text{ m}^3/\text{s}$ ), cómo se demostró en el numeral **3.3.1.4**. Por tal motivo se descarta la Red 1 al ser el canal natural insuficiente para drenar adecuadamente el caudal generado aguas arriba del mismo

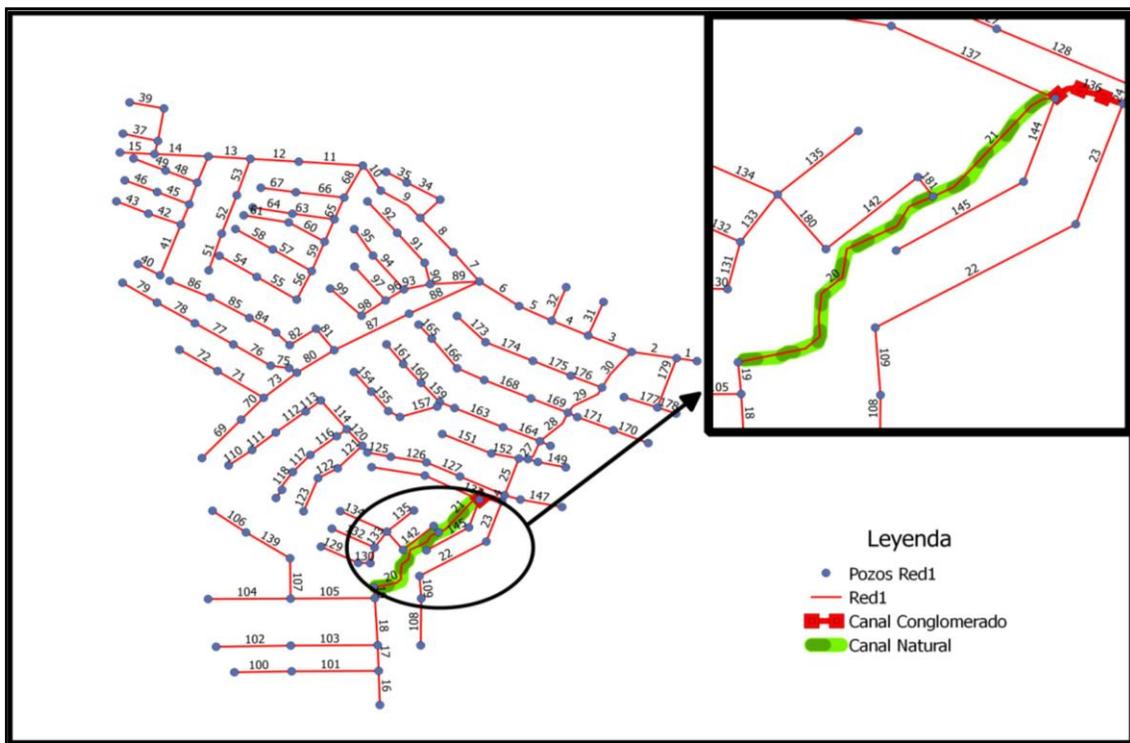


Figura 36. Sección ampliada canal natural y canal artificial de conglomerado. Fuente: (Elaboración propia).

#### 4.3.5. Resultados método racional Red 2.

Realizando el cálculo por el método racional para la Red 2 se obtuvieron los resultados mostrados en el **Anexo 2**, donde se evidencia la necesidad de colocar colectores en paralelo en el colector principal de la carrera 21 desde el tramo 6 hasta el tramo 1 de desagüe, así como también en el colector principal de la calle 40 desde el tramo 28 al 30 correspondiente al punto de intersección con el colector principal de la carrera 21.

Las velocidades para los distintos tramos cumplen las velocidades máximas permitidas (**Tabla 15**), como se evidencia en el **Anexo 3**.

#### **4.4. Modelo matemático de drenaje para la cuenca.**

Una vez pre dimensionado el sistema, se procede a elaborar un modelo matemático de drenaje del mismo con objeto de validar y, en su caso, optimizar el diseño.

Como instrumento válido para el desarrollo del presente trabajo fin de máster, se utilizó el Storm Water Management Model (modelo de gestión de aguas pluviales), desarrollado por la Agencia de Protección del Medioambiente - EPA de los Estados Unidos.

SWMM es un modelo dinámico de simulación de lluvia-escorrentía, que posee la capacidad de calcular la cantidad de escorrentía y al mismo tiempo evaluar la eficacia de las estrategias de mitigación utilizadas para garantizar la seguridad y conservación del sistema, analizando un único evento de precipitación o efectuando una simulación continua en periodo de tiempo extendido. Es utilizado principalmente en cuencas urbanas dado que permite simular el comportamiento hidrológico e hidráulico y de calidad de un sistema de drenaje urbano.

Se trata de un modelo que se desarrolló en 1971, el cual, a raíz de su experiencia por los años de circulación en el mercado, de aplicaciones realizadas con el mismo y las continuas mejoras en su esquema de funcionamiento, se ha validado y consolidado como uno de los modelos más aptos para la simulación de cuencas urbanas.

El “Modelo de Gestión de Aguas Pluviales” – EPA SWMM 5.0, edición actual, que corresponde a la 5ª versión del programa, permite simular tanto la cantidad como la calidad del agua evacuada básicamente a través de alcantarillados urbanos. El módulo de escorrentía o hidrológico de SWMM funciona con una serie de cuencas en las cuales cae la precipitación y se origina la escorrentía. Por otro lado, el modelo de transporte o hidráulico analiza el recorrido de ésta agua mediante un sistema compuesto por tuberías, canales, dispositivos de almacenamiento y tratamiento, bombas y elementos reguladores. Adicionalmente siendo este útil para realizar seguimiento a la evolución de los diferentes parámetros, tales como: cantidad y calidad del agua de escorrentía de cada cuenca, nivel de agua en los pozos, calidad del agua en cada tubería o canal durante la simulación, mediante mapas de contorno, isolíneas, gráficos, tablas, diagramas de perfil y análisis estadísticos de frecuencia (National Risk Management Research Laboratory, 2005).

##### **4.4.1. Características del Modelo Hidrológico EPA SWMM.**

El modelo EPA SWMM considera distintos procesos hidrológicos que se producen en la salida de las aguas urbanas, entre los cuales se encuentran las siguientes:

- Precipitaciones variables en el tiempo
- Evaporación de las aguas superficiales estancadas
- Acumulación y deshielo de nieve
- Intercepción de precipitaciones por almacenamiento en depresiones
- Infiltración de las precipitaciones en capas del suelo no saturadas
- Entrada del agua de la infiltración en acuíferos
- Intercambio de flujo entre los acuíferos y el sistema de transporte
- Modelo de depósitos no lineales para el flujo superficial

La variabilidad espacial de estos procesos previamente mencionados se alcanza fraccionando una determinada área de estudio en áreas de captación de aguas más pequeñas y homogéneas, teniendo cada una de estas sus subareas impermeables y permeables. Para esto SWMM nos permite analizar la escorrentía entre las distintas subareas, subcuencas y diferentes puntos de captación.

Adicionalmente SWMM, contiene un conjunto de herramientas de modelación de características hidráulicas que incluyen la capacidad de manejar redes de tamaño ilimitado, utilizar una amplia variedad de geometrías para las conducciones, modelar elementos espaciales como unidades de almacenamiento y tratamiento, aplicar caudales externos y concentraciones para determinar la calidad de agua, realizar análisis hidráulico por distintos métodos como el flujo uniforme, modelar distintos regímenes de flujo, aplicar controles dinámicos, entre otros (National Risk Management Research Laboratory, 2005).

#### **4.4.2. Aplicaciones de SWMM.**

Se escogió el presente modelo dado las diversas aplicaciones que este nos presenta como son:

- El diseño de estrategias de control de la red para minimizar el número de descargas de sistemas de evacuación de aguas residuales.
- Diseño y dimensionamiento de los componentes del sistema de drenaje para el control de inundaciones.
- Dimensionamiento de los centros de detención y sus accesorios para control de inundaciones y protección de la calidad del agua.
- Cartografía de la llanura aluvial de los sistemas de canales naturales (SWMM 5 es un modelo aprobado por FEMA para los estudios NFPI).
- Diseñar estrategias de control para minimizar desbordamientos combinados de alcantarillado.
- Evaluar el impacto de la afluencia y la infiltración a los desbordamientos de drenaje sanitario.
- La generación de cargas no puntuales de fuentes de contaminantes para los estudios de asignación de carga de residuos.
- SWMM simula tormentas sobre la base de ingreso de precipitaciones (histogramas) a sistemas de alcantarillado y presenta resultados en forma de

valores cuantitativos y cualitativos.

## 4.5. Módulos del modelo.

El programa está dividido en varios módulos, siendo unos computacionales y otros de servicio. Entre los computacionales encontramos Runoff, Transport, Extran, y Storage/Treatment; y en los de servicio: Executive, Rain, Temp, Graph y Statistics.

Dado que la zona de estudio no se pretende considerar los efectos de la nieve, debido a que no son propios de la zona y tampoco se pretende evaluar la calidad de las aguas o simulación continua, los módulos que centran la atención del estudio de la presente tesina son: RUNOFF, para el proceso de transformación lluvia – escorrentía y EXTRAN (Extended Transport), para el cálculo hidráulico de los conductos.

### 4.5.1. Módulo RUNOFF.

El presente modelo tiene como función simular los fenómenos de transformación de lluvia en escorrentía para una cuenca específica y con estos generar hidrogramas de entrada en la red de drenaje. Por tal razón se procede a dividir en un número determinado de subcuencas, generando que cada una de estas posea su escorrentía particular, la cual posteriormente será introducida a la red por un determinado punto o nodo de entrada, siendo en la mayoría de los casos a un imbornal.

Los cálculos para la determinación de la escorrentía se basan en un modelo de depósitos modificado con la onda cinemática. El modelo divide cada subcuenca en tres zonas, una permeable sin retención superficial, otra impermeable sin retención y por ultimo una permeable con retención, todo esto en función de los porcentajes de impermeabilidad y de retención introducidos al modelo.

La escorrentía generada se aproxima al funcionamiento de cada una de estas zonas a un depósito no lineal, como el que se muestra en la **Figura 37**.

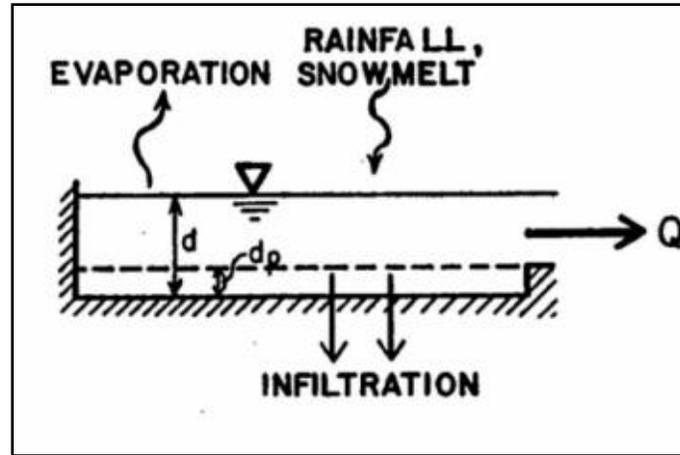


Figura 37. Esquema de cálculo del módulo RUNOFF de SWMM. Fuente: (Huber & Dickinson, 1992).

El caudal de salida se define como:

$$Q = \frac{W}{n} (d - d_p)^{\frac{5}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Ecuación 14. Ecuación del caudal de salida.

Donde:

- $Q$ : Caudal de salida de la subcuenca [ $m^3/s$ ].
- $W$ : Ancho de la subcuenca [ $m$ ].
- $n$ : Coeficiente de rugosidad de Manning.
- $d$ : Profundidad de la capa de agua [ $m$ ].
- $d_p$ : Profundidad de retención superficial [ $m$ ].
- $S$ : Pendiente.

La ecuación del depósito no lineal se crea a partir de la resolución de un sistema de ecuaciones que involucran la ecuación de Manning y la de continuidad.

$$\frac{dV}{dt} = A * \frac{dd}{dt} = A * i - Q$$

Ecuación 15. Ecuación del depósito no lineal.

- $V$ : Volumen de agua en la subcuenca ( $V=A \cdot d$ ) [ $m^3$ ].
- $d$ : Profundidad del agua o calado [ $m$ ].
- $t$ : Tiempo [ $s$ ].
- $A$ : Superficie de la subcuenca [ $m^2$ ].
- $i$ : Lluvia neta (precipitación menos infiltración y evaporación) [ $m/s$ ].
- $Q$ : Caudal de salida de la subcuenca [ $m^3/s$ ].

Combinando la **Ecuación 14** y **Ecuación 15**, se da lugar a la ecuación diferencial, no lineal, para el calado (**Ecuación 16**).

$$\frac{dd}{dt} = i - \frac{W}{A * n} (d - d_d)^{\frac{5}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

**Ecuación 16. Ecuación diferencial, no lineal, para el calado.**

#### 4.5.2. Módulo EXTRAN.

EXTRAN (Extended Transport Module) recoge los datos de salida del módulo RUNOFF, para tomarlos como datos de entrada, determinantes en el análisis de la evolución temporal del agua de escorrentía entrante a la red de colectores a través del imbornal (o nodos de entrada), para modelar el flujo del agua por la red, a través de los conductos, nodos y depósitos, mediante la resolución de las ecuaciones completas de Saint-Venant.

Las ecuaciones de Saint-Venant son las siguientes:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

**Ecuación 17. Ecuación de continuidad para secciones prismáticas.**

Donde:

A: Área de la sección.

Q: Caudal.

x: Distancia a lo largo del conducto.

t: Tiempo.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left( \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + g * A \frac{\partial H}{\partial x} + g * A * S_f = 0$$

**Ecuación 18. Ecuación de conservación de la cantidad de movimiento.**

Donde:

g: Gravedad.

H: Cota piezométrica (H = z + h).

z: Cota de la solera o lecho.

h: Calado.

S<sub>f</sub>: Pendiente de fricción, según la ecuación de Manning.

EXTRAN combina las ecuaciones de continuidad y conservación de cantidad de movimiento en una sola, que resuelve para todos los conductos en cada intervalo de tiempo.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} - 2V \frac{\partial A}{\partial t} - V^2 \frac{\partial A}{\partial x} + g * A \frac{\partial H}{\partial x} + g * A * S_f = 0$$

**Ecuación 19. Ecuación para todos los conductos en cada intervalo de tiempo.**

Donde:  
V: Velocidad media.

Por otra parte, EXTRAN, al reproducir el flujo gradualmente variado, permite la modelización de azudes, orificios, bombeos, compuertas, depósitos, redes malladas y vertidos, con las condiciones de contorno deseadas. A su vez EXTRAN para resolver este sistema de ecuaciones diferenciales, EXTRAN usa una descripción de la red en nodos (“junctions” o “nodes”) y conductos (“links”) con elementos singulares tales como los mencionados previamente, para representar matemáticamente el prototipo físico (**Figura 38**).

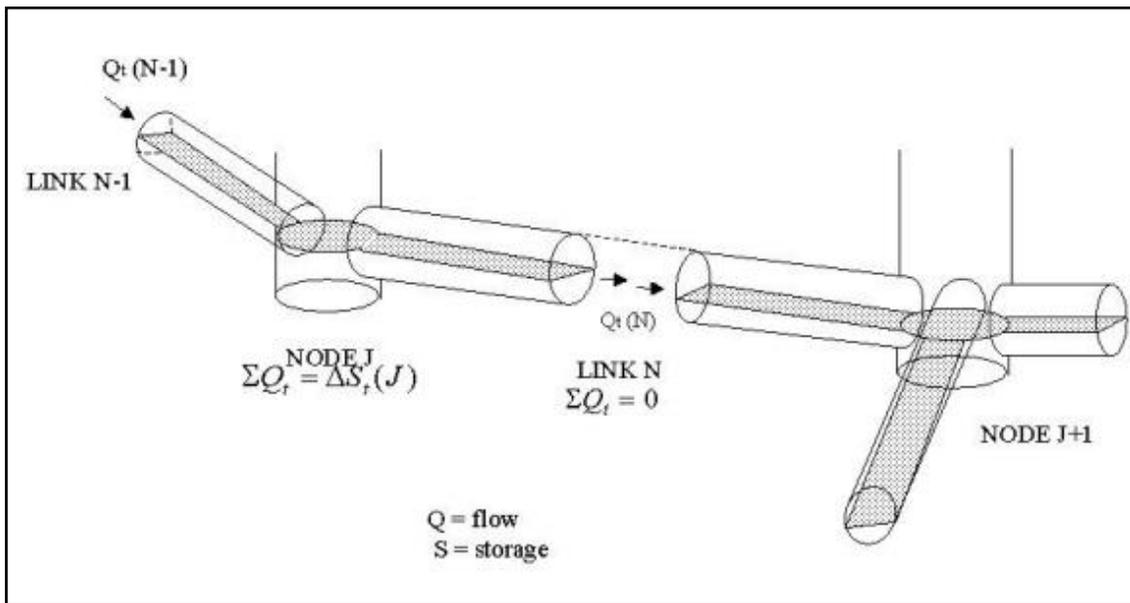


Figura 38. Representación conceptual del modelo EXTRAN de SWMM (Fuente: Guelph website).

#### 4.6. Generación de los elementos hidráulicos en el modelo..

En consecuencia a que previamente se realizó una estimación de diámetros por el método racional, se procedió a elaborar tablas del formato de SWMM para importarlas a un archivo INP y de esa forma tener el modelo de cuenca en el software para su posterior diseño. Una vez ingresado los datos nuestra cuenca quedo como se muestra en la **Figura 39**.

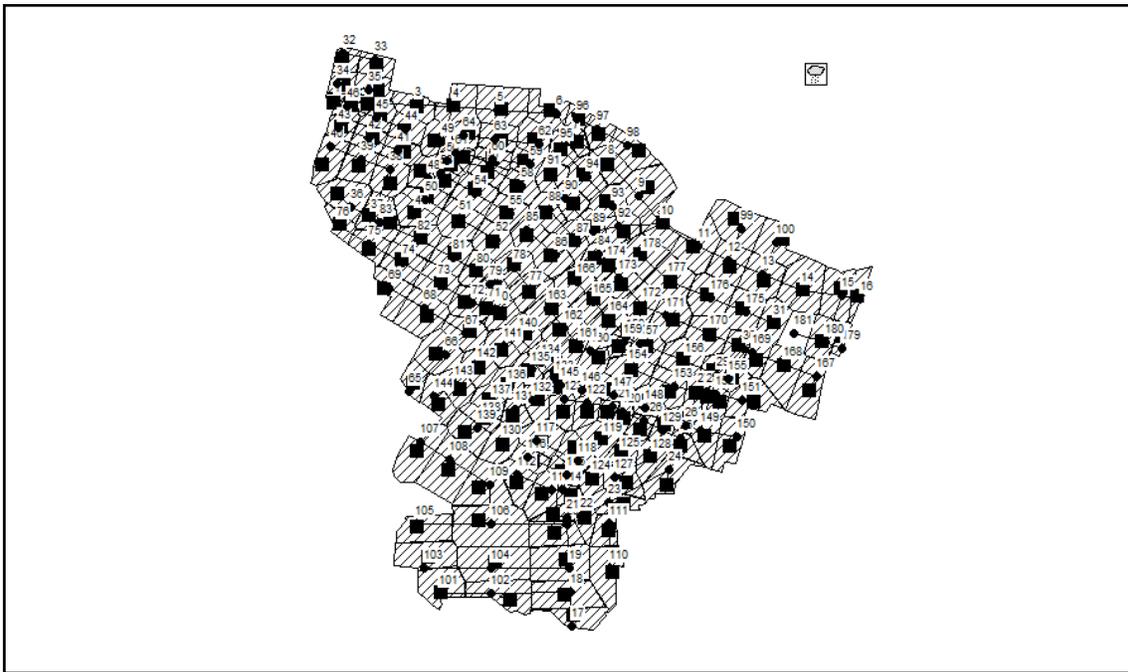


Figura 39. Proyección de la Red de Saneamiento de la Cuenca Rebolo. Barranquilla-Colombia (Fuente: Elaboración Propia).

#### 4.6.1. Elementos del modelo hidráulico en SWMM.

##### 4.6.1.1. Precipitación.

En la herramienta SWMM se permite simular varios tipos de precipitación y de generación de escorrentía como son precipitaciones de lluvia común o precipitaciones de nieve y deshielo de la misma (Manual de Usuario SWMM, 2005). Por motivo que la zona de estudio no presenta fenómenos de precipitación de nieve y por consecuencia no existe el fenómeno de deshielo, para el análisis de la red de alcantarillado pluvial para la cuenca Rebolo, se utilizará la lluvia de corta duración proporcionada por la estación pluviométrica "Aeropuerto Ernesto Cortissoz", (**Figura 28**).

##### 4.6.1.2. Subcuencas.

Las subcuencas o áreas tributarias corresponden a las del numeral 4.3.3, siendo estas las mismas que fueron calculadas para el método racional de la Red 2.

## 4.6.2. Parámetros del Modelo Hidráulico.

### 4.6.2.1. Rugosidad de los conductos.

La rugosidad de los conductos depende del material usado y toma importancia en la resistencia que esta aplica sobre el flujo, para el cálculo hidráulico del modelo de simulación el cual se realiza en base a la fórmula de manning para el flujo de canales abiertos. En el modelo se utilizaron dos tipos de tubería para la red de alcantarillado pluvial, los cuales fueron (PVC) correspondiente a un coeficiente de rugosidad “n” de 0.011 y Concreto liso que corresponde a un coeficiente de rugosidad “n” de 0.013. Esto se puede evidenciar en el **Anexo 2**.

### 4.6.3. Uso de Suelos

El uso de los suelos en la cuenca Rebolo ubicada al suroccidente de la ciudad de Barranquilla Colombia son los descritos a continuación:

- ✓ Calles pavimentadas
- ✓ Espacios abiertos con buena cobertura de pastos
- ✓ Zona residencial
- ✓ Espacios abiertos con poca cobertura de pastos

El método utilizado para representar las pérdidas de infiltración relacionadas con los usos de suelo presentes en la cuenca de Rebolo de Barranquilla, Colombia, es el método del Número de Curva.

El método del Numero de Curva, fue desarrollado por el entonces Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (U.S. Soil Conservation Service, SCS) actualmente conocido como el Servicio de Conservación de los Recursos Naturales de los Estados Unidos (U.S. Natural Resources Conservation Service -NRCS); permite determinar la precipitación efectiva producida por un evento de lluvia. El método asigna un número de curva (CN) característico de cada tipo de suelo de la cuenca, dependiendo de sus características de permeabilidad. Con este número de curva, el diseñador puede calcular el caudal de escorrentía directa. (RAS 2000, 2015).

$$P = \frac{(P_t - 0.2S)^2}{(P_t + 0.8S)}$$

Ecuación 20. Caudal de escorrentía directa. (Fuente: Título D. Ecuación D.4.8. RAS 2000).

Donde:

P: Profundidad de precipitación efectiva (m)

S: Retención potencial máxima (m).

$P_t$ : Profundidad de precipitación total (m).

Por otro lado el valor de la retención potencial máxima  $S$  se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$S = 25.4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

**Ecuación 21. Retención potencial máxima. (Fuente: Título D. Ecuación D.4.9. RAS 2000).**

Donde:

$CN$ : Valor del número de curva

El valor del número de curva ( $CN$ ) depende de tres aspectos, los cuales son: el grupo hidrológico del suelo, los antecedentes de humedad del suelo y su uso. Estos grupos hidrológicos se caracterizan dependiendo la textura del suelo y la capacidad de infiltración como se muestra en la **Tabla 17**.

**Tabla 17. Grupos hidrológicos del suelo para el método de infiltración del Soil Conservation Service. (Fuente: Título D. Tabla D.4.4. RAS 2000).**

Grupo hidrológico de suelo	Textura del suelo
A	Arena, arena margosa o marga arenosa (capacidad de infiltración mayor a 7.62 mm/h)
B	Limo margoso o marga (capacidad de infiltración de 3.81 a 7.62 mm/h)
C	Margas arcillo arenosas (capacidad de infiltración de 1.27 a 3.81 mm/h)
D	Marga arcillosa, marga arcillo limosa, arcilla arenosa, arcilla limosa o arcilla (capacidad de infiltración de 0 a 1.27 mm/h)

De acuerdo al grupo hidrológico, a la textura del suelo la cual en su mayoría es arena arcillosa y a la **Tabla 18**, los numero de curva para los tipos de suelos presentes en la cuenca de Rebolo son los mostrados en la **Tabla 19**.

**Tabla 18. Valores de números de curva para suelos con condiciones promedio de humedad para zonas urbanas. (Fuente: Título D. Tabla D.4.5. RAS 2000).**

Tipo de cobertura y condición hidrológica		Área impermeable promedio	Números de curva para cada tipo de suelos			
			A	B	C	D
Espacios abiertos	Cobertura pobre (cobertura de pastos < 50%)		68	79	86	89
	Cobertura parcial (cobertura de pastos de 50% a 75%)		49	69	79	84
	Cobertura buena (cobertura de pastos > 75%)		39	61	74	80
Áreas impermeables	Parqueaderos, techos, zonas pavimentadas, entre otros.		98	98	98	98
Calles y carreteras	Andenes pavimentados y sumideros		98	98	98	98
	Zanjas o diques pavimentados		83	89	92	93
	Zona cubierta de gravas		76	85	89	91
	Zona cubierta de arenas o polvo		72	82	87	89
Zonas urbanas	Zonas comerciales y de negocios	85%	89	92	94	95
	Zona industrial	72%	81	88	91	93
Zonas residenciales (por tamaño del lote)	500 m <sup>2</sup> o menos	65%	77	85	90	92
	1000 m <sup>2</sup>	38%	61	75	83	87
	1350 m <sup>2</sup>	30%	57	72	81	86
	2000 m <sup>2</sup>	25%	54	70	80	85
	4000 m <sup>2</sup>	20%	51	68	79	84
	8000 m <sup>2</sup>	12%	46	65	77	82
Áreas urbanas permeables en desarrollo y sin vegetación			77	86	91	94

**Tabla 19. Números de Curva según usos de suelo.**

Tipo de Uso de Suelo	Número de Curva (CN)
Calles pavimentadas	98
Espacios abiertos con buena cobertura de pastos	74
Zona residencial	90
Espacios abiertos con poca cobertura de pastos	86

Por motivo de que en cada área tributaria se encuentran los diferentes tipos de usos de suelos, se procedió a realizar una ponderación de cada una de las áreas permeables e impermeables con el fin de obtener un CN representativo y lo más realista posible de cada subcuenca. Una vez se obtuvo el valor para cada subcuenca o área tributaria se organizó la información en una tabla Excel, para posteriormente hacer la exportación al archivo INP de SWMM 5.0.

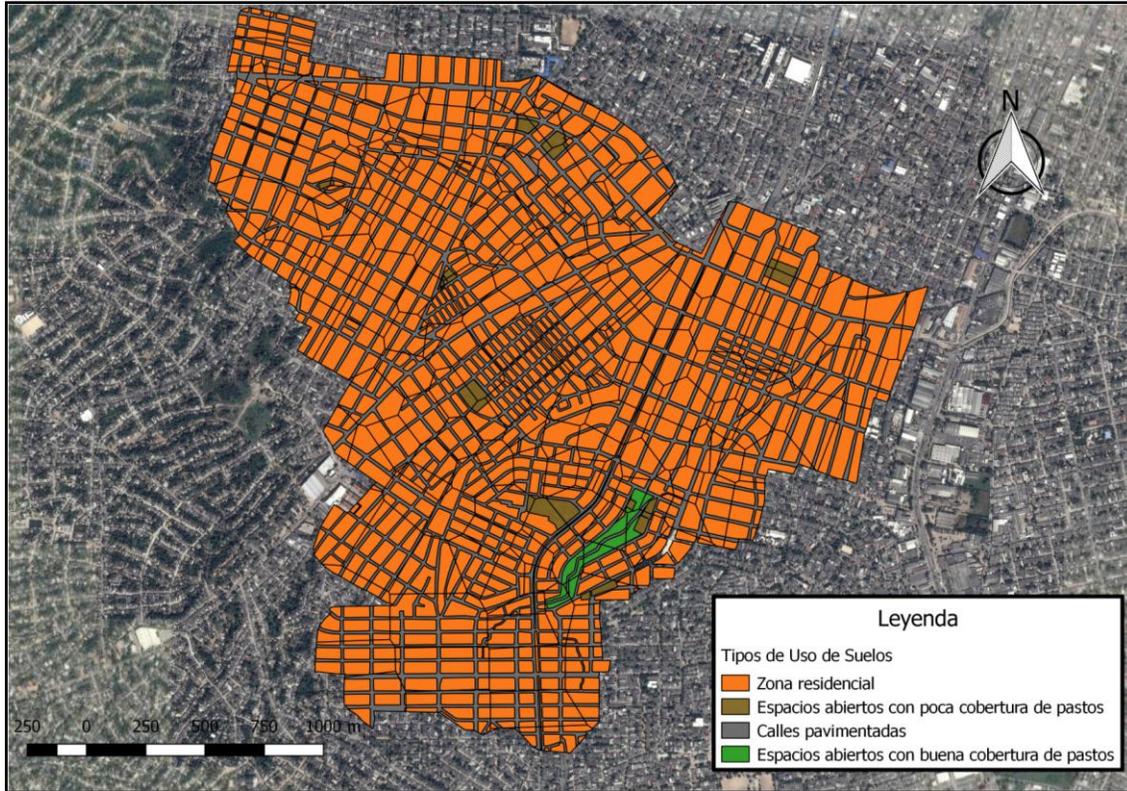


Figura 40. Tipos de usos de suelo. (Fuente: Elaboración Propia).

#### 4.6.4. Coeficiente de rugosidad de Manning “n” según usos del suelo.

Basándonos en los valores del coeficiente de rugosidad de Manning, dados por la Administración Federal de Carreteras de Washintong DC, los valores para nuestro proyecto se reflejan en la **Tabla 20**, los cuales fueron organizados en un archivo Excel y posteriormente trasladados al archivo INP de SWMM.

Tabla 20. Coeficiente de rugosidad de Maninng según usos de suelo. (Fuente: McCuen, R. et al. (1996), Hydrology, FHWA-SA96-067, Federal Highway Administration, Washington, DC. )

Tipo de Uso de Suelo	Coeficiente de rugosidad de Maninng
Calles pavimentadas	0.012
Espacios abiertos con buena cobertura de pastos	0.40
Zona residencial	0.013
Espacios abiertos con poca cobertura de pastos	0.05

#### 4.6.5. Longitud critica del flujo en superficie.

Este parámetro concierne a la longitud de recorrido máximo que tiene que realizar el flujo proveniente de escorrentía en cada subcuenca antes de ingresar a la red, obtiene

un valor específico elevado dado su importancia en el proceso de calibración de la escorrentía de las subcuencas. Dada la irregularidad de cada subcuenca y la elevada cantidad de las mismas se procedió a realizar una simplificación para este caso. La simplificación consiste en asumir cada subcuenca como rectangular y obtener el ancho medio de la misma por medio de la raíz cuadrada del área en unidades de metro como se muestra en la **Ecuación 22**.

$$Ancho_i = \sqrt{Area_{Subc_i}}$$

Ecuación 22. Ecuación longitud crítica del flujo en superficie.

#### 4.6.6. Pendiente media de las subcuencas drenantes.

Este valor representa la diferencia de alturas presentes dentro de un subcuenca, dado que en cada una pueden existir diferentes pendientes. Por las condiciones del terreno se procede a elegir el valor medio de dichas pendientes en unidades de porcentaje. Con la información topográfica de los pozos y de otras zonas del proyecto se procedió a realizar una interpolación triangular TIN mediante el software de Sistemas de Información Geográfica (QGIS 2.14.0) para poder crear un modelo digital del terreno (**Figura 41**), en el cual cada pixel posee información de coordenadas de posición (X, Y y Z). Una vez obtenida esta información se escogen dos puntos a los extremos de la subcuenca y conociendo la distancia entre estos y la diferencia de altura proporcionada por el modelo digital del terreno se calcula la pendiente.

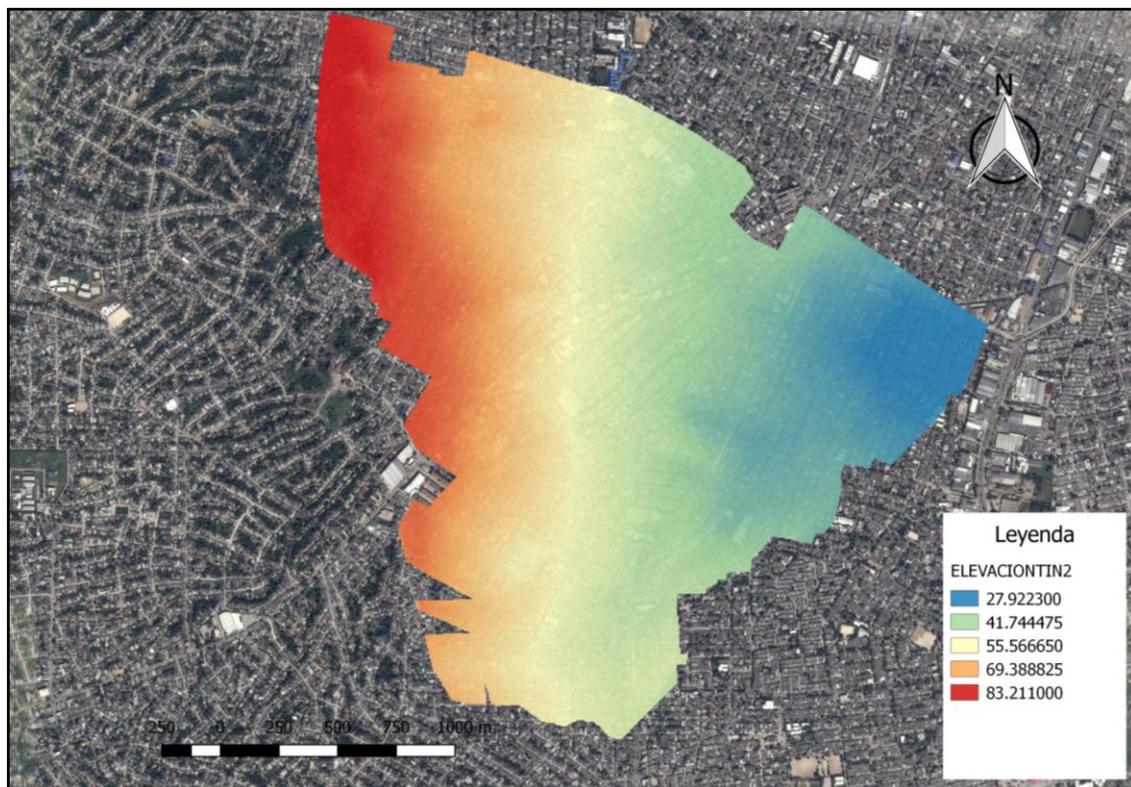
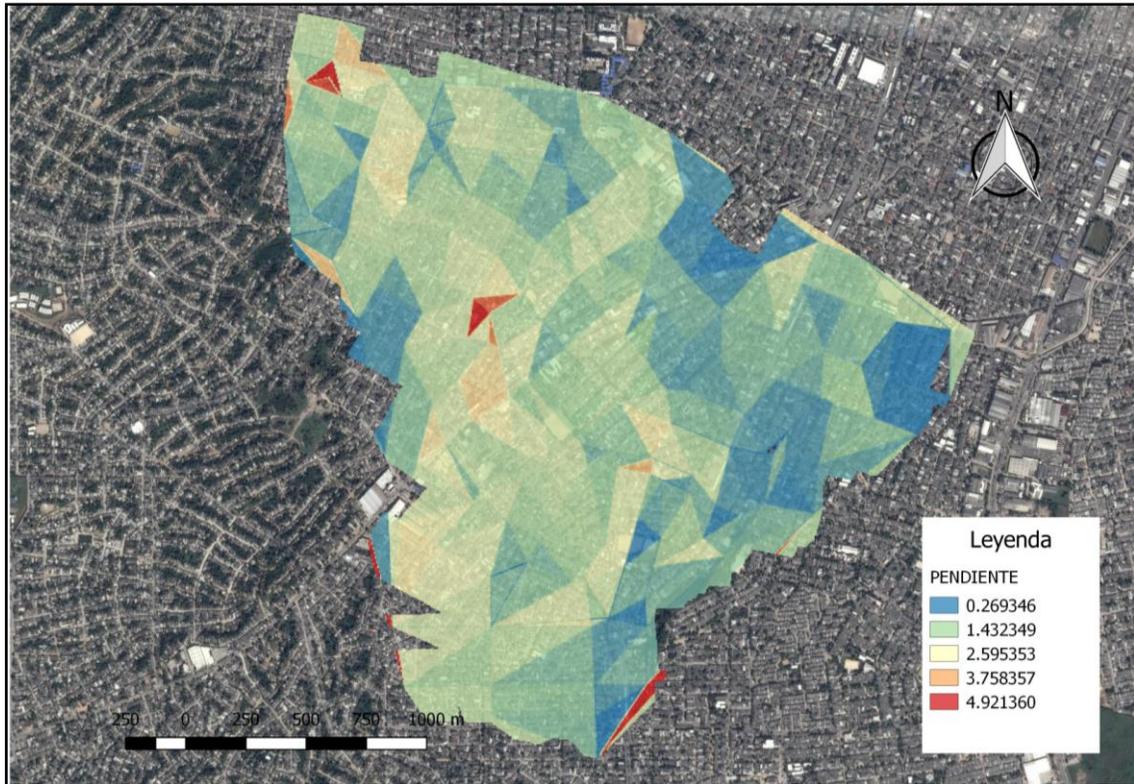


Figura 41. Mapa elevaciones por interpolación TIN de la cuenca Rebolo. (Fuente: Elaboración Propia).

Como vemos la interpolación por el método TIN nos muestra elevaciones desde 27.92 hasta 83.21 m mostrando en algunos sectores cambios bruscos en poca longitud. A partir del modelo TIN se realizó un raster para obtener una representación de pendientes, como se muestra en la **Figura 42**.



**Figura 42.** Mapa de pendientes en porcentajes de la cuenca Rebolo. (Fuente: Elaboración Propia).

Como se puede observar dentro del terreno que abarca la cuenca de Rebolo se encuentran pendientes entre 0.26 y 4.9%, siendo estas últimas de gran importancia. Una vez se obtuvo la pendiente media para cada subcuenca se procedió a elaborar una tabla en Excel e importar la información al archivo INP para su posterior análisis en SWMM.

#### 4.6.7. Porcentaje de Impermeabilidad.

El porcentaje de impermeabilidad representa la proporción de superficies de cada subcuenca que impide que se produzca infiltración hacia el subsuelo, estas pueden ser calles pavimentadas, techos de casas, parqueaderos, entre otras. Para determinar dicho parámetro se realizó una ponderación de dichas áreas con respecto al área total de cada subcuenca y se trasladaron por medio de una hoja EXCEL al archivo de conexión INP SWMM.

#### 4.6.8. Almacenamiento en depresión.

El almacenamiento en depresión consiste en la retención superficial de una proporción de escorrentía en la cuenca de circulación, ya sea por irregularidad en su superficie o por estructuras que limiten el tránsito normal del flujo. Por lo tanto, se hace necesario tener en cuenta los tipos de usos de suelos en cada área tributaria, con el fin de asignarle el valor tipo de almacenamiento en depresión para este tipo de superficie.

Los valores tipos del presente parámetro se muestran en la **Tabla 21**.

**Tabla 21. Valores Típicos Almacenamiento en Depresión. (Fuente: ASCE, (1992), Design & Construction of Urban Stormwater Management Systems, New York.)**

Superficie Impermeable	1.25-2.5mm
Césped y hierba	2.5-5mm
Pastos y prados	Aprox. 5mm
Lecho Forestal	Aprox. 7.5mm

#### 4.6.9. Tormenta de diseño.

De acuerdo a lo descrito en el numeral **4.3.2 Intensidad de la lluvia.**, a la cuenca de Rebolo ubicada en la ciudad de Barranquilla, Colombia, se le ha asignado los datos pluviométricos de la estación Aeropuerto Ernesto Cortissoz, dada su cercanía con la zona de estudio. Esta estación nos proporciona una curva intensidad-duración-frecuencia para diferentes periodos de retorno de 3, 5, 10, 25, 50 y 100 años.

La tormenta de diseño utilizada para realizar el modelo de simulación de la red de alcantarillado pluvial se escogió por un periodo de 4 horas distribuidas en intervalos de 15 minutos. Dicha lluvia se obtendrá utilizando el método de bloques alternos a partir del periodo de retorno escogido en el numeral **3.5.1 Periodo de Retorno.** Y de la curva IDF antes. Adicionalmente estos incrementos o bloques del hietograma se han afectado por el factor de corrección de intensidad que se requiere por normativa dado la amplitud de la cuenca. El resultado final del hietograma es el mostrado en la **Figura 43**.

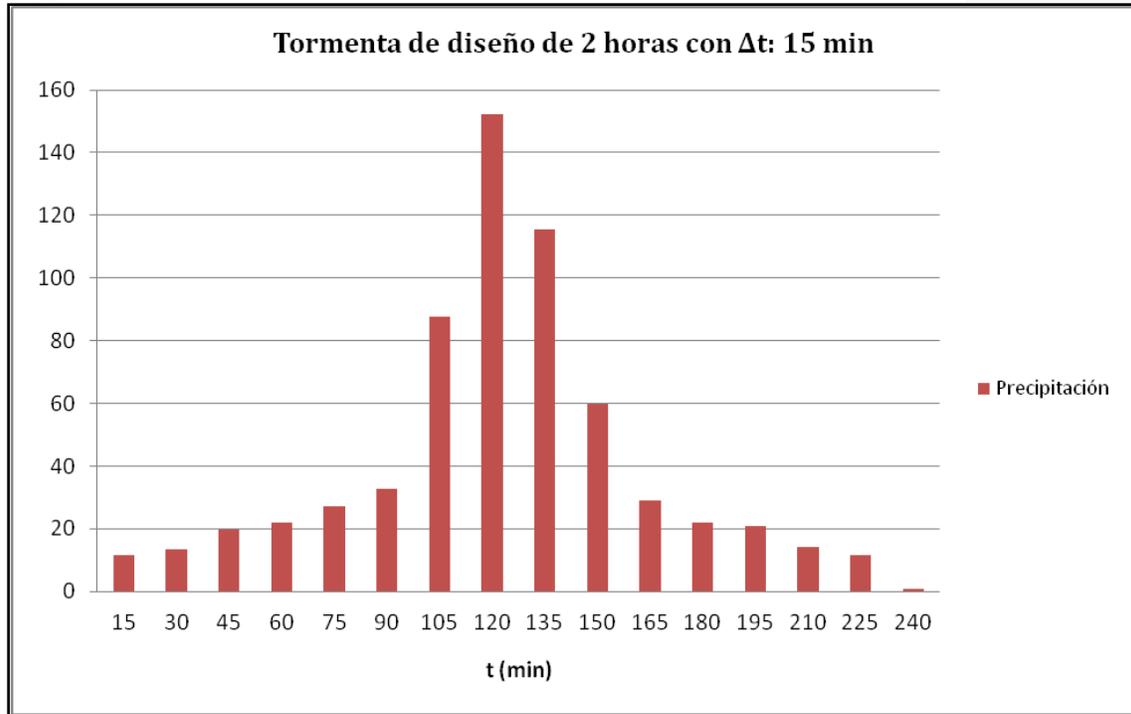


Figura 43. Tormenta de diseño para un periodo de retorno de 25 años. (Fuente: Elaboración Propia).

#### 4.7. Referencias.

- ASCE, (1992), Design & Construction of Urban Stormwater Management Systems, New York.
- Grupo Multidisciplinar de Modelacion de Fluidos, GMF (2005), “Modelo de Gestion de Aguas, SWMM” [Manual de Usuario].
- GUTIERREZ, S. C. NATIONAL RISK MANAGEMENT RESEARCH LABORATORY OVERVIEW. (2005). Presented at National Advisory Council for Environmental Policy & Technology (NACEPT) Environmental Technologies Subcommittee Meeting, Washington.
- Huber, W. C. and Dickinson, R. E. (1992): Storm Water Management Model, Version 4: User’s Manual, Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, US Environmental Protection Agency, Athens, GA.
- McCuen, R. et al. (1996), Hydrology, FHWA-SA96-067, Federal Highway Administration, Washington, DC.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico. (2015). “REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA

## **5. Diagnóstico de la proyección del Alcantarillado Pluvial.**

### **5.1. Introducción**

El presente capítulo tiene como objetivo el análisis y descripción de la proyección del alcantarillado pluvial de la ciudad de Barranquilla, Colombia en la cuenca de El Rebolo. Dada la falta de alcantarillado pluvial, la escorrentía de las aguas lluvias circulan por las calles formando los llamados “Arroyos Urbanos”, congestionando de esta manera el flujo vehicular y ocasionando muy a menudo víctimas mortales. Adicionalmente no tienen tratamiento previo, por lo que dichas aguas circulan por las calles generando una gran cantidad de enfermedades a la población.

Por tal motivo, se pretende en esta tesina una solución a la problemática desde un enfoque tradicional como es el diseño de una red de alcantarillado pluvial combinada con técnicas modernas como son los tanques de tormentas. Se evaluará mediante la creación de un modelo de simulación que represente el comportamiento real actual del sistema, analizado desde un enfoque muy global dada las dimensiones de la cuenca, buscando una posible solución a la problemática social, ambiental y sanitaria que esta genera.

### **5.2. Características Específicas del Modelo de Simulación.**

La primera proyección de la red de alcantarillado pluvial de Barranquilla está conformada por 180 pozos de registro, 180 tuberías y un vertedero. Hay dos grandes colectores principales que divide la cuenca El Rebolo, estos colectores se encargan de recoger todas las aguas de la red, para luego transportarlas al vertedero que será nuestro punto de desagüe, a partir del cual se transportará dicho caudal por un canal abierto de grandes dimensiones hasta llegar al río Magdalena.

De igual forma, el sistema planteado posee 181 subcuencas las cuales en su gran mayoría poseen unas características altamente impermeables ocasionando grandes caudales de escorrentía.

El sistema de drenaje pluvial ha sido diagnosticado por medio de una simulación, en periodo de lluvia de duración de 7 horas con una hietograma que representa una tormenta de 4 horas. Se busca verificar si la red es lo suficientemente capaz de soportar dicha entrada de agua al sistema.

### 5.3. Resultados del modelo de red actual para una tormenta de 4 horas.

Como consecuencia de haber pre-dimensionado la red mediante el método racional y siendo este conservativo, al simular dicho modelo con las características de la red previamente planteadas por el método racional se pudo evidenciar un sobre dimensionamiento de la mayoría de las tuberías, dado que ninguna excede el 75% de su capacidad en la hora crítica de la tormenta, como se observa en la **Figura 44**.

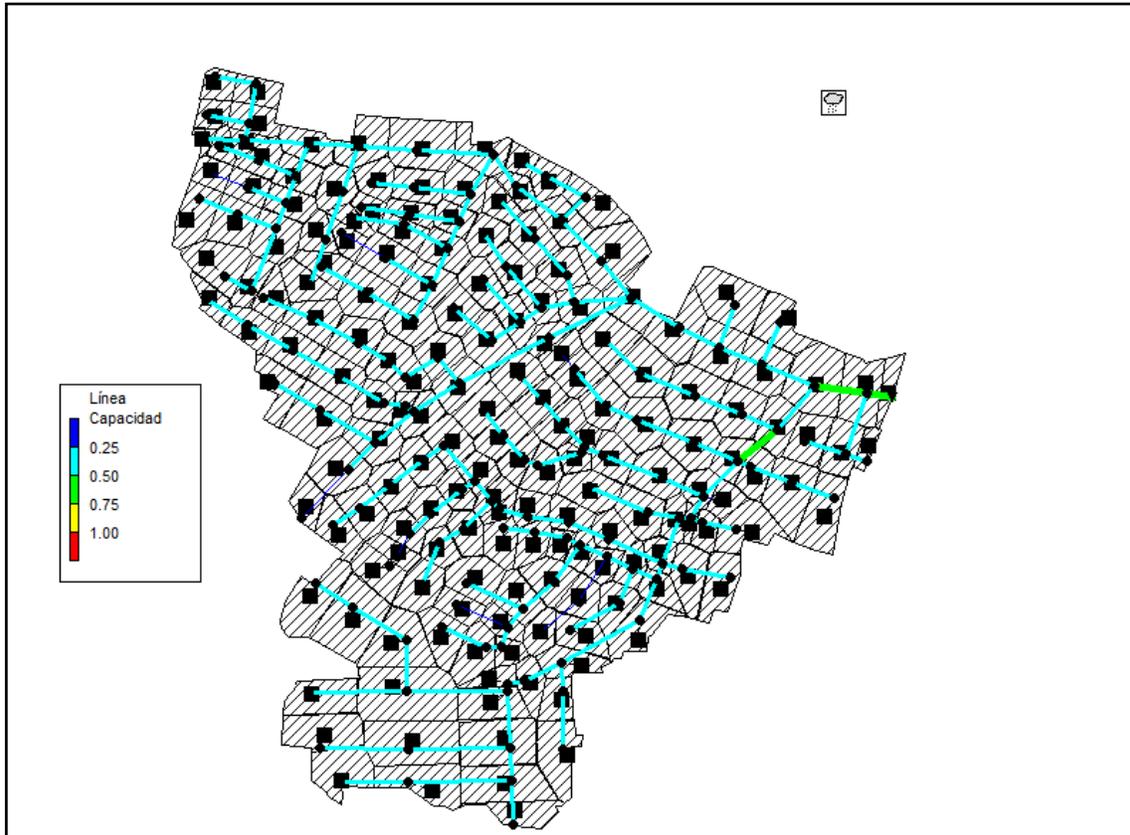


Figura 44. Línea de Capacidad de la red de alcantarillado pluvial. (Fuente: Elaboración Propia).

Se obtuvo un valor de caudal de  $41.8 \text{ m}^3/\text{s}$ , siendo este valor el caudal pico para toda la cuenca de estudio como se muestra en la **Figura 45**.

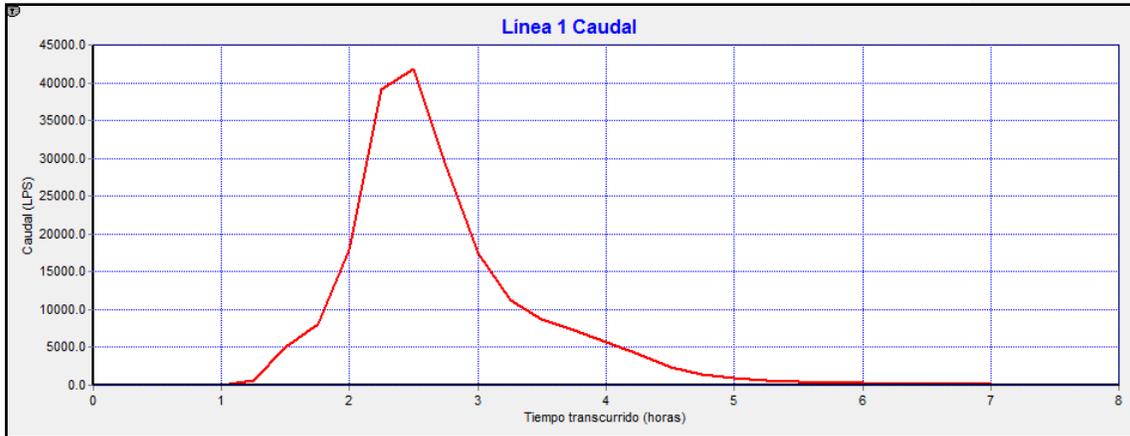


Figura 45. Caudal máximo en tramo de desagüe para la tormenta simulada. (Fuente: Elaboración Propia).

### 5.3.1. Optimización de la red actual para una tormenta de 4 horas.

A partir del análisis que se realizó en el numeral 5.2.2 con relación al diagnóstico de la proyección del alcantarillado pluvial de la cuenca El Rebolo ( Barranquilla, Colombia), Se puede concluir que la capacidad del colector principal y secundarios en tiempo de lluvia, está sobre dimensionado para transportar el agua de las precipitaciones. Lo cual provoca un régimen rápido y velocidades muy elevadas en la mayoría de las tuberías.

Sobre la situación planteada anteriormente, se planteó las alternativas de mejoras descritas a continuación para la nueva proyección de la red de alcantarillado pluvial:

- **Alternativa 1.** Optimización de los diámetros en función del caudal circulante.
- **Alternativa 2.** Incorporación al diseño de tanques de tormenta.

#### 5.3.1.1. Descripción de alternativa 1.

La primera propuesta de soluciones es plantear el diseño de una red pluvial que sea capaz de transportar las aguas lluvia de toda la cuenca del Rebolo hasta el punto de desagüe, sin exceso de velocidad y manteniendo un régimen lento, donde será transportada por un canal abierto hasta la planta de tratamiento y futura deposición en el cauce natural. Para obtener un buen resultado una vez implantada la primera alternativa se debe cumplir lo siguiente:

- ✓ El colector principal tendrá como máximo un diámetro de 2.8 m hasta el 100% de su capacidad máxima.
- ✓ Si las tuberías del colector principal requieren un mayor diámetro para transportar el agua, se propondrá la utilización de colectores desdoblados.
- ✓ El sistema completo debe cumplir con las normas de velocidades máximas de 5m/s y mínima de 0.6 m/s en el mayor estado de carga.

Una vez realizado el diseño procederá a la simulación de todo el sistema de alcantarillado pluvial representando el cumplimiento de las normativas aplicables del RAS 2000.

### **5.3.1.2. Descripción de alternativa 2.**

La segunda propuesta de soluciones es plantear el diseño de una red pluvial dividida en 2 sectores, por un tanque de tormenta en el nudo 10, el cual permita retenerte y laminar el caudal durante los periodos de lluvia para luego introducirla a la red de forma controlada.

#### **5.3.1.2.1. Tanques de tormenta.**

Como consecuencia de la gran dimensión de la cuenca, las elevadas pendientes y los altos índices de impermeabilidad que caracterizan a la cuenca el Rebolo, las redes de drenaje se verán obligadas a soportar altas cargas en tiempos cortos. Dichas cargas son el producto de las nuevas áreas de edificaciones y zonas pavimentadas las cuales generan de forma significativa un aumento de la escorrentía superficial durante los episodios de lluvia.

A raíz del casi nulo volumen de infiltración en la cuenca resultarán menores tiempos de concentración produciéndose caudales picos en los que la red no es capaz de transportar, ocasionando el colapso e inundaciones en la mayoría de los casos. El mal funcionamiento de la red de alcantarillado origina grandes pérdidas económicas y sociales, por lo que la preocupación de los ingenieros ha sido buscar métodos idóneos para drenar las ciudades sin que se produzcan daños y que a la vez estén al alcance presupuestario de los ayuntamientos. (A. Rivera, 2016).

En consecuencia, se planteó los tanques de tormenta como una posible solución debido a que estos mejoran el funcionamiento de los sistemas de alcantarillado con respecto a los problemas de inundaciones y a la reducción de carga contaminante que llega al medio receptor.

Los tanques de tormenta se definen como elementos de control de la red de saneamiento destinados a limitar el caudal producido en los periodos de tiempo de lluvia. Durante la primera fase del evento lluvioso es donde se concentra la mayor parte de la contaminación, por ello resulta imprescindible conducir esta agua hasta la estación depuradora. Si el fenómeno de lluvia continua el agua sobrante se aliviará directamente al cauce, habiéndose diluido la contaminación del agua dentro del tanque de tormenta. (A. Ayesa, 2016).

Los tanques de tormenta pueden colocarse en serie o colocarse en paralelo respecto a la red de saneamiento.

**Depósitos en línea o en serie:** “Estructuras de almacenamiento ubicados en la traza del colector permitiendo que todo el flujo circulante atravesase el depósito de retención. Su función es atenuar los caudales punta aprovechando la capacidad de almacenamiento y laminación que tenga el depósito. Es la opción más económica de construir ya que el flujo sigue la dirección del colector aguas arriba, pero presenta inconvenientes cuando se producen escorrentías de baja intensidad ya que toda la obra entra en funcionamiento reteniendo la mayor cantidad de sedimentos que deben retirarse por medio de limpiezas manuales o automáticas.” (Tueros, 2000).

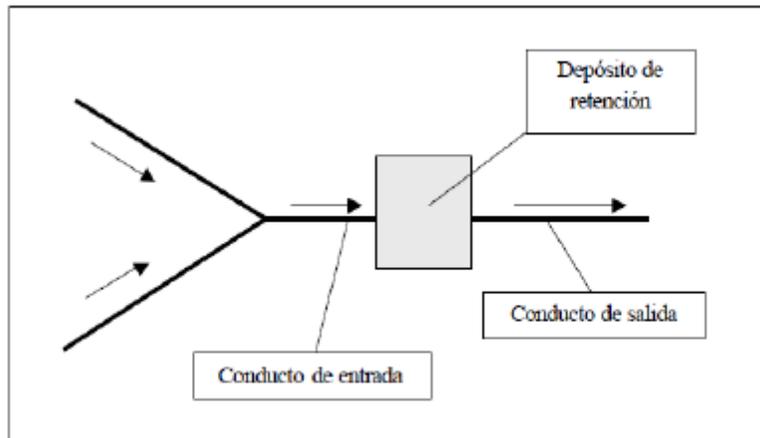


Figura 46. Representación de red con depósito de retención en serie. (Fuente: Tueros, 2000).

**Depósitos fuera de línea o en paralelo:** “Estructuras de almacenamiento que se caracterizan por estar físicamente separada a la red. El exceso de caudal es enviado por una estructura de alivio (aliviadero lateral o compuerta) hasta el depósito ubicado fuera de la red para luego ser evacuada de manera continua una vez haya acabado la tormenta. El funcionamiento de este depósito depende del volumen que almacene, ya que este debe ser igual o mayor a la precipitación de diseño menos lo que sea capaz de soportar la red.” (Tueros, 2000).

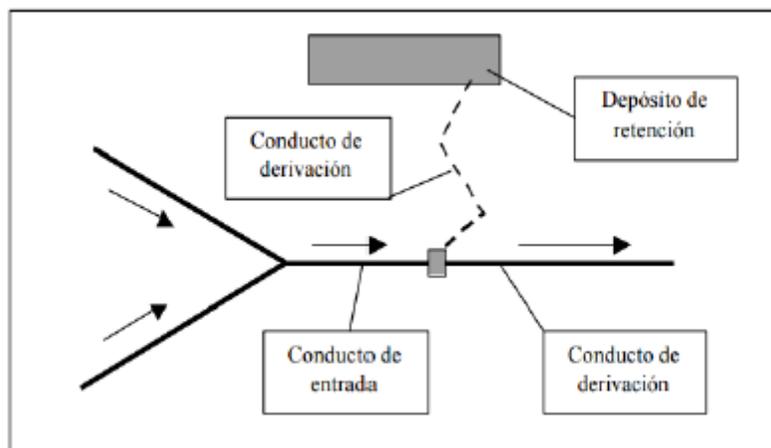


Figura 47. Representación de red con depósito de retención en paralelo. (Fuente: Tueros, 2000).

**Depósitos mixtos.** Es el resultante de la combinación de los tipos de de ambas estructuras de almacenamiento, descritas previamente, conectados en un mismo punto de la red. Dicha combinación permite aprovechar las características de cada uno para obtener una mejor eficiencia de la red de saneamiento.

### 5.3.2. Optimización mediante alternativa 1.

Una vez incorporada la red en el modelo de SWMM 5 se procedió a la optimización de las tuberías buscando reducir los diámetros de los colectores principales y secundarios, de igual manera se verificó las costas bases de los mismos para comprobar las diferencias de cotas respecto el terreno y así tener una percepción de altura de excavaciones.

En consecuencia, a las elevadas pendientes presentes en la cuenca los números de Froude de los diferentes colectores eran mayores a 1, provocando la entrada en régimen rápido como se muestra en la **Figura 48**, estando así por fuera de lo aceptable en un diseño de red de alcantarillado pluvial. Por tal razón, se procedió a verificar nuevamente las pendientes y diámetros de cada tramo corrigiendo dicho factor como se muestra en la **Figura 49**.

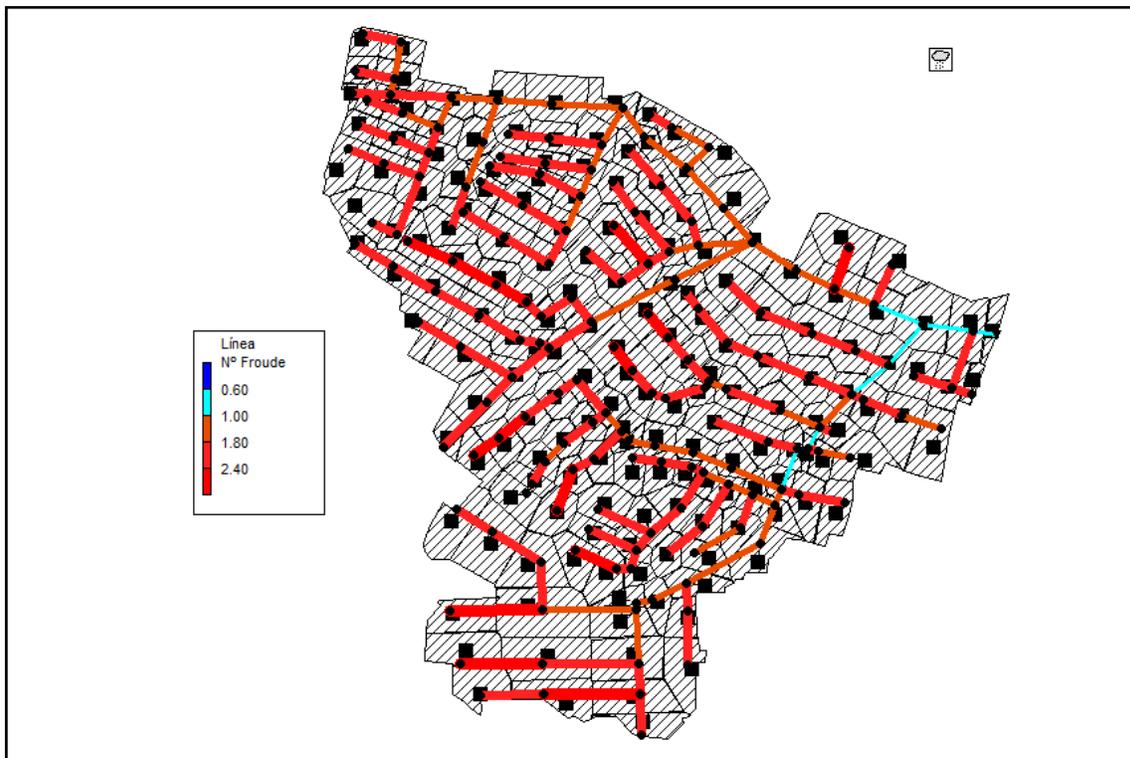


Figura 48. Representación de red con Froude > 1. (Fuente: Elaboración propia).

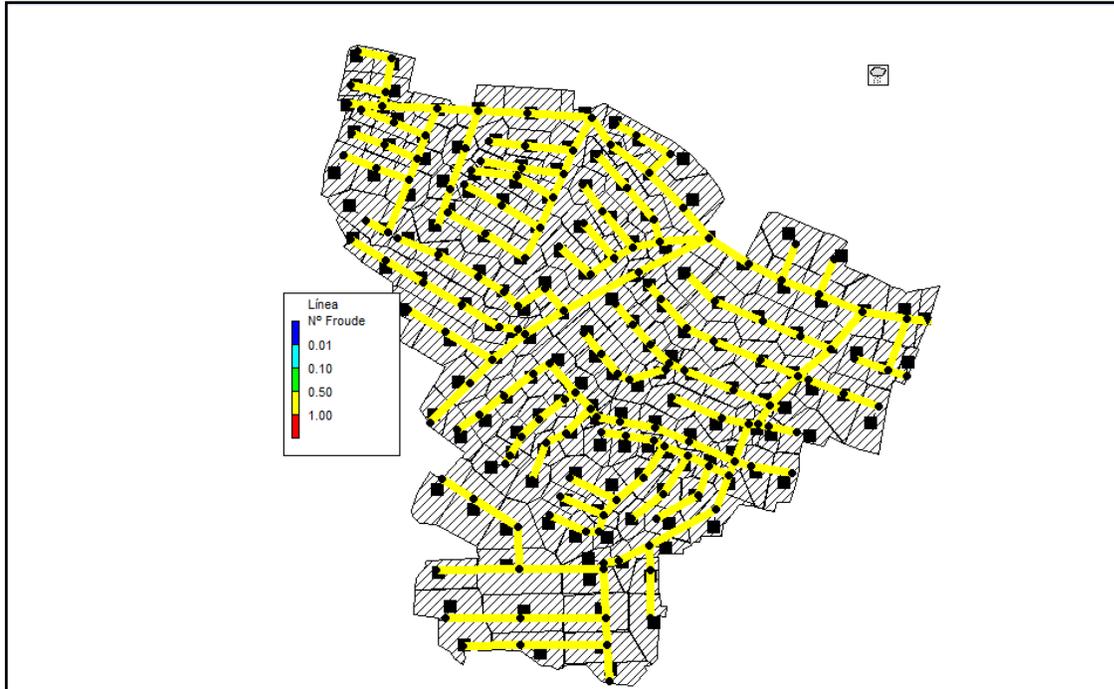
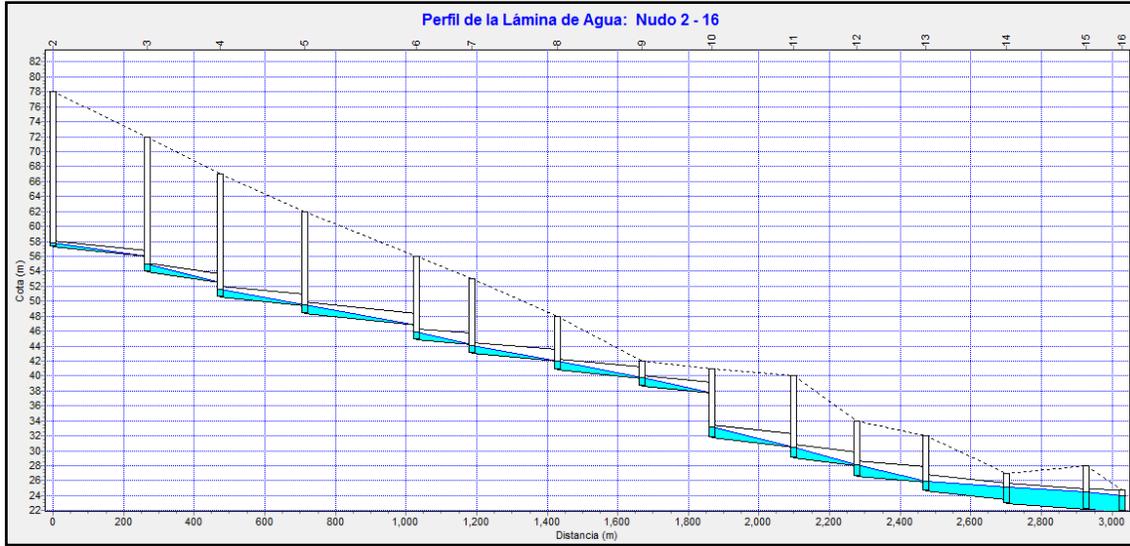


Figura 49. Representación de optimización de la red para obtener Froude  $< 1$ . (Fuente: Elaboración propia).

Una vez terminada la optimización como se muestra en la **Figura 50**, se decidió realizar una optimización de cotas de toda la red para reducir el factor excavación, dada las altas pendientes de sectores y los cambios bruscos de las mismas se procedió a dejar pozos de caída para reducir las velocidades y la excavación. Posteriormente se realizó una serie de simulaciones con una variedad de rangos de pendientes y se logró encontrar que el rango óptimo es de 0.3% a 6%, pendientes con las que se lograba encontrar velocidades entre 1 a 4.5 m/s y además evitar las inundaciones en los pozos.



**Figura 50. Representación perfil colector principal de la Cra 21 con los diámetros optimizados. (Fuente: Elaboración propia).**

La normativa del RAS2000 establece que en casos especiales donde existan tramos de colectores con pendientes altas se podrán utilizar pozos de caída con el fin de reducir la velocidad. En este caso aplicaremos dicho criterio también para disminuir las excavaciones y las grandes caídas de hasta 5 metros que se formaban por los cambios bruscos de pendientes, por medio de una red escalonada. En este sentido la red pasó de tener inicialmente 180 pozos de registro, 180 tuberías y un vertedero, a 180 pozos de registro, 123 pozos de caída, 304 tuberías y un vertedero.

En la **Figura 50** se muestra un perfil del colector principal de la red desde el pozo (1) hasta el vertedero (16), antes de la optimización de excavaciones y en la **Figura 51** el mismo tramo posterior a la optimización, evidenciando claramente un disminución de más de 10 metros de excavaciones.

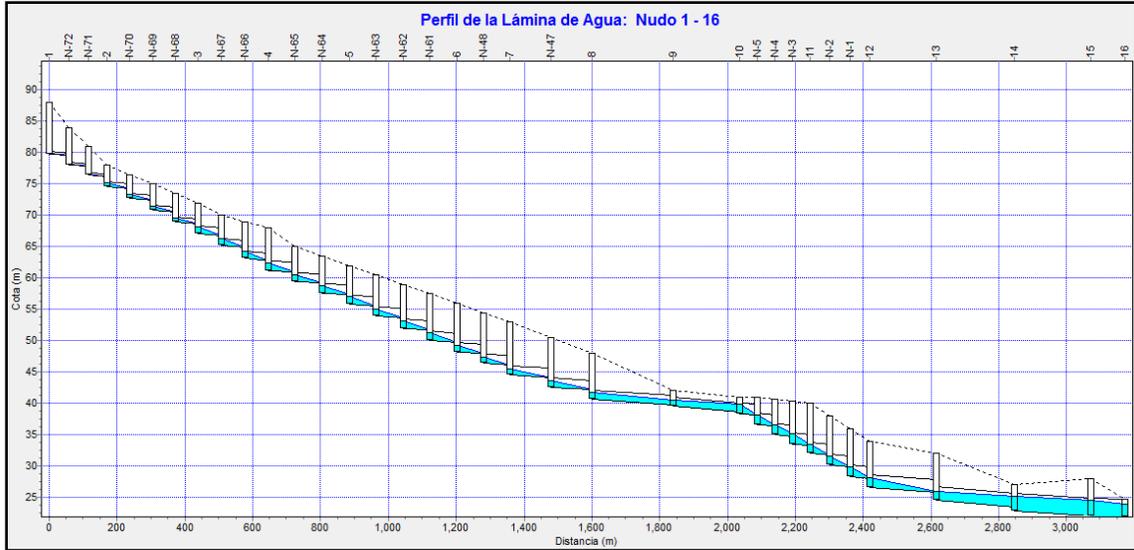


Figura 51. Representación perfil colector principal de la Cra 21 con pozos de caída. (Fuente: Elaboración propia).

Por otro lado una vez finalizada dichas optimizaciones se comprobó el estado de la capacidad de cada tubería y sus velocidades en el instante de mayor flujo como se muestra en las **Figura 52** y **Figura 53** estando estas en valores óptimos. Velocidades entre 1 y 4.5 m/s y con capacidades menores al 100%.

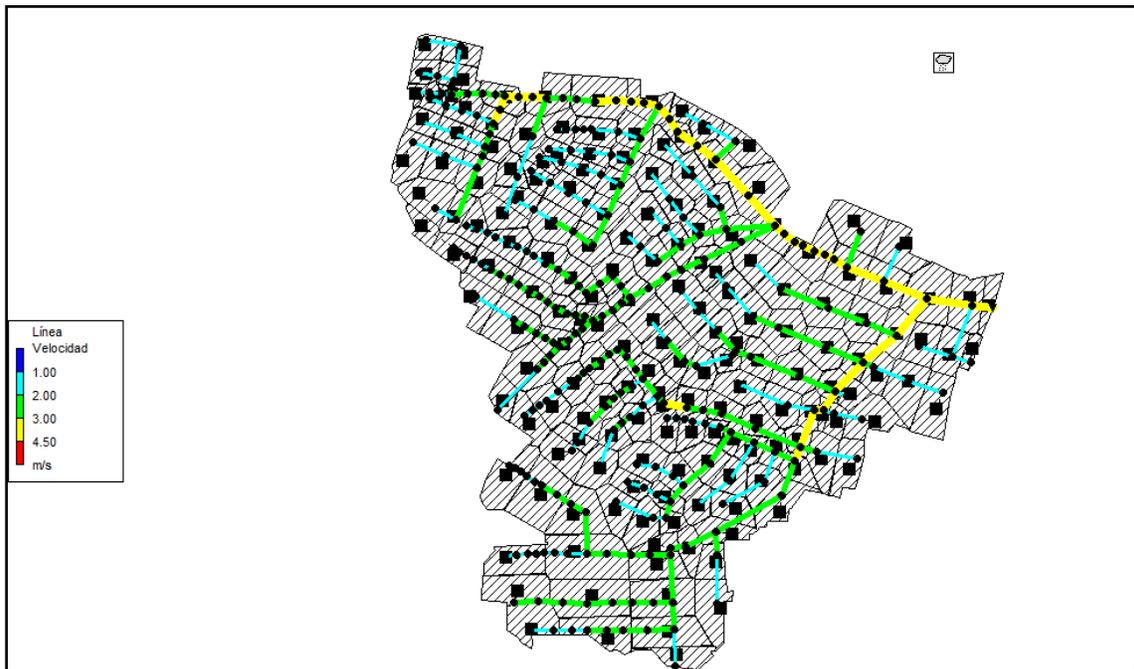


Figura 52. Representación en planta de la red de rangos de velocidades. (Fuente: Elaboración propia).

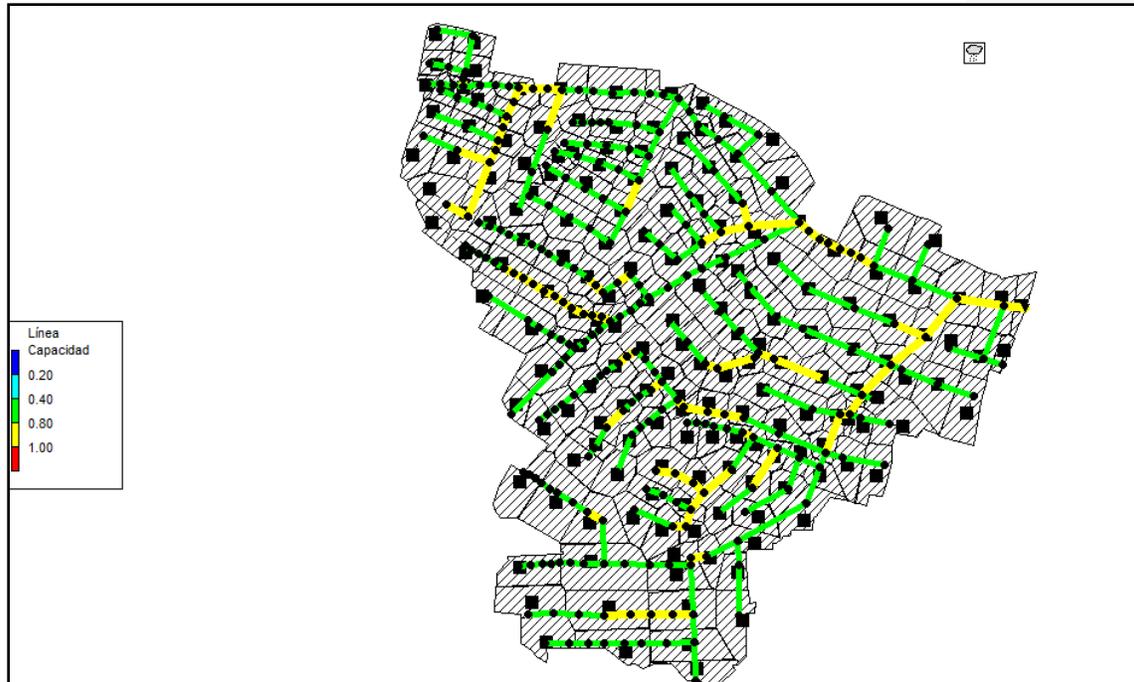


Figura 53. Representación en planta de la red de rangos de capacidades. (Fuente: Elaboración propia).

### 5.3.3. Optimización mediante alternativa 2.

La segunda alternativa para optimizar la red de alcantarillado pluvial de la cuenca El Rebolo, consiste en separar la cuenca en 2 sectores, con el fin de introducir en cada uno de ellos un tanque de tormentas que sea capaz de laminar el caudal circulante para reducir los diámetros aguas abajo del mismo.

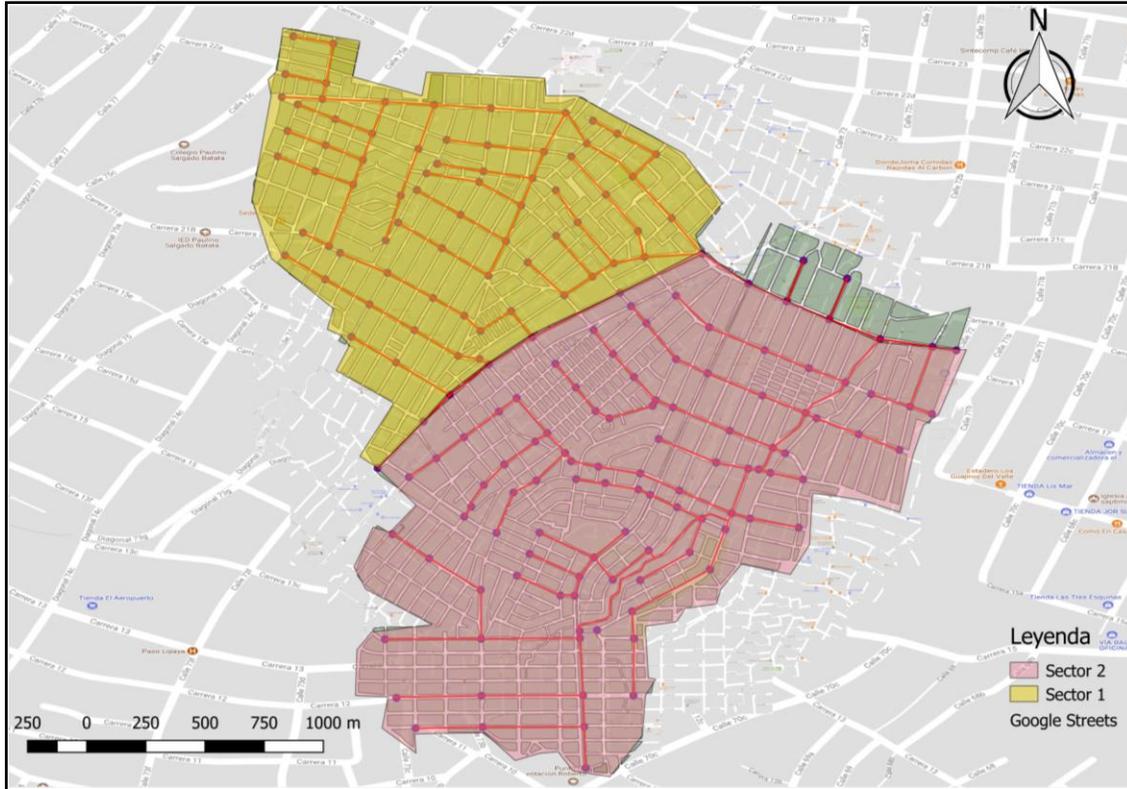


Figura 54. Representación en planta de la sectorización de la cuenca. (Fuente: Elaboración propia).

En función, de obtener un diseño óptimo de los tanques de tormenta, incorporados a la red, se requiere precisar las siguientes características:

- ✓ El tipo de sistema de tanques de tormenta a utilizar es en serie, por motivos de las ventajas y facilidades que este mismo ofrece al momento de realizar el diseño de optimización.
- ✓ Se utilizarán conductos simples para la conexión entre el tanque y el colector principal de la red de saneamiento.
- ✓ Dadas las condiciones topográficas de la cuenca y el sistema de tanque a utilizar se incorporarán estos tanques a la red se requiere el vaciado gravedad a través de una compuerta reguladora.

Se hace importante señalar que los tanques de tormenta serán enterrados y para poder realizar su dimensionamiento se debe considerar que la altura no sea inferior a tres metros, que la carga sobre el vertedero sea igual a 0.35 metros y que su forma geométrica sea rectangular por su fácil modulación. (Doménech A., 2015)

En la **Figura 55** se pueden observar los lugares en la cuenca donde se pretenden incluir los tanques de tormenta.

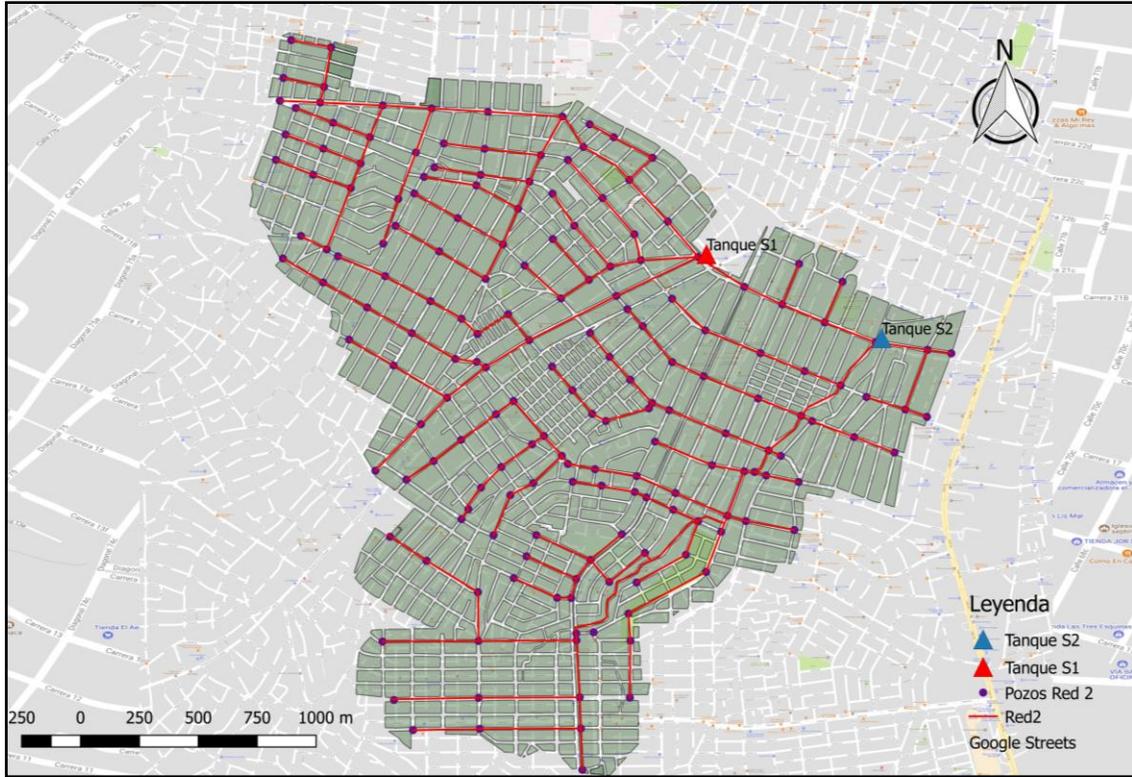
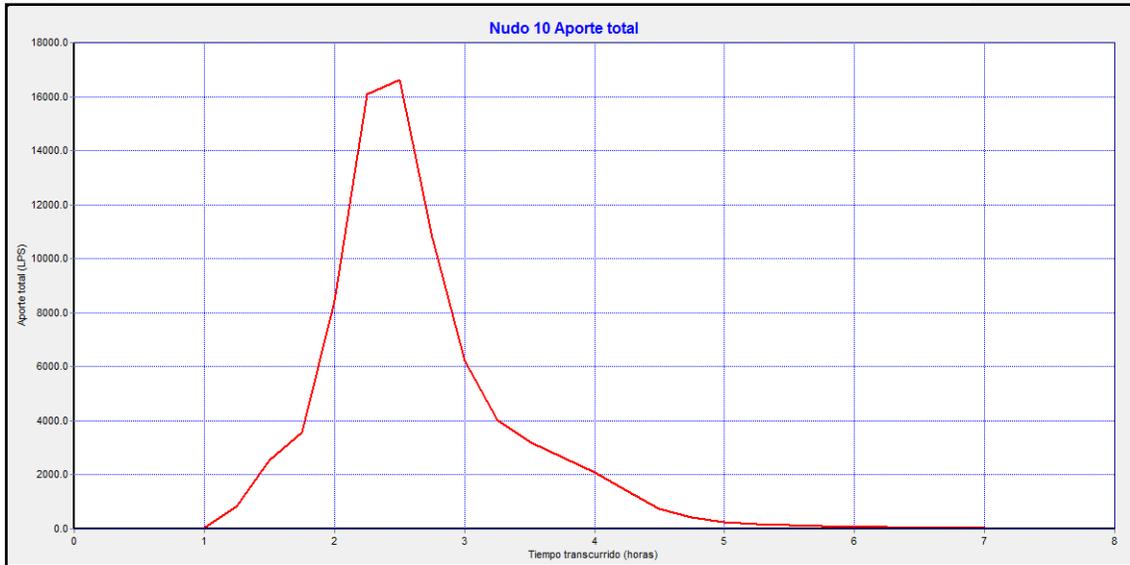


Figura 55. Representación en planta de la ubicación de los tanques de tormenta en la cuenca. (Fuente: Elaboración propia).

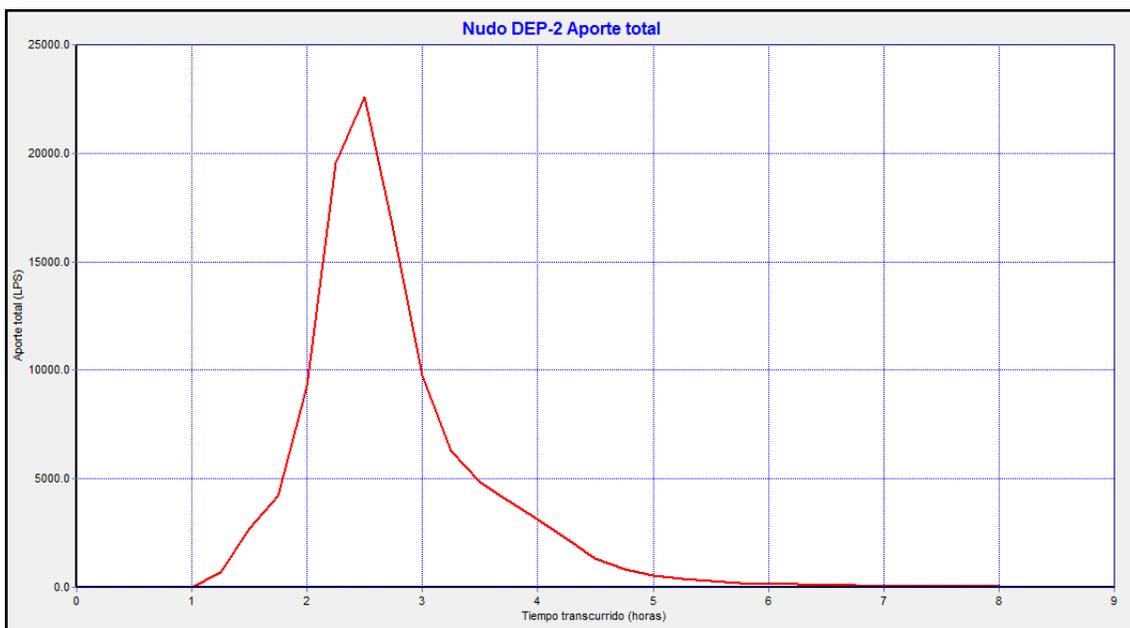
### 5.3.3.1. Pre dimensionamiento y determinación del volumen de los tanques de tormenta.

El pre dimensionamiento de los tanques de tormenta se realizará bajo criterios de morfológicos de la red con el objetivo de optimizar los diámetros de la red de alcantarillado pluvial.

Los datos para obtener el volumen de diseño del tanque se basan en dos criterios básicos, el hidrograma de entrada al tanque y la capacidad de la tubería de salida del tanque. La capacidad del conducto de salida en función de que se requiere optimizar dicho diámetro, es dato conocido. Por otro lado, el hidrograma de entrada en el tanque se obtiene en el modelo planteado en SWMM como la evolución temporal de los aportes totales en el nudo donde se conectará dicho tanque. (Figura 56 y Figura 57).



**Figura 56. Hidrograma de entrada al tanque S1. (Fuente: Elaboración propia).**



**Figura 57. Hidrograma de entrada al tanque S2. (Fuente: Elaboración propia).**

La tubería de salida del Tanque S1, referenciada en el modelo como conducto 6, posee las siguientes características: dos colectores en paralelo de 1.8 m de diámetro, pendiente de 0.39%, a una capacidad máxima al 85% de la sección con 16.69 m<sup>3</sup>/s. Tomando 8 m<sup>3</sup>/s, como la capacidad máxima de la tubería de salida al 85% calculamos el volumen necesario del tanque de tormenta S1 (**Figura 58**), mientras que el Tanque S2 desagua al nodo 14, el cual, posteriormente descarga sus aportes en el conducto 2, este conducto posee las siguientes características: dos colectores en paralelo de 2.8 m de diámetro, pendiente de 0.36%, a una capacidad máxima al 71% de la sección con 33.85 m<sup>3</sup>/s. Tomando 10 m<sup>3</sup>/s, como la capacidad máxima impuesta aguas abajo,

calculamos el volumen necesario del tanque de tormenta S2 (Figura 59). La capacidad de la tubería será un poco mayor de la capacidad máxima impuesta aguas abajo para el taque S2, en función de que este conducto también transporta las aguas provenientes del sector 1 (Figura 54) y tuberías anexas a la principal que proviene del tanque S1.

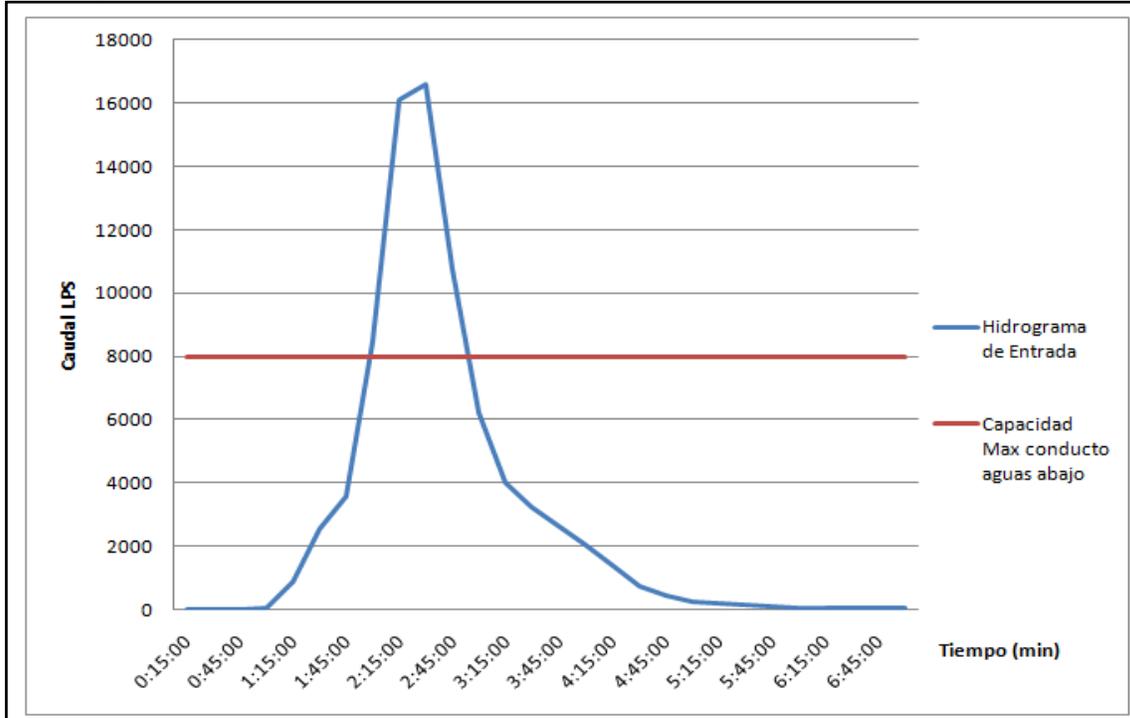


Figura 58. Hidrograma de entrada al tanque S1 Vs capacidad máxima optimizada. (Fuente: Elaboración propia).

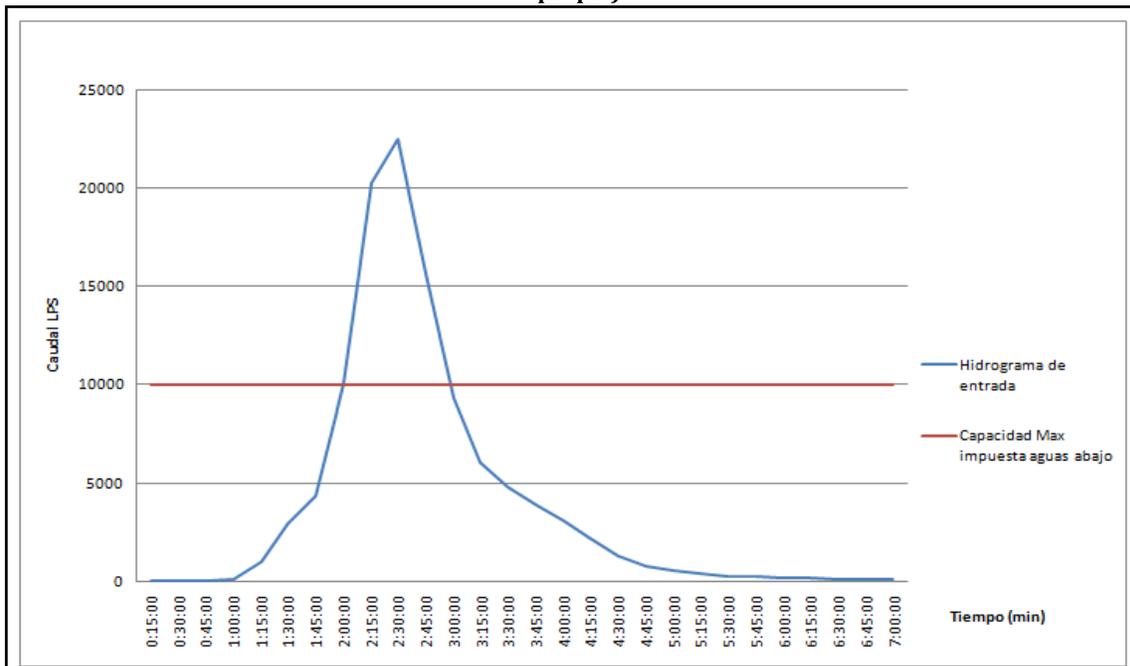


Figura 59. Hidrograma de entrada al tanque S2 Vs capacidad máxima optimizada. (Fuente: Elaboración propia).

El pre dimensionamiento del volumen de cada tanque de tormenta en serie, será el correspondiente a la diferencia del hidrograma de entrada respecto al de salida, como en este caso condicionamos el pico máximo de salida haciendo una proyección lineal hasta el caudal pico de salida obtenemos dicha diferencia. Tal como se muestra en la **Figura 60 y Figura 61**.

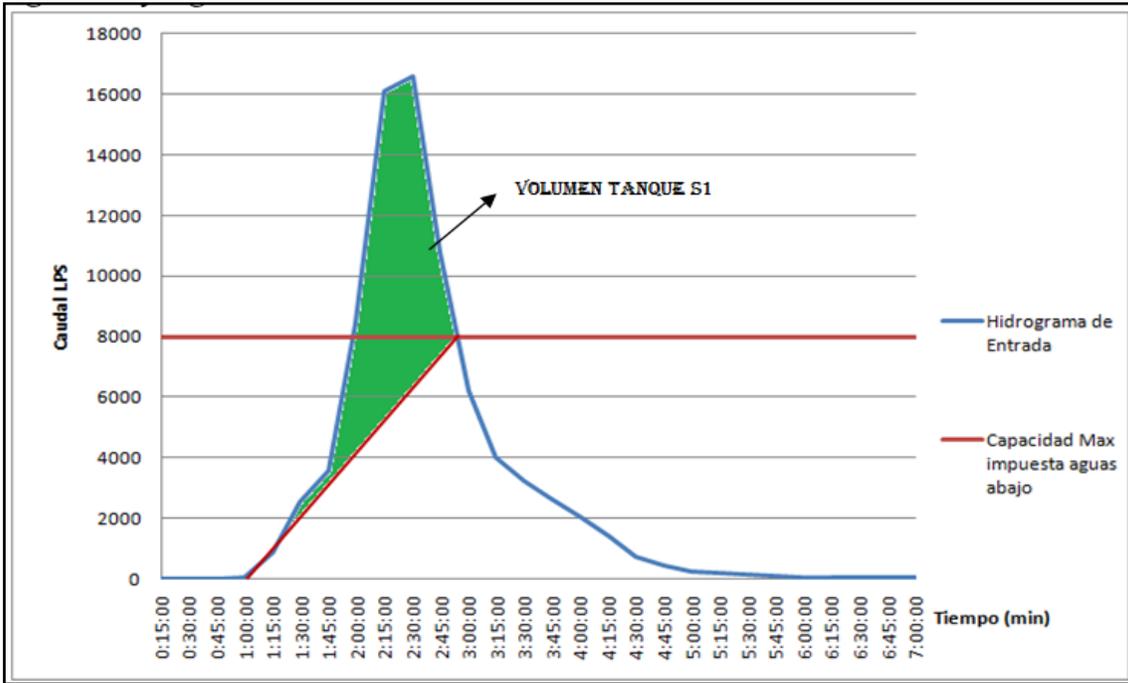


Figura 60. Volumen Tanque S1. (Fuente: Elaboración propia).

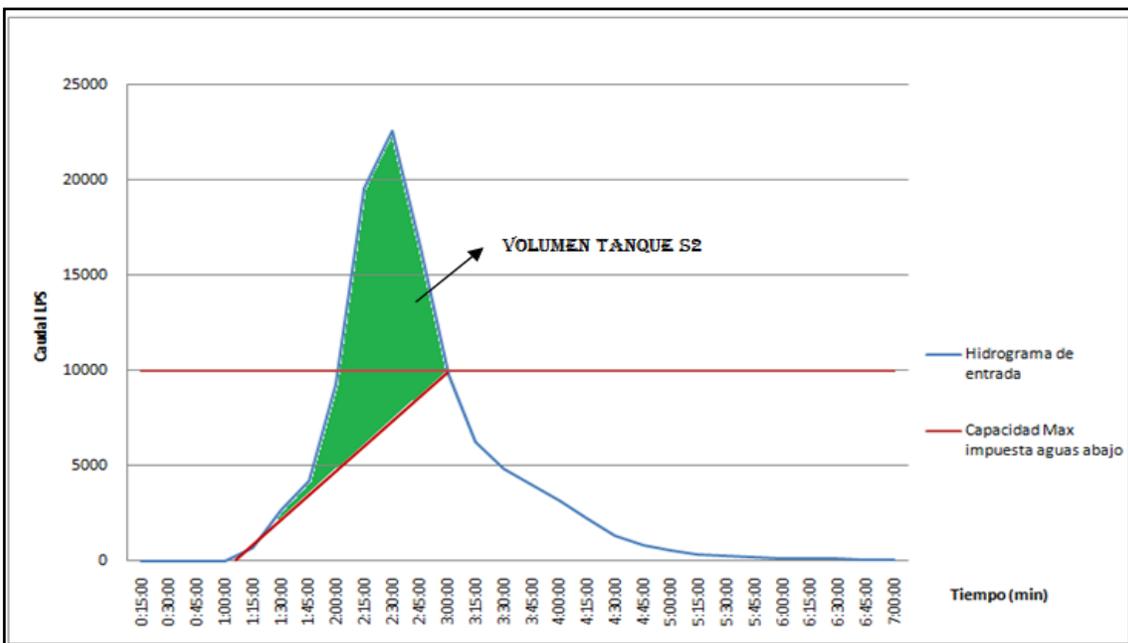


Figura 61. Volumen Tanque S2. (Fuente: Elaboración propia).

Calculando como la diferencia entre la suma producto de los picos de caudal por el intervalo de tiempo presente en la del hidrograma de entrada hasta el caudal máximo impuesto aguas abajo menos el hidrograma lineal de salida proyectado hasta el caudal máximo impuesto aguas abajo, tenemos que el volumen del tanque S1 es de 24259.59 m<sup>3</sup> y el del tanque S2 40741.86 m<sup>3</sup>. Tomando como altura mínima del tanque 4 m para cada uno, el área en planta de cada tanque sería de 6064.90 m<sup>2</sup> y 10185.46 m<sup>2</sup> respectivamente, características que se muestran en la **Tabla 22**.

**Tabla 22. Dimensionamiento volumétrico de los tanques de tormenta para optimización de la red de alcantarillado pluvial.**

DIMENSIONAMIENTO TANQUES DE TORMENTA			
Descripción	Volumen (m <sup>3</sup> )	Altura (m)	Área (m <sup>2</sup> )
Tanque S1	24259.59	4	6064.90
Tanque S2	40741.86	4	10185.46

### 5.3.3.2. Diseño de evacuación de agua almacenada.

Para la evacuación o retorno del agua almacenada en los tanques de tormenta durante el chaparrón, se decidió evacuar por gravedad mediante la implementación de orificio.

El orificio planteado, el cual funcionaría como una compuerta de descarga fue condicionado geoméricamente por la sección aguas debajo de la tubería para garantizar un empalme hermético y con la menor pérdida de carga posible. Para la determinación del coeficiente de descarga se utilizó la siguiente ecuación.

$$C_d = Q_r / Q_t$$

**Ecuación 23. Ecuación coeficiente de descarga en función de los caudales.**

En donde,  $Q_r$  hace referencia al caudal real que circula por medio el orificio, que sería el máximo que permito de salida y  $Q_t$ , es el caudal teórico que circularía por la sección sin tener en cuenta las pérdidas. Por lo tanto, definimos en caudal teórico como:

$$Q_t = A_o \sqrt{2 * g * \Delta h}$$

**Ecuación 24. Ecuación caudal teorico. (Fuente: Universidad Nacional Experimental del Táchira, 2017)**

Donde:

$A_o$  = Área transversal del orificio.

$g$  = Gravedad

$\Delta h$  = Diferencia de altura entre orificio y nivel de la lámina de agua.

Esto en función que nuestro coeficiente de descarga no es más que el elemento que generara las pérdidas necesarias para limitar el caudal aguas abajo. En este sentido dicho orificio actuaría como una compuerta. Se limita a la relación de caudales

máximo en consecuencia de que se busca es optimizar los diámetros de la red aguas abajo.

- Coeficiente de descarga inicial Tanque S1

$$C_{d_{ITS1}} = 8 \text{ m}^3/\text{s} / (1.8\text{m})^2 * \frac{\pi}{4} * \sqrt{2 * g * 2.2 \text{ m}}$$

$$C_{d_{ITS1}} = 0.47$$

- Coeficiente de descarga inicial Tanque S2

$$C_{d_{ITS2}} = 10 \text{ m}^3/\text{s} / (2\text{m})^2 * \frac{\pi}{4} * \sqrt{2 * g * 2.2 \text{ m}}$$

$$C_{d_{ITS2}} = 0.50$$

Por lo tanto, los coeficientes de descarga de los orificios de cada tanque se muestran en la **Tabla 23**.

**Tabla 23. Coeficiente de descarga orificios.**

Descripción	Diámetro (m)	Cd
Orificio Tanque S1	1.8	0.47
Orificio Tanque S2	2.0	0.47

### 5.3.3.3. Resultados de la implementación de los tanques de tormenta.

Para la implementación de los tanques de tormenta, se hizo necesario replantear el diseño obtenido mediante la alternativa de optimización 1, teniendo en cuenta que la diferencia de cota entre los conductos era muy reducida. Por lo tanto, se procedió a descartar la optimización de excavaciones comprendida entre el nodo 10 y nodo 11 para el tanque de tormenta S1 y el nodo 25 y nodo 14 para el tanque de tormenta S2.

Una vez simulado el modelo con los tanques de tormenta dentro del diseño de la red de colectores de aguas pluviales y realizando el respectivo control tenemos en la **Figura 62** y **Figura 63**, la comparación del hidrograma de salida con el tanque, respecto al de entrada a la red antes de la implementación del mismo.

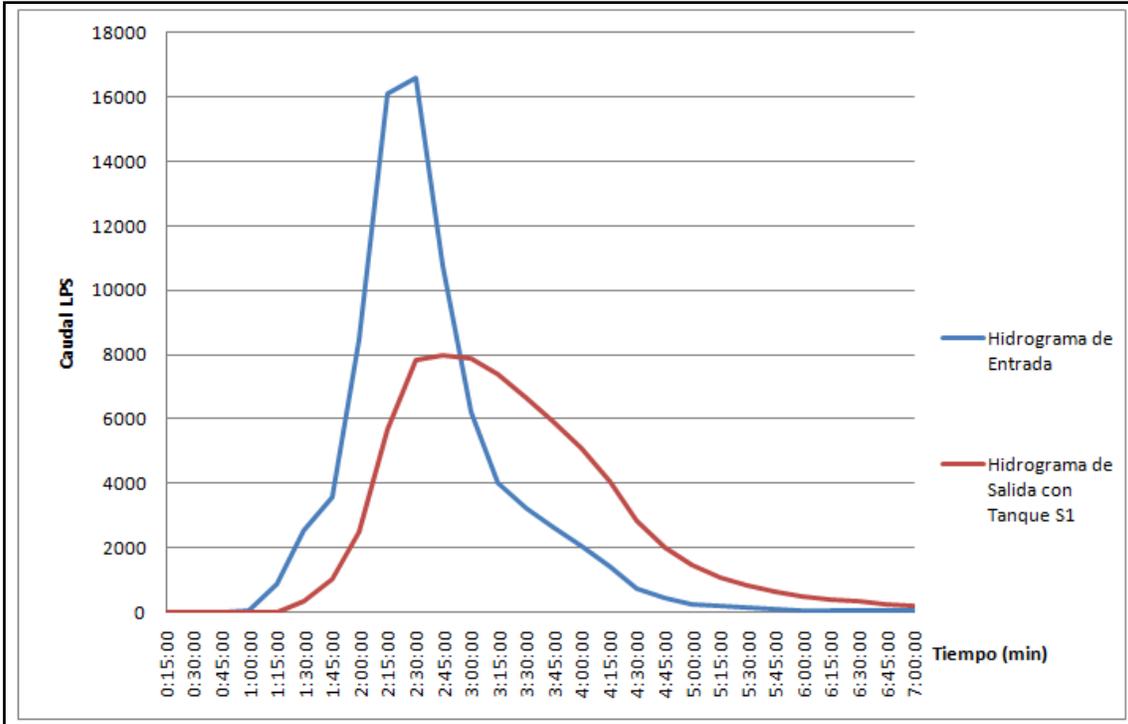


Figura 62. Hidrograma de entrada Vs Hidrograma de salida con Tanque S1 (nodo 10 Vs nodo 76). (Fuente: Elaboración propia).

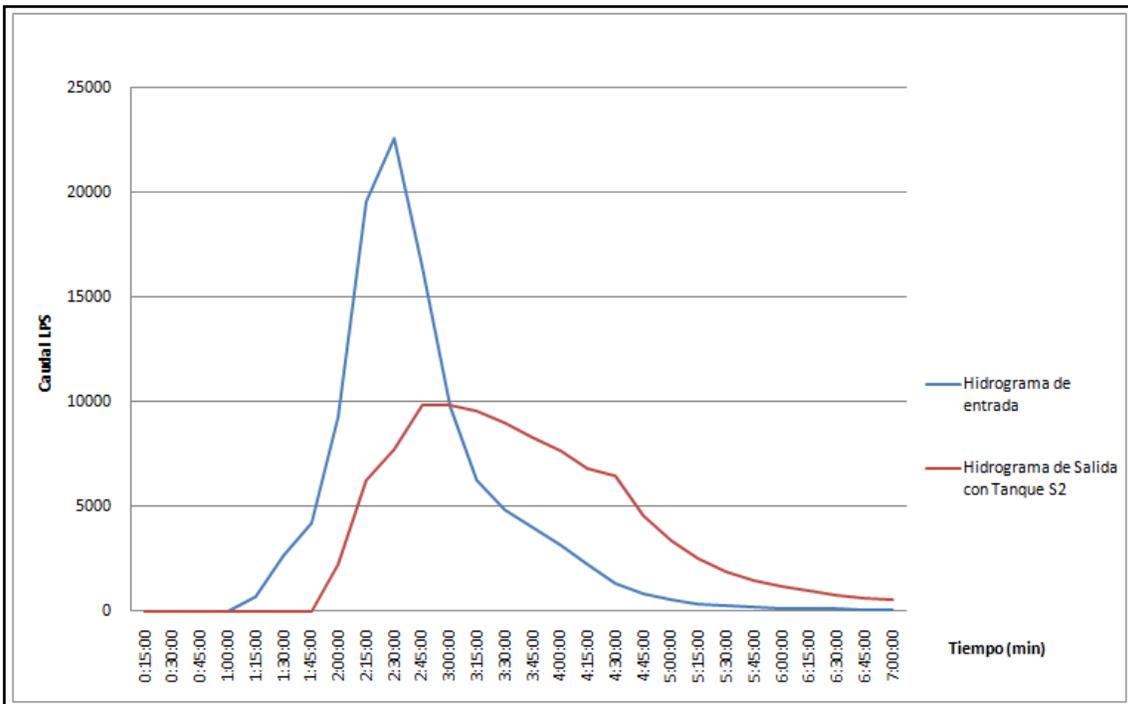


Figura 63. Hidrograma de entrada Vs Hidrograma de salida con Tanque S2, en el nodo 185. (Fuente: Elaboración propia).

En los dos gráficos (**Figura 62 y Figura 63**) de comparación de hidrograma de entrada y de salida de cada tanque es notable un desplazamiento en el tiempo de la curva de salida, este tiempo es el tiempo de retención o almacenamiento, del flujo en el tanque.

## 5.4. Conclusiones

En el presente capítulo se desarrolló el planteamiento de dos alternativas de optimización de la red de aguas pluviales para la cuenca el Rebolo, en Barranquilla (Colombia), buscando la reducción de diámetros y control de la escorrentía para el diseño del alcantarillado pluvial con un periodo de retorno de 25 años.

La primera alternativa hacía referencia a disminuir los diámetros y profundidades de excavación de la red pre dimensionada por el método racional. Mediante el modelo de SWMM se pudo reducir excavaciones de hasta 25 metros a excavaciones máximas de 9 metros. Estas excavaciones se presentaban en consecuencia a la morfología del terreno. Adicionalmente la mayoría de los diámetros fueron reducidos aproximadamente en un 20% y las pendientes de los colectores fueron mejoradas permitiendo mantener un régimen lento en el instante de máximo flujo.

En la segunda alternativa se incluyeron en la red 2 tanques de tormenta buscando la optimización de la red mediante laminación del caudal circulante por la misma. Se ubicaron en los nodos 10 y 14 en función de que estos delimitaban geográficamente la cuenca en dos grandes sectores independientes. Los tanques S1 y S2 se les calculo un volumen de 24259.59 m<sup>3</sup> y 40741.86 m<sup>3</sup> respectivamente. Adicionalmente tal y como se puede observar en la **Figura 62 y Figura 63**, se logró laminar el caudal circulante. De igual forma se puede apreciar en estas imágenes que el hidrograma de salida del tanque con respecto al de entrada sufrió una variación temporal permitiendo obtener un intervalo de almacenamiento o retención el cual nos permitiría realizar labores de pre tratamiento y/o limpieza del flujo circulante, permitiendo de esta manera una mejoría en las características del flujo a verter en el medio receptor.

Considerando como solución una red integral, en la que se pueda mejorar las condiciones ambientales del medio receptor, se propone que la segunda alternativa como medida factible para poder solucionar la problemática de arroyos urbanos de la cuenca el Rebolo y lograr el control de la contaminación por medio de los tanques de tormenta mejorando así la calidad de vida de la población.

## 5.5. Referencias.

- A. Ayesa. (2016). TANQUES DE TORMENTA. Pamplona, España: HIDROSTANK.
- A. Rivera. A. (2016). DIAGNÓSTICO Y PLAN DE MEJORAS DE LA RED DE SANEAMIENTO DE PEÑA BLANCA, CORTÉS, HONDURAS. Universitat Politècnica de Valencia. Valencia.
- BZBELECTROMECA (2016). Catálogo General Bombas y Válvulas, San Martín, B. A.- Argentina.
- Ministerio de Desarrollo Económico (2000). “Resolución No. 1096/2000 de noviembre de 2000. por la cual se adopta el Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico”
- Tueros, H. P. (2000). PREDIMENSIONAMIENTO DE DEPOSITOS DE RETENCION EN REDES DE ALCANTARILLADO. Barcelona, España: Escuela Técnica Superior de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona.
- Universidad Nacional Experimental del Táchira (2017). Descarga a Través de un Orificio. Departamento de Ingeniería Mecánica.

## 6. Valoración Económica de Red de Alcantarillado Pluvial de la Cuenca El Rebolo.

### 6.1. Introducción.

El presente capítulo tiene como objetivo principal el detalle económico para cada una de las alternativas de mejoras realizadas a la red alcantarillado pluvial para la cuenca El Rebolo en la ciudad de Barranquilla, Colombia.

La realización de la valoración económica para ambas propuestas del sistema de alcantarillado unitario ha sido desarrollada bajo la siguiente metodología:

- Determinación de actividades a costear y unidad de medida.
- Cálculo de los volúmenes de obra para el colector principal y colectores secundarios de la red de saneamiento.
- Cálculo de precios totales involucrados en cada una de las actividades de las dos propuestas de alternativas.
- Comparación costo total de las diferentes alternativas.

### 6.2. Descripción actividades a ejecutar

#### ✓ *Localización y Replanteo de la Red.*

Consiste en la localización, nivelación, control y medición de las obras por ejecutar, realizadas por medio de una comisión de topografía, siguiendo las referencias del proyecto, de tal manera que ocupen la posición indicada con relación a las edificaciones existentes y a los accidentes topográficos.

La medida de los trabajos ejecutados bajo el alcance atrás anotado se hará por metro lineal.

#### ✓ *Excavaciones*

Las zanjas deberán excavar a lo largo de los alineamientos y según las secciones y rasantes que se indiquen en el diseño. Las excavaciones de zanjas para alcantarillado no deben llevarse más allá de 50 metros del punto en donde se haya construido el colector.

Las excavaciones a máquina deben llevarse hasta una profundidad máxima de 0.20 metros por encima de la cota de excavación final, para permitir la terminación de la zanja a mano hasta el nivel especificado de cimentación.

En el caso de encontrarse roca en el fondo de cimentación, ésta debe excavarse mínimo 0.20 metros por debajo de la superficie de apoyo inferior de las tuberías prefabricadas.

El ancho de excavación para las zanjas será siempre igual al diámetro exterior de la tubería más 0.40 m.

La medida de los trabajos ejecutados bajo el alcance atrás anotado se hará por metro cubico.

✓ ***Relleno con material seleccionado***

Esta especificación comprende las exigencias mínimas para la construcción de terraplenes y de rellenos de las zanjas de la tubería que garanticen una estabilidad.

Todos los materiales granulares procedentes de formaciones rocosas de los lechos de los ríos deben cumplir además con las siguientes especificaciones de dureza y sanidad: el material sometido a cinco ciclos del ensayo de solidez por sulfato de sodio, realizado de acuerdo con la norma NTC 126, no debe perder más del 12% de su peso y el desgaste del material no debe ser superior al 50% cuando se somete al ensayo de la máquina de los Angeles ejecutado de acuerdo con las normas NTC 93 y 98. (RAS, 2000).

La medida de los trabajos ejecutados bajo el alcance atrás anotado se hará por metro cubico.

✓ ***Tubería***

El suministro e instalación de tubería de PVC (Novafort y Novaloc), fabricadas bajo la norma técnica colombiana 3721.

Mientras que los grandes colectores en concreto serán construidos in situ, y deberán cumplir con los requerimientos mínimos estructurales de la normativa colombiana.

La unidad de medida para la tubería PVC será el metro lineal efectivo, suministrado, instalado y debidamente hechas las pruebas hidráulicas.

La unidad de medida para los colectores de concreto reforzado construidos in situ será el metro cubico, suministrado, instalado y debidamente hechas las pruebas hidráulicas.

✓ ***Pozos de Inspección***

Esta especificación se refiere a la construcción de pozos, cajas, sumideros y estructuras de separación de caudales utilizando la mampostería de ladrillo. El trabajo comprende el suministro de toda la planta, materiales, mano de obra, y demás elementos embebidos para la construcción de estructuras de pozos, cajas, sumideros y muros, de acuerdo al diseño y normativa colombiana NTC 3803. (RAS, 2000).

Todos los ladrillos se ajustarán a los requisitos de la especificación ASTM, designación C-62.

Las estructuras antes mencionadas se medirán como metro lineal.

✓ **Tanques de Tormenta**

El diseño de tanques y compartimentos estancos en concreto reforzado debe realizarse de acuerdo con lo establecido en el Capítulo C.20 de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, NSR-98, Ley 400 de 1997 y Decreto 33 de 1998 o los decretos que lo reemplacen, complementadas por lo dispuesto en el literal G.3.4.2. (RAS, 2000).

La unidad de medida para las estructuras mencionadas será el metro cuadrado.

### 6.3. Valoración económica Alternativa 1.

Tabla 24. Valoración económica alternativa 1.

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN RED ALCANTARILLADO PLUVIAL EN LA CUENCA EL REBOLO, MUNICIPIO DE BARRANQUILLA - DEPARTAMENTO DEL ATLANTICO. (ALTERNATIVA 1)					
ITEMS	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VR UNITARIO	VR TOTAL
<b>1</b>	<b>PRELIMINARES</b>				<b>\$ 8,655,264.00</b>
1.1	Localización y replanteo	ML	2,952.00	\$ 2,932.00	\$ 8,655,264.00
<b>2</b>	<b>EXCAVACIÓN</b>				<b>\$ 1,908,381,060.00</b>
2.1	Excavación manual en tierra común H=< 2.00 mt	M <sup>3</sup>	15,435.00	\$ 63,484.00	\$ 979,875,540.00
2.2	Excavación Mecánica H> 2.00 mt	M <sup>3</sup>	17,352.00	\$ 53,510.00	\$ 928,505,520.00
<b>3</b>	<b>RELLENOS</b>				<b>\$ 5,568,186,702.00</b>
3.2	Relleno con material seleccionado proveniente de cantera compactado	M <sup>3</sup>	34,426.35	\$ 161,742.00	\$ 5,568,186,702.00
<b>4</b>	<b>CONCRETOS</b>				<b>\$ 8,674,353,428.00</b>
4.1	Pozos de inspección impermeabilizado para revestimiento de las paredes y fondo.	ML	1,754.46	\$ 980,226.00	\$ 1,719,767,308.00
4.2	Colectores en concreto reforzado impermeabilizado para revestimiento de las paredes y fondo.	M <sup>3</sup>	10,760.00	\$ 646,337.00	\$ 6,954,586,120.00
<b>5</b>	<b>TUBERIA</b>				<b>\$ 152,468,168,816.00</b>
5.1	Suministro e instalación de tubería PVC	ML	97.18	\$ 59,057.50	\$ 5,739,208.00

**PROYECTO: CONSTRUCCIÓN RED ALCANTARILLADO PLUVIAL EN LA CUENCA EL REBOLO, MUNICIPIO DE BARRANQUILLA - DEPARTAMENTO DEL ATLANTICO. (ALTERNATIVA 1)**

ITEMS	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VR UNITARIO	VR TOTAL
	300mm con accesorios				
5.2	Suministro e instalación de tubería PVC 350mm con accesorios	ML	26,749.28	\$ 68,100.00	\$ 1,821,625,968.00
5.3	Suministro e instalación de tubería PVC 400mm con accesorios	ML	23,666.95	\$ 93,760.50	\$ 2,219,025,065.00
5.4	Suministro e instalación de tubería PVC 450mm con accesorios	ML	22,592.47	\$ 122,898.50	\$ 2,776,580,674.00
5.5	Suministro e instalación de tubería PVC 500mm con accesorios	ML	25,640.56	\$ 130,069.00	\$ 3,335,041,999.00
5.6	Suministro e instalación de tubería PVC 550mm con accesorios	ML	25,856.65	\$ 152,275.00	\$ 3,937,321,379.00
5.7	Suministro e instalación de tubería PVC 630mm con accesorios	ML	30,191.56	\$ 187,350.50	\$ 5,656,403,862.00
5.8	Suministro e instalación de tubería PVC 710mm con accesorios	ML	28,735.39	\$ 225,367.50	\$ 6,476,023,006.00
5.9	Suministro e instalación de tubería PVC 800mm con accesorios	ML	25,567.11	\$ 379,101.50	\$ 9,692,529,752.00
5.10	Suministro e instalación de tubería PVC 900mm con accesorios	ML	24,650.80	\$ 539,626.00	\$ 13,302,212,601.00
5.11	Suministro e instalación de tubería PVC 1000mm con accesorios	ML	26,348.89	\$ 843,447.00	\$ 22,223,892,224.00
5.12	Suministro e instalación de tubería PVC 1200mm con accesorios	ML	22,072.46	\$ 1,339,816.00	\$ 29,573,028,368.00
5.13	Suministro e instalación de tubería PVC 1500mm con accesorios	ML	31,165.89	\$ 1,650,803.00	\$ 51,448,744,710.00
<b>SUBTOTAL COSTO DIRECTO DE LA OBRA CIVIL</b>					<b>\$ 168,627,745,270.00</b>
<b>TOTAL, COSTO DIRECTO</b>					<b>\$ 168,627,745,270.00</b>
<b>ADMINISTRACION (20 %)</b>					<b>\$ 33,725,549,054.00</b>
<b>IMPREVISTOS (3 %)</b>					<b>\$ 5,058,832,358.00</b>
<b>UTILIDAD (5 %)</b>					<b>\$ 8,431,387,264.00</b>
<b>IVA SOBRE UTILIDAD (19 %)</b>					<b>\$ 1,601,963,580.00</b>
<b>COSTO TOTAL DE LA OBRA EN PESOS COLOMBIANOS</b>					<b>\$ 217,445,477,526.00</b>
<b>COSTO TOTAL DE LA OBRA EN EUROS</b>					<b>61,985,597.93 €</b>

## 6.4. Valoración económica Alternativa 2.

Tabla 25. Valoración económica alternativa 2.

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN RED ALCANTARILLADO PLUVIAL EN LA CUENCA EL REBOLO, MUNICIPIO DE BARRANQUILLA - DEPARTAMENTO DEL ATLANTICO. (ALTERNATIVA 2)					
ITEMS	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VR UNITARIO	VR TOTAL
1	<b>PRELIMINARES</b>				<b>\$ 94,610,509.00</b>
1.1	Localización y replanteo	ML	32,268.25	\$ 2,932.00	\$ 94,610,509.00
2	<b>EXCAVACIÓN</b>				<b>\$ 1,474,920,454.00</b>

**PROYECTO: CONSTRUCCIÓN RED ALCANTARILLADO PLUVIAL EN LA CUENCA EL REBOLO, MUNICIPIO DE BARRANQUILLA - DEPARTAMENTO DEL ATLANTICO. (ALTERNATIVA 2)**

ITEMS	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VR UNITARIO	VR TOTAL
2.1	Excavación manual en tierra común H=< 2.00 mt	M <sup>3</sup>	12,010.16	\$ 63,484.00	\$ 762,452,997.00
2.2	Excavación Mecánica H> 2.00 mt	M <sup>3</sup>	13,314.66	\$ 53,510.00	\$ 712,467,457.00
<b>3</b>	<b>RELLENOS</b>				<b>\$ 4,300,892,844.00</b>
3.2	Relleno con material seleccionado proveniente de cantera compactado	M <sup>3</sup>	26,591.07	\$ 161,742.00	\$ 4,300,892,844.00
<b>4</b>	<b>CONCRETOS</b>				<b>\$ 44,528,619,514.00</b>
4.1	Pozos de inspección impermeabilizado para revestimiento de las paredes y fondo.	ML	1,739.84	\$ 980,226.00	\$ 1,705,436,404.00
4.2	Colectores en concreto reforzado impermeabilizado para revestimiento de las paredes y fondo.	M <sup>3</sup>	8,005.73	\$ 646,337.00	\$ 5,174,399,511.00
4.3	Tanques de Tormenta en concreto reforzado impermeabilizado para revestimiento de las paredes y fondo.	M <sup>3</sup>	35,822.55	\$ 1,050,980.00	\$ 37,648,783,599.00
<b>5</b>	<b>TUBERIA</b>				<b>\$ 152,468,168,816.00</b>
5.1	Suministro e instalación de tubería PVC 300mm con accesorios	ML	97.18	\$ 59,057.50	\$ 5,739,208.00
5.2	Suministro e instalación de tubería PVC 350mm con accesorios	ML	26,749.28	\$ 68,100.00	\$ 1,821,625,968.00
5.3	Suministro e instalación de tubería PVC 400mm con accesorios	ML	23,666.95	\$ 93,760.50	\$ 2,219,025,065.00
5.4	Suministro e instalación de tubería PVC 450mm con accesorios	ML	22,592.47	\$ 122,898.50	\$ 2,776,580,674.00
5.5	Suministro e instalación de tubería PVC 500mm con accesorios	ML	25,640.56	\$ 130,069.00	\$ 3,335,041,999.00
5.6	Suministro e instalación de tubería PVC 550mm con accesorios	ML	25,856.65	\$ 152,275.00	\$ 3,937,321,379.00
5.7	Suministro e instalación de tubería PVC 630mm con accesorios	ML	30,191.56	\$ 187,350.50	\$ 5,656,403,862.00
5.8	Suministro e instalación de tubería PVC 710mm con accesorios	ML	28,735.39	\$ 225,367.50	\$ 6,476,023,006.00
5.9	Suministro e instalación de tubería PVC 800mm con accesorios	ML	25,567.11	\$ 379,101.50	\$ 9,692,529,752.00
5.10	Suministro e instalación de tubería PVC 900mm con accesorios	ML	24,650.80	\$ 539,626.00	\$ 13,302,212,601.00
5.11	Suministro e instalación de tubería PVC 1000mm con accesorios	ML	26,348.89	\$ 843,447.00	\$ 22,223,892,224.00
5.12	Suministro e instalación de tubería PVC 1200mm con accesorios	ML	22,072.46	\$ 1,339,816.00	\$ 29,573,028,368.00
5.13	Suministro e instalación de tubería PVC 1500mm con accesorios	ML	31,165.89	\$ 1,650,803.00	\$ 51,448,744,710.00
	<b>SUBTOTAL COSTO DIRECTO DE LA OBRA CIVIL</b>				<b>\$ 202,867,212,137.00</b>
	<b>TOTAL, COSTO DIRECTO</b>				<b>\$ 202,867,212,137.00</b>
	<b>ADMINISTRACION (20 %)</b>				<b>\$ 40,573,442,427.00</b>
	<b>IMPREVISTOS (3 %)</b>				<b>\$ 6,086,016,364.00</b>
	<b>UTILIDAD (5 %)</b>				<b>\$ 10,143,360,607.00</b>
	<b>IVA SOBRE UTILIDAD (19 %)</b>				<b>\$ 1,927,238,515.00</b>
	<b>COSTO TOTAL DE LA OBRA EN PESOS COLOMBIANOS</b>				<b>\$ 261,597,270,050.00</b>
	<b>COSTO TOTAL DE LA OBRA EN EUROS</b>				<b>74,571,627.72 €</b>

## 6.5. Conclusiones

La red de alcantarillado pluvial para la cuenca El Rebolo de la ciudad de Barranquilla, Colombia, planteada a través de dos alternativas con el objetivo principal de reducir la problemática de los arroyos urbanos, se han desarrollado cumpliendo con los requerimientos de velocidad, pendiente y profundidad propuestos por el Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000).

En función de lo anterior, tenemos que para la primera alternativa, la cual contemplaba disminuir los diámetros y profundidades de excavación de la red pre dimensionada por el método racional, se estima un valor de **DOSCIENTOS DIECISIETE MI CUATROCIENTOS CUARENTA Y CINCO MILLONES CUATROCIENTOS SETENTA Y SIETE MIL QUINIENTOS VEINTISÉIS PESOS COLOMBIANOS ( \$ 217,445,477,526.00) M/L**, lo que equivaldría teniendo en cuenta una tasa de cambio de **1€ = \$ 3,508.00**, a **SESENTA Y UN MILLONES NOVECIENTOS OCHENTA Y CINCO MIL QUINIENTOS NOVENTA Y SIETE EUROS CON NOVENTA Y TRES CÉNTIMOS (61,985,597.93 €)**.

La segunda alternativa contempla el diseño de la red alcantarillado pluvial incluyendo en el sistema tanques de tormenta con lo que se pretende dar a conocer un nuevo enfoque en la construcción de urbanizaciones de bajo impacto, en las se incluyan técnicas para minimizar la escorrentía y el tratamiento local de la contaminación. Para esta propuesta se estima un valor de **DOSCIENTOS SESENTA Y UN MIL QUINIENTOS NOVENTA Y SIETE MILLONES DOSCIENTOS SETENTA MIL CINCUENTA PESOS COLOMBIANOS (\$261,597,270,050.00) M/L**, lo que equivaldría teniendo en cuenta una tasa de cambio de **1€ = \$ 3,508.00**, a **SETENTA Y CUATRO MILLONES QUINIENTOS SETENTA Y UN MIL SEISCIENTOS VEINTISIETE EUROS CON SETENTA Y DOS CÉNTIMOS (74,571,627.72 €)**.

En función de lo anteriormente descrito y conservando una postura ambientalista, urbanística y de progreso en la ciudad se contempla como mejor alternativa de diseño el número dos, por motivos de que la diferencia económica para los montos manejados en las dos alternativas, no es exagerado y esta última implica una mejora significativa en relación a la primera de carácter ambiental y social, para el desarrollo del centro urbano.

## 6.6. Referencias.

- Ministerio de Desarrollo Económico (2000). “Resolución No. 1096/2000 de noviembre de 2000. por la cual se adopta el Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico”
- Ministerio de Desarrollo Económico (2000). “SECCION II. TÍTULO B SISTEMAS DE ACUEDUCTO”.
- Ministerio de Desarrollo Económico (2000). “SECCION II. TÍTULO G ASPECTOS COMPLEMENTARIOS”.

## 7. ANEXOS

### 7.1. ANEXO 1. RESULTADOS PRE DIMENSIONAMIENTO DE LA RED 1, MÉTODO RACIONAL.

Código tram o	tc supues to inicial (min)	I (mm/h)	Fc	I *Fc (mm/h)	C	A (ha)	Q (m3/s)	S(m/ m)	Q/2 (m3/s)	Coef. Rugosidad	D cálculo (m)	D comercial (mm)	D comercial (m)	V sección llena (m/s)	tc calculado (min)	Descr.
1	53.75	102.74	0.9	92.47	0.66	466.42	79.563	0.029	39.781	0.013	3.639	3700	3.7	3.70	53.75	GRAN COLECTOR CRA 21 (DOS EN PARALELO)
2	53.63	102.83	0.9	92.55	0.66	458.07	78.126	0.004	39.063	0.013	3.574	3600	3.6	3.84	53.63	GRAN COLECTOR CRA 21 (DOS EN PARALELO)
3	44.99	110.42	0.93	102.69	0.67	233.13	44.803	0.022	22.401	0.013	2.916	3000	3	3.17	44.99	GRAN COLECTOR CRA 21 (DOS EN PARALELO)
4	44.76	110.65	0.93	102.90	0.67	228.32	44.006	0.010	22.003	0.013	2.808	3000	3	3.11	44.76	GRAN COLECTOR CRA 21 (DOS EN PARALELO)
5	44.48	110.91	0.93	103.15	0.67	223.16	43.096	0.034	21.548	0.013	2.738	2800	2.8	3.50	44.48	GRAN COLECTOR CRA 21 (DOS EN PARALELO)
6	44.37	111.03	0.93	103.26	0.67	217.61	42.046	0.004	21.023	0.013	2.668	2800	2.8	3.41	44.37	GRAN COLECTOR CRA 21 (DOS EN PARALELO)
7	39.44	116.12	0.95	110.31	0.68	130.46	27.066	0.005	13.533	0.013	2.237	2500	2.5	5.51	39.44	GRAN COLECTOR CRA 21
8	38.73	116.90	0.95	111.05	0.68	128.79	26.983	0.025	13.492	0.013	2.162	2200	2.2	7.10	38.73	GRAN COLECTOR CRA 21
9	38.07	117.64	0.95	111.76	0.68	117.25	24.732	0.021		0.013	2.683	2800	2.8	4.02	38.07	GRAN COLECTOR CRA 21
10	37.67	118.10	0.95	112.20	0.68	111.78	23.678	0.019		0.013	2.589	2600	2.6	4.46	37.67	GRAN COLECTOR CRA 21
11	33.49	123.19	0.99	121.95	0.68	69.84	16.118	0.019		0.013	2.207	2500	2.5	3.28	33.49	GRAN COLECTOR CRA 21
12	32.91	123.94	0.99	122.71	0.68	65.41	15.197	0.021		0.013	2.151	2200	2.2	4.00	32.91	GRAN COLECTOR CRA 21
13	24.76	136.24	0.99	134.88	0.76	53.61	15.324	0.024		0.013	2.100	2200	2.2	4.03	24.76	GRAN COLECTOR CRA 21
14	20.06	145.33	0.99	143.87	0.77	22.92	7.011	0.023		0.011	1.346	1500	1.5	3.97	20.06	RAMAL
15	10.29	174.20	0.99	172.45	0.76	4.39	1.605	0.048		0.011	0.713	710	0.71	4.05	10.29	RAMAL
16	11.27	170.26	0.99	168.56	0.77	2.58	0.935	0.026		0.011	0.632	710	0.71	2.36	11.27	RAMAL
17	26.36	133.54	0.99	132.20	0.65	19.10	4.586	0.008		0.011	1.179	1200	1.2	4.05	26.36	RAMAL
18	31.49	125.84	0.99	124.58	0.66	37.68	8.636	0.008		0.013	1.619	1800	1.8	3.39	31.50	GRAN COLECTOR CLL 40
19	35.06	121.20	0.99	119.99	0.67	66.90	14.894	0.034		0.013	2.152	2200	2.2	3.92	35.06	GRAN COLECTOR CLL 40
20	37.65	118.13	0.99	116.95	0.67	69.12	14.949	0.001		0.013	2.156	2200	2.2	3.93	37.65	GRAN COLECTOR CLL 40
21	42.57	112.81	0.99	111.69	0.65	93.52	18.952	0.006		0.013	2.370	2500	2.5	3.86	42.57	GRAN COLECTOR CLL 40
22	24.74	136.27	0.99	134.91	0.65	10.92	2.678	0.019		0.013	1.143	1200	1.2	2.37	24.74	GRAN COLECTOR CLL 40
23	24.82	136.14	0.99	134.77	0.66	12.43	3.090	0.017		0.013	1.218	1500	1.5	1.75	24.82	GRAN COLECTOR CLL 40
24	43.08	112.30	0.95	106.68	0.66	120.95	23.537	0.014	11.769	0.013	2.048	2200	2.2	6.19	43.08	GRAN COLECTOR CLL 40
25	43.13	112.25	0.95	106.64	0.65	129.69	24.862	0.010	12.431	0.013	2.093	2200	2.2	6.54	43.14	GRAN COLECTOR CLL 40
26	44.08	111.30	0.95	105.74	0.65	135.16	25.798	0.001	12.899	0.013	2.200	2200	2.2	6.79	44.08	GRAN COLECTOR CLL 40
27	46.51	108.99	0.95	103.54	0.65	144.35	26.981	0.001	13.491	0.013	2.247	2500	2.5	5.50	46.51	GRAN COLECTOR CLL 40
28	49.61	106.20	0.95	100.89	0.65	176.14	32.082	0.010	16.041	0.013	2.401	2500	2.5	3.27	49.61	GRAN COLECTOR CLL 40 (DOS EN PARALELO)
29	51.07	104.95	0.93	97.60	0.65	207.82	36.822	0.023	18.411	0.013	2.558	2600	2.6	3.47	51.07	GRAN COLECTOR CLL 40



Código tram o	tc supues to inicial (min)	I (mm/h)	Fc	I *Fc (mm/h)	C	A (ha)	Q (m3/s)	S(m/ m)	Q/2 (m3/s)	Coef. Rugosidad	D cálculo (m)	D comercial (mm)	D comercial (m)	V sección llena (m/s)	tc calculado (min)	Descr.
30	52.19	104.01	0.93	96.73	0.65	223.83	39.309	0.022	19.655	0.013	2.658	2800	2.8	3.19	52.19	GRAN COLECTOR CLL 40
31	11.17	170.64	0.99	168.93	0.77	2.10	0.758	0.022		0.011	0.541	550	0.55	3.19	11.17	RAMAL
32	10.00	175.42	0.99	173.67	0.77	1.57	0.585	0.027		0.011	0.490	500	0.5	2.98	9.95	RAMAL
33	15.27	157.14	0.99	155.57	0.77	8.61	2.861	0.026		0.011	1.021	1200	1.2	2.53	15.27	RAMAL
34	14.48	159.44	0.99	157.84	0.77	6.18	2.082	0.018		0.011	0.887	900	0.9	3.27	14.48	RAMAL
35	10.65	172.68	0.99	170.96	0.77	2.00	0.730	0.023		0.011	0.538	550	0.55	3.07	10.65	RAMAL
36	18.79	148.16	0.99	146.68	0.77	12.65	3.948	0.024		0.011	1.172	1200	1.2	3.49	18.79	RAMAL
37	11.37	169.89	0.99	168.19	0.77	3.30	1.189	0.029		0.011	0.638	710	0.71	3.00	11.37	RAMAL
38	18.57	148.67	0.99	147.18	0.77	5.82	1.826	0.001		0.011	0.864	900	0.9	2.87	18.57	RAMAL
39	10.00	175.42	0.99	173.67	0.77	2.27	0.840	0.087		0.011	0.560	630	0.63	2.70	7.82	RAMAL
40	13.90	161.19	0.99	159.58	0.77	2.01	0.687	0.010		0.011	0.552	630	0.63	2.20	13.90	RAMAL
41	16.97	152.55	0.99	151.03	0.77	3.70	1.198	0.009		0.011	0.720	800	0.8	2.38	16.97	RAMAL
42	12.70	165.10	0.99	163.45	0.78	4.52	1.592	0.024		0.011	0.774	800	0.8	3.17	12.70	RAMAL
43	10.62	172.81	0.99	171.08	0.78	2.09	0.772	0.026		0.011	0.557	630	0.63	2.48	10.62	RAMAL
44	17.04	152.38	0.99	150.86	0.77	9.51	3.087	0.025		0.011	1.045	1200	1.2	2.73	17.04	RAMAL
45	14.78	158.52	0.99	156.94	0.76	4.69	1.562	0.012		0.011	0.745	800	0.8	3.11	14.78	RAMAL
46	11.08	171.00	0.99	169.29	0.76	2.06	0.740	0.024		0.011	0.536	550	0.55	3.11	11.08	RAMAL
47	19.08	147.50	0.99	146.02	0.77	16.72	5.227	0.031		0.011	1.286	1500	1.5	2.96	19.08	RAMAL
48	13.96	160.99	0.99	159.38	0.77	6.29	2.138	0.024		0.011	0.878	900	0.9	3.36	13.96	RAMAL
49	12.65	165.26	0.99	163.61	0.77	3.99	1.389	0.023		0.011	0.658	710	0.71	3.51	12.65	RAMAL
50	20.75	143.88	0.99	142.44	0.77	26.38	8.015	0.029		0.013	1.642	1800	1.8	3.15	20.75	RAMAL
51	10.32	174.06	0.99	172.32	0.77	1.66	0.612	0.025		0.011	0.498	500	0.5	3.12	10.32	RAMAL
52	17.32	151.68	0.99	150.16	0.77	5.09	1.629	0.005		0.011	0.806	900	0.9	2.56	17.32	RAMAL
53	19.23	147.16	0.99	145.69	0.77	7.96	2.475	0.010		0.011	0.966	1000	1	3.15	19.23	RAMAL
54	11.15	170.72	0.99	169.02	0.77	1.18	0.425	0.019		0.011	0.440	500	0.5	2.16	11.15	RAMAL
55	12.88	164.48	0.99	162.83	0.77	3.21	1.119	0.026		0.011	0.641	710	0.71	2.83	12.88	RAMAL
56	14.37	159.76	0.99	158.17	0.77	5.92	2.003	0.024		0.011	0.853	900	0.9	3.15	14.37	RAMAL
57	13.05	163.93	0.99	162.29	0.77	3.60	1.255	0.018		0.011	0.675	710	0.71	3.17	13.05	RAMAL
58	10.56	173.07	0.99	171.34	0.78	1.63	0.601	0.023		0.011	0.501	500	0.5	3.06	10.56	RAMAL
59	16.35	154.18	0.99	152.64	0.77	10.93	3.574	0.027		0.011	1.118	1200	1.2	3.16	16.35	RAMAL
60	17.43	151.40	0.99	149.89	0.77	5.64	1.808	0.006		0.011	0.783	800	0.8	3.60	17.43	RAMAL
61	12.68	165.18	0.99	163.53	0.77	2.76	0.964	0.020		0.011	0.591	630	0.63	3.09	12.68	RAMAL
62	20.11	145.23	0.99	143.78	0.77	18.81	5.788	0.008		0.013	1.491	1500	1.5	3.28	20.11	RAMAL
63	14.46	159.47	0.99	157.88	0.77	6.25	2.109	0.029		0.011	0.834	900	0.9	3.31	14.46	RAMAL
64	14.41	159.64	0.99	158.04	0.77	4.31	1.455	0.016		0.011	0.689	710	0.71	3.68	14.41	RAMAL
65	22.48	140.40	0.99	139.00	0.77	28.44	8.462	0.005		0.013	1.795	1800	1.8	3.33	22.48	RAMAL
66	13.87	161.27	0.99	159.66	0.77	8.16	2.778	0.029		0.011	0.902	900	0.9	4.37	13.87	RAMAL
67	11.00	171.29	0.99	169.58	0.77	3.07	1.107	0.030		0.011	0.623	630	0.63	3.55	11.00	RAMAL
68	23.25	138.96	0.99	137.57	0.77	38.88	11.436	0.034		0.013	1.808	2000	2	3.64	23.25	RAMAL



Código tram o	tc supues to inicial (min)	I (mm/h)	Fc	I *Fc (mm/h)	C	A (ha)	Q (m3/s)	S(m/ m)	Q/2 (m3/s)	Coef. Rugosidad	D cálculo (m)	D comercial (mm)	D comercial (m)	V sección llena (m/s)	tc calculado (min)	Descr.
69	12.31	166.42	0.99	164.76	0.78	0.97	0.346	0.015		0.011	0.406	500	0.5	1.76	12.31	RAMAL
70	13.02	164.02	0.99	162.38	0.77	3.50	1.223	0.034		0.011	0.665	710	0.71	3.09	13.02	RAMAL
71	14.24	160.16	0.99	158.56	0.77	6.67	2.258	0.026		0.011	0.817	900	0.9	3.55	14.24	RAMAL
72	12.30	166.49	0.99	164.82	0.77	3.33	1.169	0.025		0.011	0.637	710	0.71	2.95	12.30	RAMAL
73	16.52	153.73	0.99	152.19	0.77	12.80	4.166	0.032		0.011	1.110	1200	1.2	3.68	16.52	RAMAL
74	17.33	151.66	0.99	150.14	0.77	15.21	4.866	0.045		0.011	1.170	1200	1.2	4.30	17.33	RAMAL
75	17.77	150.59	0.99	149.08	0.77	13.58	4.313	0.033		0.011	1.123	1200	1.2	3.81	17.77	RAMAL
76	17.54	151.13	0.99	149.62	0.77	10.39	3.306	0.037		0.011	0.986	1000	1	4.21	17.54	RAMAL
77	17.50	151.23	0.99	149.72	0.77	7.50	2.397	0.009		0.011	0.867	900	0.9	3.77	17.50	RAMAL
78	15.69	155.95	0.99	154.39	0.76	5.75	1.886	0.028		0.011	0.790	800	0.8	3.75	15.69	RAMAL
79	16.35	154.18	0.99	152.64	0.77	3.37	1.095	0.009		0.011	0.619	630	0.63	3.51	16.35	RAMAL
80	20.67	144.04	0.99	142.60	0.77	31.24	9.504	0.014		0.013	1.623	1800	1.8	3.73	20.67	RAMAL
81	17.23	151.90	0.99	150.38	0.77	15.37	4.927	0.028		0.011	1.186	1200	1.2	4.36	17.23	RAMAL
82	16.36	154.14	0.99	152.60	0.77	13.16	4.284	0.013		0.011	1.085	1200	1.2	3.79	16.36	RAMAL
83	15.69	155.94	0.99	154.38	0.77	11.47	3.774	0.075		0.011	1.028	1200	1.2	3.34	15.69	RAMAL
84	16.57	153.60	0.99	152.07	0.77	8.62	2.794	0.020		0.011	0.883	900	0.9	4.39	16.57	RAMAL
85	15.24	157.21	0.99	155.64	0.77	5.13	1.701	0.018		0.011	0.728	800	0.8	3.38	15.24	RAMAL
86	13.64	162.00	0.99	160.38	0.77	2.75	0.941	0.015		0.011	0.569	630	0.63	3.02	13.64	RAMAL
87	22.72	139.95	0.99	138.55	0.77	48.73	14.405	0.028		0.013	1.999	2000	2	4.59	22.72	RAMAL
88	23.65	138.21	0.99	136.83	0.77	51.43	15.022	0.006		0.013	2.043	2100	2.1	4.34	23.65	RAMAL
89	22.19	140.97	0.99	139.56	0.75	32.67	9.557	0.008		0.013	1.758	1800	1.8	3.76	22.19	RAMAL
90	14.98	157.95	0.99	156.37	0.76	8.47	2.791	0.018		0.011	0.900	900	0.9	4.39	14.98	RAMAL
91	13.48	162.51	0.99	160.89	0.75	5.81	1.953	0.029		0.011	0.785	800	0.8	3.88	13.48	RAMAL
92	12.32	166.39	0.99	164.73	0.73	3.08	1.035	0.030		0.011	0.604	630	0.63	3.32	12.32	RAMAL
93	20.04	145.38	0.99	143.93	0.75	21.93	6.581	0.023		0.011	1.409	1500	1.5	3.72	20.04	RAMAL
94	11.55	169.21	0.99	167.52	0.77	3.48	1.246	0.035		0.011	0.669	710	0.71	3.15	11.55	RAMAL
95	10.60	172.89	0.99	171.16	0.77	2.11	0.773	0.028		0.011	0.553	630	0.63	2.48	10.60	RAMAL
96	19.43	146.71	0.99	145.25	0.76	16.60	5.072	0.019		0.011	1.116	1200	1.2	4.49	19.43	RAMAL
97	13.91	161.16	0.99	159.54	0.76	5.17	1.740	0.024		0.011	0.735	800	0.8	3.46	13.91	RAMAL
98	17.50	151.23	0.99	149.72	0.75	8.22	2.571	0.023		0.011	0.862	900	0.9	4.04	17.50	RAMAL
99	16.16	154.67	0.99	153.12	0.78	4.52	1.495	0.011		0.011	0.696	710	0.71	3.78	16.16	RAMAL
100	12.75	164.94	0.99	163.29	0.78	4.52	1.590	0.028		0.011	0.710	800	0.8	3.16	12.75	RAMAL
101	16.42	153.99	0.99	152.45	0.77	10.98	3.587	0.021		0.011	0.976	1000	1	4.57	16.42	RAMAL
102	15.64	156.08	0.99	154.52	0.77	7.18	2.375	0.022		0.011	0.826	900	0.9	3.73	15.64	RAMAL
103	18.42	149.03	0.99	147.54	0.77	12.64	3.985	0.019		0.011	1.040	1200	1.2	3.52	18.42	RAMAL
104	14.72	158.71	0.99	157.12	0.77	8.88	2.996	0.032		0.011	0.904	1000	1	3.82	14.72	RAMAL
105	22.21	140.94	0.99	139.53	0.77	24.51	7.295	0.031		0.013	1.469	1500	1.5	4.13	22.21	RAMAL
106	14.31	159.94	0.99	158.34	0.77	7.03	2.382	0.024		0.011	0.829	900	0.9	3.74	14.31	RAMAL
107	20.82	143.72	0.99	142.29	0.77	11.16	3.389	0.040		0.011	1.005	1200	1.2	3.00	20.82	RAMAL



Código tram o	tc supues to inicial (min)	I (mm/h)	Fc	I *Fc (mm/h)	C	A (ha)	Q (m3/s)	S(m/ m)	Q/2 (m3/s)	Coef. Rugosidad	D cálculo (m)	D comercial (mm)	D comercial (m)	V sección llena (m/s)	tc calculado (min)	Descr.
108	14.49	159.40	0.99	157.81	0.77	4.32	1.458	0.017		0.011	0.690	710	0.71	3.68	14.49	RAMAL
109	15.24	157.21	0.99	155.64	0.77	7.00	2.336	0.020		0.011	0.846	900	0.9	3.67	15.24	RAMAL
110	10.00	175.42	0.99	173.67	0.77	3.27	1.220	0.044		0.011	0.638	710	0.71	3.08	9.73	RAMAL
111	12.74	164.97	0.99	163.32	0.77	6.33	2.209	0.021		0.011	0.804	900	0.9	3.47	12.74	RAMAL
112	13.68	161.88	0.99	160.26	0.78	7.54	2.602	0.020		0.011	0.908	1000	1	3.31	13.68	RAMAL
113	14.06	160.69	0.99	159.08	0.77	9.27	3.166	0.033		0.011	0.989	1000	1	4.03	14.06	RAMAL
114	15.18	157.37	0.99	155.80	0.77	11.28	3.778	0.018		0.011	1.058	1200	1.2	3.34	15.19	RAMAL
115	19.16	147.32	0.99	145.85	0.72	15.54	4.512	0.033		0.011	1.117	1200	1.2	3.99	19.16	RAMAL
116	19.03	147.62	0.99	146.14	0.71	11.98	3.431	0.037		0.011	0.999	1000	1	4.37	19.03	RAMAL
117	17.42	151.44	0.99	149.92	0.73	9.06	2.768	0.016		0.011	0.912	1000	1	3.52	17.42	RAMAL
118	13.66	161.95	0.99	160.33	0.77	5.61	1.920	0.018		0.011	0.784	800	0.8	3.82	13.66	RAMAL
119	11.19	170.57	0.99	168.86	0.77	3.03	1.088	0.023		0.011	0.621	630	0.63	3.49	11.19	RAMAL
120	24.34	136.98	0.99	135.61	0.68	28.85	7.366	0.027		0.013	1.520	1800	1.8	2.89	24.34	RAMAL
121	17.51	151.21	0.99	149.69	0.71	6.84	2.023	0.005		0.011	0.783	800	0.8	4.02	17.51	RAMAL
122	13.37	162.88	0.99	161.25	0.71	4.96	1.578	0.042		0.011	0.711	710	0.71	3.99	13.37	RAMAL
123	14.98	157.95	0.99	156.37	0.62	2.48	0.669	0.030		0.011	0.512	550	0.55	2.82	14.98	RAMAL
124	27.19	132.19	0.99	130.87	0.66	38.09	9.184	0.036		0.013	1.621	1800	1.8	3.61	27.19	RAMAL
125	21.21	142.93	0.99	141.50	0.77	41.24	12.494	0.017		0.013	1.866	2000	2	3.98	21.21	RAMAL
126	21.27	142.80	0.99	141.38	0.77	43.22	13.141	0.022		0.013	1.907	2000	2	4.18	21.27	RAMAL
127	21.76	141.82	0.99	140.40	0.77	45.57	13.709	0.022		0.013	1.961	2000	2	4.36	21.76	RAMAL
128	22.33	140.71	0.99	139.30	0.77	47.05	14.074	0.007		0.013	2.091	2200	2.2	3.70	22.33	RAMAL
129	11.56	169.17	0.99	167.48	0.77	2.07	0.743	0.020		0.011	0.532	550	0.55	3.13	11.56	RAMAL
130	12.81	164.73	0.99	163.08	0.74	3.90	1.315	0.033		0.011	0.687	710	0.71	3.32	12.81	RAMAL
131	14.17	160.36	0.99	158.75	0.75	6.23	2.072	0.020		0.011	0.825	900	0.9	3.26	14.17	RAMAL
132	10.52	173.25	0.99	171.52	0.77	2.10	0.771	0.030		0.011	0.542	550	0.55	3.24	10.52	RAMAL
133	15.34	156.94	0.99	155.37	0.76	9.94	3.261	0.026		0.011	0.988	1000	1	4.15	15.34	RAMAL
134	11.50	169.40	0.99	167.70	0.78	3.14	1.133	0.028		0.011	0.625	630	0.63	3.63	11.50	RAMAL
135	12.95	164.24	0.99	162.60	0.71	2.90	0.936	0.029		0.011	0.620	630	0.63	3.00	12.95	RAMAL
136	36.62	119.33	0.95	113.36	0.66	107.11	22.141	0.008		0.011	2.111	2200	2.2	5.82	36.62	RAMAL
137	13.61	162.12	0.99	160.50	0.77	5.91	2.022	0.018		0.011	0.829	900	0.9	3.18	13.60	RAMAL
138	11.37	169.89	0.99	168.19	0.76	2.93	1.044	0.042		0.011	0.640	710	0.71	2.64	11.36	RAMAL
139	17.31	151.71	0.99	150.20	0.77	9.96	3.193	0.016		0.011	0.925	1000	1	4.07	17.31	RAMAL
142	19.65	146.23	0.99	144.77	0.76	19.91	6.068	0.005		0.013	1.441	1500	1.5	3.43	19.65	RAMAL
144	14.12	160.51	0.99	158.91	0.77	4.96	1.680	0.024		0.011	0.810	900	0.9	2.64	14.12	RAMAL
145	12.10	167.20	0.99	165.52	0.77	2.20	0.776	0.018		0.011	0.553	550	0.55	3.27	12.10	RAMAL
147	12.67	165.18	0.99	163.53	0.76	3.44	1.196	0.029		0.013	0.815	900	0.9	1.88	12.67	RAMAL
148	18.43	148.99	0.99	147.50	0.77	7.07	2.228	0.017		0.011	0.821	900	0.9	3.50	18.43	RAMAL
149	18.35	149.18	0.99	147.68	0.77	3.39	1.069	0.007		0.011	0.617	630	0.63	3.43	18.35	RAMAL
150	16.11	154.81	0.99	153.26	0.77	7.34	2.408	0.001		0.013	1.069	1200	1.2	2.13	16.11	RAMAL



Código tram o	tc supues to inicial (min)	I (mm/h)	Fc	I *Fc (mm/h)	C	A (ha)	Q (m3/s)	S(m/ m)	Q/2 (m3/s)	Coef. Rugosidad	D cálculo (m)	D come rcial (mm)	D come rcial (m)	V sección llena (m/s)	tc calculad o (min)	Descr.
151	12.01	167.52	0.99	165.84	0.77	1.53	0.543	0.017		0.011	0.514	550	0.55	2.28	12.01	RAMAL
152	17.81	150.49	0.99	148.98	0.77	4.77	1.517	0.005		0.011	0.768	800	0.8	3.02	17.81	RAMAL
153	31.37	126.01	0.99	124.75	0.77	3.33	0.887	0.001		0.011	0.623	630	0.63	2.85	31.37	RAMAL
154	24.84	136.09	0.99	134.73	0.77	1.62	0.466	0.002		0.011	0.498	500	0.5	2.37	24.84	RAMAL
155	14.73	158.69	0.99	157.11	0.77	5.36	1.797	0.019		0.011	0.786	800	0.8	3.57	14.73	RAMAL
156	16.38	154.09	0.99	152.55	0.77	8.05	2.627	0.015		0.011	0.933	1000	1	3.34	16.38	RAMAL
157	14.47	159.46	0.99	157.87	0.77	9.06	3.063	0.023		0.011	0.975	1000	1	3.90	14.47	RAMAL
158	14.23	160.16	0.99	158.56	0.76	10.38	3.491	0.031		0.011	0.947	1000	1	4.44	14.23	RAMAL
159	13.32	163.04	0.99	161.41	0.77	7.60	2.622	0.026		0.011	0.860	900	0.9	4.12	13.32	RAMAL
160	19.46	146.64	0.99	145.18	0.78	5.00	1.573	0.000		0.011	0.711	800	0.8	3.13	19.46	RAMAL
161	16.01	155.08	0.99	153.53	0.78	2.89	0.963	0.013		0.011	0.601	630	0.63	3.09	16.01	RAMAL
162	23.68	138.17	0.99	136.79	0.78	21.01	6.259	0.023		0.011	1.256	1500	1.5	3.54	23.68	RAMAL
163	20.08	145.30	0.99	143.85	0.78	23.64	7.340	0.015		0.011	1.338	1500	1.5	4.15	20.08	RAMAL
164	20.13	145.19	0.99	143.74	0.78	26.27	8.139	0.023		0.011	1.359	1500	1.5	4.61	20.13	RAMAL
165	12.95	164.25	0.99	162.61	0.78	3.11	1.090	0.015		0.011	0.615	630	0.63	3.50	12.95	RAMAL
166	18.01	149.99	0.99	148.49	0.77	7.57	2.397	0.010		0.011	0.946	1000	1	3.05	18.01	RAMAL
167	21.55	142.24	0.99	140.82	0.77	12.47	3.748	0.002		0.011	1.128	1200	1.2	3.31	21.55	RAMAL
168	22.15	141.05	0.99	139.64	0.77	14.95	4.465	0.015		0.013	1.396	1500	1.5	2.53	22.15	RAMAL
169	20.43	144.55	0.99	143.11	0.77	18.92	5.828	0.014		0.011	1.177	1200	1.2	5.15	20.43	RAMAL
170	13.72	161.77	0.99	160.15	0.77	3.95	1.349	0.020		0.011	0.682	710	0.71	3.41	13.72	RAMAL
171	16.67	153.33	0.99	151.80	0.77	7.05	2.277	0.010		0.011	0.861	900	0.9	3.58	16.67	RAMAL
172	19.17	147.29	0.99	145.81	0.77	9.67	3.006	0.007		0.011	0.973	1000	1	3.83	19.17	RAMAL
173	12.01	167.50	0.99	165.82	0.77	1.69	0.599	0.031		0.011	0.543	630	0.63	1.92	12.01	RAMAL
174	17.46	151.34	0.99	149.83	0.78	5.41	1.747	0.010		0.011	0.800	900	0.9	2.75	17.46	RAMAL
175	19.27	147.08	0.99	145.61	0.77	10.04	3.120	0.016		0.011	1.010	1200	1.2	2.76	19.27	RAMAL
176	19.76	146.00	0.99	144.54	0.77	14.42	4.430	0.020		0.011	1.160	1200	1.2	3.92	19.76	RAMAL
177	13.32	163.04	0.99	161.41	0.77	3.74	1.285	0.020		0.011	0.655	710	0.71	3.24	13.32	RAMAL
178	10.82	172.03	0.99	170.31	0.76	0.95	0.340	0.018		0.011	0.418	500	0.5	1.73	10.82	RAMAL
178	14.02	160.81	0.99	159.20	0.76	0.95	0.318	0.006		0.011	0.396	400	0.4	2.53	14.02	RAMAL
179	22.54	140.30	0.99	138.90	0.77	25.45	7.534	0.040		0.011	1.351	1500	1.5	4.26	22.54	RAMAL
180	26.82	132.78	0.99	131.46	0.77	13.83	3.891	0.001		0.011	1.021	1200	1.2	3.44	26.82	RAMAL

## 7.2. ANEXO 2. RESULTADOS PRE DIMENSIONAMIENTO DE LA RED 2, MÉTODO RACIONAL.

Código tram o	tc supuest o inicial (min)	I (mm/h)	Fc	I *Fc (mm/h)	C	A (ha)	Q (m3/s)	S (m/m)	Q/2 (m3/s)	Coef. Rugosidad	D cálculo (m)	D comercial (m)	V sección llena (m/s)	tc calculad o (min)	Descr.
1	53.80	102.70	0.9	92.43	0.66	454.06	77.093	0.029	38.547	0.013	3.596	3.6	3.79	53.82	GRAN COLECTOR CRA 21 (DOS EN PARALELO)
2	53.53	102.92	0.9	92.62	0.66	442.60	75.243	0.004	37.621	0.013	3.524	3.6	3.70	53.55	GRAN COLECTOR CRA 21 (DOS EN PARALELO)
3	44.65	110.75	0.93	103.00	0.67	221.61	42.622	0.022	21.311	0.013	2.862	3	3.01	44.65	GRAN COLECTOR CRA 21 (DOS EN PARALELO)
4	44.28	111.11	0.93	103.33	0.67	213.60	41.225	0.010	20.612	0.013	2.740	2.8	3.35	44.28	GRAN COLECTOR CRA 21 (DOS EN PARALELO)
5	43.79	111.59	0.93	103.78	0.67	204.58	39.644	0.034	19.822	0.013	2.653	2.8	3.22	43.79	GRAN COLECTOR CRA 21 (DOS EN PARALELO)
6	43.68	111.70	0.93	103.88	0.67	200.15	38.818	0.004	19.409	0.013	2.589	2.6	3.66	43.68	GRAN COLECTOR CRA 21 (DOS EN PARALELO)
7	38.49	117.17	0.95	111.31	0.67	113.02	23.515	0.005	11.757	0.013	2.122	2.2	6.19	38.49	GRAN COLECTOR CRA 21
8	37.67	118.10	0.95	112.20	0.67	107.55	22.553	0.025	11.277	0.013	2.021	2.2	5.93	37.67	GRAN COLECTOR CRA 21
9	37.10	118.76	0.99	117.58	0.67	97.92	21.495	0.021	10.748	0.013	1.963	2	6.84	37.10	GRAN COLECTOR CRA 21
10	36.80	119.11	0.99	117.92	0.67	96.25	21.278	0.019	10.639	0.013	1.918	2	6.77	36.80	GRAN COLECTOR CRA 21
11	32.50	124.49	0.99	123.24	0.67	56.76	13.080	0.019		0.013	2.041	2.1	3.78	32.50	GRAN COLECTOR CRA 21
12	31.80	125.43	0.99	124.17	0.67	51.21	11.862	0.021		0.013	1.960	2	3.78	31.80	GRAN COLECTOR CRA 21
13	22.69	140.01	0.99	138.61	0.77	40.42	11.993	0.024		0.013	1.916	2	3.82	22.69	GRAN COLECTOR CRA 21
14	16.12	154.80	0.99	153.25	0.77	9.36	3.080	0.023		0.011	0.989	1.2	2.72	16.12	RAMAL
15	10.00	175.42	0.99	173.67	0.77	0.57	0.213	0.048		0.011	0.334	0.35	2.22	7.03	RAMAL
16	11.27	170.26	0.99	168.56	0.77	2.58	0.935	0.026		0.011	0.632	0.71	2.36	11.27	RAMAL
17	26.91	132.64	0.99	131.31	0.63	16.97	3.909	0.008		0.011	1.111	1.2	3.46	26.91	RAMAL
18	32.06	125.07	0.99	123.82	0.65	36.71	8.219	0.008		0.013	1.590	1.6	4.09	32.06	GRAN COLECTOR CLL 40
19	35.92	120.16	0.99	118.96	0.66	71.47	15.667	0.034		0.013	2.193	2.2	4.12	35.92	GRAN COLECTOR CLL 40
20	38.33	117.34	0.99	116.17	0.66	72.97	15.607	0.001		0.013	2.192	2.2	4.11	38.33	GRAN COLECTOR CLL 40
21	39.73	115.80	0.99	114.64	0.66	75.15	15.800	0.006		0.013	2.214	2.5	3.22	39.73	GRAN COLECTOR CLL 40
22	40.23	115.26	0.99	114.10	0.66	84.45	17.585	0.019	8.792	0.013	1.785	1.8	3.46	40.23	GRAN COLECTOR CLL 40
23	40.69	114.76	0.99	113.62	0.65	88.05	18.171	0.017	9.086	0.013	1.825	2	2.89	40.69	GRAN COLECTOR CLL 40
24	45.96	109.51	0.95	104.03	0.64	131.82	24.255	0.014	12.128	0.013	2.072	2.2	3.19	45.96	GRAN COLECTOR CLL 40
25	44.65	110.75	0.95	105.21	0.64	140.23	26.233	0.010	13.117	0.013	2.135	2.2	3.45	44.70	GRAN COLECTOR CLL 40
26	45.88	109.58	0.95	104.10	0.64	148.47	27.574	0.001	13.787	0.013	2.256	2.5	2.81	45.92	GRAN COLECTOR CLL 40
27	48.00	107.62	0.95	102.24	0.64	154.65	28.263	0.001	14.131	0.013	2.287	2.5	2.88	48.05	GRAN COLECTOR CLL 40
28	49.57	106.24	0.95	100.93	0.64	166.18	30.007	0.010	15.003	0.013	2.342	2.5	3.06	49.60	GRAN COLECTOR CLL 40 (DOS EN PARALELO)
29	50.93	105.06	0.95	99.81	0.65	195.55	35.146	0.023	17.573	0.013	2.514	2.6	3.31	50.97	GRAN COLECTOR CLL 40
30	52.05	104.13	0.93	96.84	0.65	215.10	37.647	0.022	18.823	0.013	2.615	2.8	3.06	52.08	GRAN COLECTOR CLL 40
31	14.57	159.14	0.99	157.55	0.72	3.71	1.167	0.022		0.011	0.637	0.71	2.95	14.57	RAMAL
32	13.18	163.48	0.99	161.84	0.76	5.17	1.766	0.027		0.011	0.742	0.8	3.51	13.18	RAMAL
33	14.56	159.17	0.99	157.58	0.77	6.69	2.251	0.026		0.011	0.933	1	2.87	14.56	RAMAL
34	12.91	164.38	0.99	162.73	0.77	3.48	1.210	0.018		0.011	0.723	0.8	2.41	12.91	RAMAL
35	10.00	175.42	0.99	173.67	0.77	1.37	0.507	0.023		0.011	0.470	0.5	2.58	9.83	RAMAL



Código tram o	tc supuest o inicial (min)	l (mm/h)	Fc	l *Fc (mm/h)	C	A (ha)	Q (m3/s)	S (m/m)	Q/2 (m3/s)	Coeff. Rugosidad	D cálculo (m)	D comercial (m)	V sección llena (m/s)	tc calculad o (min)	Descr.
36	16.50	153.78	0.99	152.24	0.77	7.69	2.507	0.024		0.011	0.988	1	3.19	16.50	RAMAL
37	10.00	175.42	0.99	173.67	0.77	1.57	0.585	0.029		0.011	0.488	0.5	2.98	9.67	RAMAL
38	16.57	153.61	0.99	152.07	0.77	3.69	1.200	0.001		0.011	0.739	0.8	2.39	16.57	RAMAL
39	10.00	175.42	0.99	173.67	0.77	1.59	0.592	0.087		0.011	0.491	0.5	3.02	7.02	RAMAL
40	16.43	153.97	0.99	152.44	0.77	4.17	1.359	0.010		0.011	0.713	0.8	2.70	16.43	RAMAL
41	18.85	148.03	0.99	146.55	0.77	6.18	1.933	0.009		0.011	0.862	0.9	3.04	18.85	RAMAL
42	13.95	161.04	0.99	159.43	0.77	6.85	2.335	0.024		0.011	0.894	0.9	3.67	13.95	RAMAL
43	11.93	167.78	0.99	166.10	0.77	3.55	1.258	0.026		0.011	0.669	0.71	3.18	11.93	RAMAL
44	19.59	146.35	0.99	144.89	0.77	16.56	5.110	0.025		0.011	1.262	1.5	2.89	19.60	RAMAL
45	13.90	161.20	0.99	159.59	0.77	3.70	1.266	0.012		0.011	0.689	0.71	3.20	13.90	RAMAL
46	10.87	171.81	0.99	170.10	0.77	1.70	0.617	0.024		0.011	0.501	0.6	2.18	10.87	RAMAL
47	20.53	144.33	0.99	142.89	0.77	22.53	6.864	0.031		0.011	1.424	1.5	3.88	20.53	RAMAL
48	12.11	167.16	0.99	165.49	0.78	3.37	1.208	0.024		0.011	0.709	0.8	2.40	12.11	RAMAL
49	10.00	175.42	0.99	173.67	0.78	1.28	0.484	0.023		0.011	0.443	0.5	2.47	9.76	RAMAL
50	20.98	143.39	0.99	141.96	0.77	28.34	8.598	0.029		0.013	1.686	1.8	3.38	20.98	RAMAL
51	11.60	169.02	0.99	167.33	0.77	2.63	0.935	0.025		0.011	0.584	0.63	3.00	11.60	RAMAL
52	17.09	152.26	0.99	150.73	0.76	4.69	1.501	0.005		0.011	0.781	0.8	2.99	17.09	RAMAL
53	18.96	147.78	0.99	146.30	0.77	7.21	2.243	0.010		0.011	0.931	1	2.86	18.96	RAMAL
54	12.46	165.91	0.99	164.26	0.77	2.30	0.809	0.019		0.011	0.561	0.63	2.60	12.46	RAMAL
55	14.76	158.60	0.99	157.01	0.77	6.29	2.106	0.026		0.011	0.813	0.9	3.31	14.76	RAMAL
56	16.26	154.41	0.99	152.87	0.76	9.66	3.130	0.024		0.011	1.008	1.2	2.77	16.26	RAMAL
57	14.55	159.21	0.99	157.62	0.77	5.09	1.710	0.018		0.011	0.758	0.8	3.40	14.55	RAMAL
58	11.61	168.98	0.99	167.29	0.77	1.66	0.594	0.023		0.011	0.499	0.63	1.91	11.61	RAMAL
59	18.58	148.64	0.99	147.15	0.77	17.62	5.513	0.027		0.011	1.316	1.5	3.12	18.58	RAMAL
60	15.80	155.66	0.99	154.11	0.77	3.21	1.059	0.006		0.011	0.640	0.71	2.67	15.80	RAMAL
61	11.08	170.97	0.99	169.26	0.77	1.18	0.425	0.020		0.011	0.435	0.5	2.17	11.08	RAMAL
62	21.56	142.22	0.99	140.79	0.77	23.54	7.058	0.008		0.013	1.606	1.8	2.77	21.56	RAMAL
63	12.47	165.88	0.99	164.22	0.77	3.03	1.071	0.029		0.011	0.647	0.71	2.70	12.47	RAMAL
64	11.50	169.40	0.99	167.71	0.77	1.40	0.505	0.016		0.011	0.464	0.5	2.57	11.50	RAMAL
65	22.85	139.70	0.99	138.30	0.77	28.55	8.419	0.005		0.013	1.792	1.8	3.31	22.85	RAMAL
66	12.76	164.89	0.99	163.24	0.77	5.01	1.741	0.029		0.011	0.757	0.8	3.46	12.76	RAMAL
67	10.65	172.72	0.99	170.99	0.77	2.25	0.816	0.030		0.011	0.555	0.63	2.62	10.65	RAMAL
68	22.89	139.63	0.99	138.23	0.77	36.43	10.743	0.034	5.371	0.013	1.362	1.5	3.04	22.89	RAMAL
69	13.93	161.09	0.99	159.48	0.77	1.94	0.662	0.015		0.011	0.517	0.63	2.12	13.93	RAMAL
70	14.78	158.54	0.99	156.96	0.77	6.25	2.097	0.034		0.011	0.814	0.9	3.30	14.78	RAMAL
71	14.67	158.87	0.99	157.29	0.77	8.16	2.736	0.026		0.011	0.878	0.9	4.30	14.67	RAMAL
72	11.86	168.04	0.99	166.36	0.77	3.07	1.086	0.025		0.011	0.620	0.63	3.48	11.86	RAMAL
73	17.69	150.76	0.99	149.25	0.77	17.79	5.675	0.032		0.011	1.246	1.5	3.21	17.69	RAMAL
74	17.10	152.23	0.99	150.71	0.77	14.43	4.649	0.045		0.011	1.150	1.2	4.11	17.10	RAMAL



Código tram o	tc supuest o inicial (min)	l (mm/h)	Fc	I *Fc (mm/h)	C	A (ha)	Q (m3/s)	S (m/m )	Q/2 (m3/s)	Coeff. Rugosidad	D cálculo (m)	D comercial (m)	V sección llena (m/s)	tc calculad o (min)	Descr.
75	17.79	150.52	0.99	149.01	0.77	13.46	4.284	0.033		0.011	1.120	1.2	3.79	17.79	RAMAL
76	17.87	150.33	0.99	148.83	0.77	10.93	3.470	0.037		0.011	1.004	1.2	3.07	17.87	RAMAL
77	17.79	150.52	0.99	149.01	0.77	7.58	2.409	0.009		0.011	0.869	0.9	3.79	17.79	RAMAL
78	14.82	158.43	0.99	156.84	0.77	4.25	1.424	0.028		0.011	0.711	0.8	2.83	14.82	RAMAL
79	14.08	160.63	0.99	159.02	0.77	1.63	0.553	0.009		0.011	0.479	0.5	2.82	14.08	RAMAL
80	21.00	143.36	0.99	141.93	0.77	34.50	10.464	0.014	5.232	0.013	1.298	1.5	2.96	21.00	RAMAL
81	17.46	151.34	0.99	149.83	0.77	15.82	5.042	0.028		0.011	1.197	1.2	4.46	17.46	RAMAL
82	16.35	154.19	0.99	152.64	0.77	12.93	4.208	0.013		0.011	1.078	1.2	3.72	16.35	RAMAL
83	15.74	155.83	0.99	154.27	0.77	11.18	3.668	0.075		0.011	1.017	1.2	3.24	15.74	RAMAL
84	16.74	153.16	0.99	151.63	0.77	8.80	2.840	0.020		0.011	0.888	0.9	4.46	16.74	RAMAL
85	15.59	156.22	0.99	154.66	0.77	5.43	1.788	0.018		0.011	0.742	0.8	3.56	15.59	RAMAL
86	13.49	162.47	0.99	160.85	0.76	2.21	0.755	0.015		0.011	0.523	0.63	2.42	13.49	RAMAL
87	23.29	138.89	0.99	137.50	0.77	53.51	15.705	0.028	7.852	0.013	1.592	1.8	3.09	23.29	RAMAL
88	23.99	137.60	0.99	136.23	0.77	55.21	16.054	0.006	8.027	0.013	1.615	1.8	3.15	23.99	RAMAL
89	21.32	142.71	0.99	141.28	0.76	28.87	8.609	0.008		0.013	1.691	1.8	3.38	21.32	RAMAL
90	16.01	155.09	0.99	153.54	0.73	7.65	2.380	0.018		0.011	0.848	0.9	3.74	16.01	RAMAL
91	14.88	158.25	0.99	156.67	0.70	4.93	1.511	0.029		0.011	0.713	0.8	3.01	14.88	RAMAL
92	13.26	163.22	0.99	161.58	0.66	1.84	0.543	0.030		0.011	0.474	0.5	2.77	13.26	RAMAL
93	18.24	149.45	0.99	147.95	0.77	18.56	5.877	0.023		0.011	1.351	1.5	3.33	18.24	RAMAL
94	12.12	167.12	0.99	165.45	0.78	4.97	1.773	0.035		0.011	0.763	0.8	3.53	12.12	RAMAL
95	10.38	173.83	0.99	172.09	0.78	2.27	0.844	0.028		0.011	0.572	0.63	2.71	10.38	RAMAL
96	17.32	151.69	0.99	150.17	0.77	11.47	3.672	0.019		0.011	0.988	1	4.67	17.32	RAMAL
97	11.92	167.82	0.99	166.14	0.77	2.75	0.975	0.024		0.011	0.591	0.63	3.13	11.92	RAMAL
98	15.81	155.62	0.99	154.06	0.77	6.34	2.082	0.023		0.011	0.797	0.8	4.14	15.81	RAMAL
99	15.22	157.26	0.99	155.69	0.77	2.85	0.946	0.011		0.011	0.586	0.63	3.04	15.22	RAMAL
100	12.22	166.77	0.99	165.11	0.78	4.33	1.545	0.028		0.011	0.702	0.71	3.90	12.22	RAMAL
101	15.44	156.65	0.99	155.09	0.78	8.85	2.962	0.021		0.011	0.909	1	3.77	15.44	RAMAL
102	15.67	156.02	0.99	154.46	0.77	6.66	2.198	0.022		0.011	0.802	0.9	3.46	15.67	RAMAL
103	18.72	148.31	0.99	146.83	0.77	13.80	4.334	0.019		0.011	1.074	1.2	3.83	18.72	RAMAL
104	13.53	162.36	0.99	160.74	0.77	5.34	1.829	0.032		0.011	0.751	0.8	3.64	13.53	RAMAL
105	23.15	139.14	0.99	137.75	0.77	31.00	9.134	0.031		0.013	1.598	1.6	4.54	23.15	RAMAL
106	13.38	162.85	0.99	161.22	0.77	4.74	1.627	0.024		0.011	0.719	0.8	3.24	13.38	RAMAL
107	22.72	139.95	0.99	138.55	0.77	16.79	4.965	0.040		0.011	1.160	1.2	4.39	22.72	RAMAL
108	14.49	159.40	0.99	157.81	0.77	4.32	1.458	0.017		0.011	0.690	0.71	3.68	14.49	RAMAL
109	15.03	157.81	0.99	156.23	0.77	6.58	2.206	0.020		0.011	0.828	0.9	3.47	15.03	RAMAL
110	10.00	175.42	0.99	173.67	0.76	2.92	1.077	0.044		0.011	0.608	0.71	2.72	9.84	RAMAL
111	12.69	165.14	0.99	163.49	0.76	5.85	2.028	0.021		0.011	0.779	0.8	4.03	12.69	RAMAL
112	14.34	159.85	0.99	158.25	0.77	8.84	2.991	0.020		0.011	0.957	1	3.81	14.34	RAMAL
113	17.77	150.58	0.99	149.07	0.70	11.56	3.372	0.033		0.011	1.013	1.2	2.98	17.77	RAMAL



Código tram o	tc supuest o inicial (min)	l (mm/h)	Fc	I *Fc (mm/h)	C	A (ha)	Q (m3/s)	S (m/m )	Q/2 (m3/s)	Coeff. Rugosidad	D cálculo (m)	D comercial (m)	V sección llena (m/s)	tc calculad o (min)	Descr.
114	18.93	147.83	0.99	146.36	0.71	14.46	4.197	0.018		0.011	1.100	1.2	3.71	18.93	RAMAL
115	20.50	144.40	0.99	142.96	0.65	11.00	2.858	0.033		0.011	0.942	1	3.64	20.50	RAMAL
116	20.69	144.00	0.99	142.56	0.64	9.16	2.333	0.037		0.011	0.865	0.9	3.67	20.69	RAMAL
117	22.18	141.00	0.99	139.59	0.60	6.84	1.588	0.016		0.011	0.741	0.8	3.16	22.18	RAMAL
118	22.64	140.10	0.99	138.70	0.52	4.73	0.954	0.018		0.011	0.603	0.63	3.06	22.64	RAMAL
119	23.58	138.35	0.99	136.97	0.40	3.13	0.471	0.023		0.011	0.454	0.5	2.40	23.58	RAMAL
120	18.96	147.77	0.99	146.29	0.77	27.53	8.638	0.027	4.319	0.011	1.169	1.2	3.82	18.96	RAMAL
121	15.29	157.07	0.99	155.50	0.77	7.48	2.492	0.005		0.011	0.847	0.9	3.92	15.29	RAMAL
122	11.45	169.58	0.99	167.88	0.77	5.13	1.852	0.042		0.011	0.754	0.8	3.68	11.45	RAMAL
123	11.27	170.24	0.99	168.53	0.77	3.14	1.134	0.030		0.011	0.625	0.71	2.87	11.27	RAMAL
124	20.36	144.70	0.99	143.25	0.77	36.48	11.222	0.036	5.611	0.013	1.348	1.5	3.18	20.36	RAMAL
125	20.66	144.07	0.99	142.62	0.77	37.38	11.435	0.017	5.717	0.013	1.392	1.5	3.24	20.66	RAMAL
126	21.40	142.55	0.99	141.12	0.77	39.28	11.780	0.022	5.890	0.013	1.412	1.5	3.33	21.40	RAMAL
127	21.59	142.17	0.99	140.74	0.77	41.35	12.396	0.022	6.198	0.013	1.456	1.5	3.51	21.59	RAMAL
128	22.32	140.72	0.99	139.32	0.77	43.63	12.965	0.007	6.482	0.013	1.563	1.6	3.22	22.32	RAMAL
129	12.58	165.50	0.99	163.84	0.77	3.27	1.151	0.020		0.011	0.627	0.63	3.69	12.58	RAMAL
130	13.26	163.23	0.99	161.60	0.77	6.44	2.229	0.033		0.011	0.838	0.9	3.50	13.26	RAMAL
131	14.14	160.46	0.99	158.86	0.77	7.74	2.637	0.020		0.011	0.903	1	3.36	14.14	RAMAL
132	10.80	172.09	0.99	170.37	0.77	2.01	0.736	0.030		0.011	0.533	0.63	2.36	10.80	RAMAL
133	15.36	156.86	0.99	155.29	0.77	11.48	3.825	0.026		0.011	1.049	1.2	3.38	15.36	RAMAL
134	12.71	165.05	0.99	163.40	0.76	3.55	1.218	0.028		0.011	0.642	0.71	3.08	12.71	RAMAL
135	24.61	136.50	0.99	135.14	0.62	17.95	4.165	0.029		0.011	1.086	1.2	3.68	24.61	RAMAL
136	20.69	143.99	0.99	142.55	0.73	21.01	6.094	0.008		0.011	1.301	1.5	3.45	20.69	RAMAL
137	13.57	162.24	0.99	160.62	0.77	5.80	1.988	0.018		0.011	0.823	0.9	3.12	13.57	RAMAL
138	12.57	165.55	0.99	163.89	0.77	4.67	1.634	0.042		0.011	0.757	0.8	3.25	12.57	RAMAL
139	12.76	164.90	0.99	163.25	0.77	2.45	0.852	0.016		0.011	0.564	0.63	2.73	12.76	RAMAL
140	22.18	141.00	0.99	139.59	0.75	28.25	8.172	0.005		0.013	1.611	1.8	3.21	22.18	RAMAL
141	18.59	148.63	0.99	147.15	0.65	4.48	1.198	0.024		0.011	0.714	0.8	2.38	18.59	RAMAL
142	15.65	156.06	0.99	154.50	0.68	2.02	0.586	0.018		0.011	0.498	0.63	1.88	15.65	RAMAL
143	29.56	128.57	0.99	127.29	0.64	34.42	7.820	0.029		0.013	1.649	1.8	3.07	29.56	RAMAL
144	24.29	137.07	0.99	135.70	0.63	5.51	1.314	0.017		0.011	0.673	0.71	3.32	24.29	RAMAL
145	21.03	143.30	0.99	141.86	0.71	2.86	0.798	0.007		0.011	0.553	0.63	2.56	21.03	RAMAL
146	28.37	130.36	0.99	129.05	0.72	41.75	10.708	0.001		0.013	1.871	2	3.41	28.37	RAMAL
147	13.91	161.16	0.99	159.54	0.77	3.39	1.154	0.017		0.011	0.682	0.71	2.92	13.91	RAMAL
148	19.20	147.24	0.99	145.77	0.77	6.79	2.112	0.005		0.011	0.869	0.9	3.32	19.20	RAMAL
149	32.51	124.47	0.99	123.23	0.77	3.95	1.042	0.001		0.011	0.662	0.71	2.63	32.51	RAMAL
150	33.16	123.61	0.99	122.37	0.77	5.48	1.434	0.002		0.011	0.760	0.8	2.85	33.16	RAMAL
151	13.64	162.02	0.99	160.40	0.77	3.33	1.141	0.019		0.011	0.663	0.71	2.88	13.64	RAMAL
152	15.82	155.59	0.99	154.03	0.77	6.57	2.162	0.015		0.011	0.867	0.9	3.40	15.82	RAMAL



Código tram o	tc supuest o inicial (min)	l (mm/h)	Fc	l *Fc (mm/h)	C	A (ha)	Q (m3/s)	S (m/m )	Q/2 (m3/s)	Coef. Rugosid ad	D cálculo (m)	D come rcial (m)	V sección llena (m/s)	tc calculad o (min)	Descr.
153	10.00	175.42	0.99	173.67	0.77	1.62	0.600	0.023		0.011	0.529	0.63	1.93	9.91	RAMAL
154	10.00	175.42	0.99	173.67	0.78	3.03	1.146	0.031		0.011	0.624	0.63	3.67	10.13	RAMAL
155	12.17	166.95	0.99	165.28	0.78	5.92	2.124	0.026		0.011	0.795	0.8	4.22	12.17	RAMAL
156	21.84	141.67	0.99	140.25	0.78	8.03	2.439	0.000		0.011	0.838	0.9	3.83	21.84	RAMAL
157	22.66	140.07	0.99	138.67	0.77	10.62	3.151	0.013		0.011	0.937	1	4.01	22.66	RAMAL
158	21.93	141.48	0.99	140.06	0.76	11.95	3.549	0.023		0.011	1.015	1.2	3.14	21.93	RAMAL
159	15.71	155.90	0.99	154.35	0.78	8.37	2.788	0.015		0.011	0.931	1	3.55	15.71	RAMAL
160	14.02	160.82	0.99	159.21	0.78	5.73	1.968	0.023		0.011	0.798	0.8	3.91	14.02	RAMAL
161	12.95	164.25	0.99	162.61	0.78	3.11	1.090	0.015		0.011	0.615	0.63	3.50	12.95	RAMAL
162	22.89	139.62	0.99	138.23	0.77	21.32	6.312	0.010		0.011	1.360	1.5	3.57	22.89	RAMAL
163	25.14	135.59	0.99	134.23	0.77	24.02	6.896	0.002		0.011	1.417	1.5	3.90	25.14	RAMAL
164	25.80	134.45	0.99	133.11	0.77	27.75	7.889	0.015		0.013	1.728	1.8	3.10	25.80	RAMAL
165	12.16	166.98	0.99	165.31	0.77	1.69	0.598	0.014		0.011	0.501	0.63	1.92	12.16	RAMAL
166	14.36	159.79	0.99	158.19	0.77	4.31	1.454	0.020		0.011	0.701	0.71	3.67	14.36	RAMAL
167	17.09	152.26	0.99	150.74	0.77	7.41	2.376	0.010		0.011	0.875	0.9	3.73	17.09	RAMAL
168	20.19	145.06	0.99	143.61	0.77	11.37	3.477	0.007		0.011	1.028	1.2	3.07	20.19	RAMAL
169	19.88	145.73	0.99	144.27	0.77	15.33	4.762	0.031		0.011	1.181	1.2	4.21	19.88	RAMAL
170	17.07	152.31	0.99	150.78	0.77	4.47	1.435	0.010		0.011	0.743	0.8	2.85	17.07	RAMAL
171	18.74	148.28	0.99	146.80	0.77	9.36	2.933	0.016		0.011	0.987	1	3.73	18.74	RAMAL
172	18.54	148.74	0.99	147.25	0.77	11.84	3.730	0.020		0.011	1.087	1.2	3.30	18.54	RAMAL
173	13.32	163.04	0.99	161.41	0.77	3.74	1.285	0.020		0.011	0.655	0.71	3.24	13.32	RAMAL
174	16.35	154.18	0.99	152.64	0.77	8.12	2.634	0.018		0.011	0.901	1	3.35	16.35	RAMAL
175	19.05	147.57	0.99	146.10	0.77	12.75	3.977	0.010		0.011	1.064	1.2	3.52	19.05	RAMAL
176	22.79	139.83	0.99	138.43	0.78	16.47	4.914	0.002		0.011	1.175	1.2	4.35	22.79	RAMAL
177	15.22	157.28	0.99	155.70	0.77	3.04	1.012	0.010		0.011	0.627	0.63	3.25	15.22	RAMAL
178	14.02	160.81	0.99	159.20	0.76	0.95	0.318	0.006		0.011	0.396	0.4	2.53	14.02	RAMAL
179	17.25	151.86	0.99	150.34	0.77	7.08	2.268	0.040		0.011	0.861	0.9	3.57	17.25	RAMAL
180	25.77	134.51	0.99	133.17	0.77	11.54	3.281	0.001		0.011	0.958	1	4.18	25.77	RAMAL
181	15.22	157.28	0.99	155.70	0.75	21.41	6.899	0.010		0.011	1.287	630	0.63	22.13	RAMAL

### 7.3. ANEXO 3. VELOCIDADES PARA CADA TRAMO RED 2

Código tramo	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Caudal/2 (m <sup>3</sup> /s)	n	D	D (m)	i (m/m)		Ángulo mojado (rad)	Velocidad (m/s)
1	77.09	38.55	0.013	3600	3.60	0.0029	229.28	4.41	4.43
2	75.24	37.62	0.013	3600	3.60	0.0031	194.97	4.23	4.55
3	42.62	21.31	0.013	3000	3.00	0.0030	158.41	4.03	3.94
4	41.22	20.61	0.013	2800	2.80	0.0036	194.35	4.22	4.12
5	39.64	19.82	0.013	2800	2.80	0.0039	150.32	3.99	4.27
6	38.82	19.41	0.013	2600	2.60	0.0043	223.70	4.38	4.31
7	23.51	11.76	0.013	2200	2.20	0.0046	173.29	4.11	3.94
8	22.55	11.28	0.013	2200	2.20	0.0054	117.45	3.81	4.21
9	21.50	10.75	0.013	2000	2.00	0.0058	198.92	4.25	4.18
10	21.28	10.64	0.013	2000	2.00	0.0064	165.10	4.07	4.37
11	13.08		0.013	2100	2.10	0.0069	184.07	4.17	4.72
12	11.86		0.013	2000	2.00	0.0071	196.56	4.23	4.63
13	11.99		0.013	2000	2.00	0.0082	163.89	4.06	4.94
14	3.08		0.011	1200	1.20	0.0132	49.07	3.33	4.85
15	0.21		0.011	350	0.35	0.0204	160.54	4.04	2.88
16	0.93		0.011	710	0.71	0.0132	90.93	3.65	3.59
17	3.91		0.011	1200	1.20	0.0114	124.41	3.85	4.83
18	8.22		0.013	1600	1.60	0.0104	219.57	4.36	4.85
19	15.67		0.013	2200	2.20	0.0068	225.70	4.39	4.85
20	15.61		0.013	2200	2.20	0.0068	224.17	4.39	4.84
21	15.80		0.013	2500	2.50	0.0066	87.52	3.63	4.94
22	17.58	8.79	0.013	1800	1.80	0.0064	215.85	4.34	4.12
23	18.17	9.09	0.013	2000	2.00	0.0061	110.95	3.77	4.17
24	24.26	12.13	0.013	2200	2.20	0.0055	142.93	3.95	4.29
25	26.23	13.12	0.013	2200	2.20	0.0055	182.09	4.16	4.33
26	27.57	13.79	0.013	2500	2.50	0.0045	101.69	6.88	2.79
27	28.26	14.13	0.013	2500	2.50	0.0044	113.27	3.79	4.12
28	30.01	15.00	0.013	2500	2.50	0.0044	137.12	3.92	4.16
29	35.15	17.57	0.013	2600	2.60	0.0041	176.45	4.13	4.19
30	37.65	18.82	0.013	2800	2.80	0.0038	133.92	3.90	4.18
31	1.17		0.011	710	0.71	0.0198	96.65	3.69	4.41
32	1.77		0.011	800	0.80	0.0199	127.11	3.86	4.88
33	2.25		0.011	1000	1.00	0.0096	132.87	3.90	3.93
34	1.21		0.011	800	0.80	0.0107	103.40	3.73	3.53
35	0.51		0.011	500	0.50	0.0189	139.88	3.93	3.50
36	2.51		0.011	1000	1.00	0.0087	210.44	4.31	3.84
37	0.58		0.011	500	0.50	0.0204	191.88	4.21	3.68



Código tramo	Caudal (m3/s)	Caudal/2 (m3/s)	n	D	D (m)	i (m/m)		Ángulo mojado (rad)	Velocidad (m/s)
38	1.20		0.011	800	0.80	0.0095	122.02	3.84	3.35
39	0.59		0.011	500	0.50	0.0203	200.30	4.25	3.68
40	1.36		0.011	800	0.80	0.0146	92.54	3.66	4.09
41	1.93		0.011	900	0.90	0.0108	163.19	4.06	3.93
42	2.33		0.011	900	0.90	0.0130	218.52	4.35	4.36
43	1.26		0.011	710	0.71	0.0176	143.45	3.95	4.27
44	5.11		0.011	1500	1.50	0.0099	57.97	3.41	4.94
45	1.27		0.011	710	0.71	0.0153	181.20	4.15	4.02
46	0.62		0.011	600	0.60	0.0199	54.47	3.38	3.79
47	6.86		0.011	1500	1.50	0.0093	152.52	4.00	5.13
48	1.21		0.011	800	0.80	0.0119	88.09	3.63	3.68
49	0.48		0.011	500	0.50	0.0235	87.96	3.63	3.78
50	8.60		0.013	1800	1.80	0.0083	136.74	3.92	4.60
51	0.93		0.011	630	0.63	0.0201	125.40	3.85	4.18
52	1.50		0.011	800	0.80	0.0110	191.14	4.20	3.69
53	2.24		0.011	1000	1.00	0.0096	130.09	3.88	3.94
54	0.81		0.011	630	0.63	0.0187	91.03	3.65	3.94
55	2.11		0.011	900	0.90	0.0175	102.38	3.72	4.87
56	3.13		0.011	1200	1.20	0.0123	57.27	3.41	4.74
57	1.71		0.011	800	0.80	0.0167	150.59	3.99	4.51
58	0.59		0.011	630	0.63	0.0189	35.55	3.20	3.68
59	5.51		0.011	1500	1.50	0.0092	81.02	3.58	4.88
60	1.06		0.011	710	0.71	0.0158	101.14	3.71	3.95
61	0.43		0.011	500	0.50	0.0200	75.98	3.55	3.45
62	7.06		0.013	1800	1.80	0.0073	92.71	3.66	4.19
63	1.07		0.011	710	0.71	0.0153	109.64	3.76	3.91
64	0.51		0.011	500	0.50	0.0201	126.23	3.86	3.58
65	8.42		0.013	1800	1.80	0.0058	222.95	4.38	3.91
66	1.74		0.011	800	0.80	0.0175	148.10	3.98	4.61
67	0.82		0.011	630	0.63	0.0200	84.36	3.61	4.06
68	10.74	5.37	0.013	1500	1.50	0.0101	106.51	3.75	4.43
69	0.66		0.011	630	0.63	0.0192	47.77	3.32	3.81
70	2.10		0.011	900	0.90	0.0171	103.97	3.73	4.83
71	2.74		0.011	900	0.90	0.0196	189.11	4.19	5.34
72	1.09		0.011	630	0.63	0.0198	202.79	4.27	4.24
73	5.67		0.011	1500	1.50	0.0130	52.55	3.37	5.62
74	4.65		0.011	1200	1.20	0.0134	164.91	4.07	5.31
75	4.28		0.011	1200	1.20	0.0131	133.44	3.90	5.19
76	3.47		0.011	1200	1.20	0.0154	55.35	3.39	5.30



Código tramo	Caudal (m3/s)	Caudal/2 (m3/s)	n	D	D (m)	i (m/m)		Ángulo mojado (rad)	Velocidad (m/s)
77	2.41		0.011	900	0.90	0.0160	174.78	4.12	4.81
78	1.42		0.011	800	0.80	0.0163	89.82	3.64	4.32
79	0.55		0.011	500	0.50	0.0202	164.90	4.07	3.64
80	10.46	5.23	0.013	1500	1.50	0.0124	72.63	3.53	4.77
81	5.04		0.011	1200	1.20	0.0127	225.97	4.40	5.24
82	4.21		0.011	1200	1.20	0.0155	98.03	3.69	5.54
83	3.67		0.011	1200	1.20	0.0161	61.43	3.44	5.46
84	2.84		0.011	900	0.90	0.0198	208.05	4.30	5.38
85	1.79		0.011	800	0.80	0.0205	126.60	3.86	4.94
86	0.75		0.011	630	0.63	0.0235	52.49	3.37	4.24
87	15.70	7.85	0.013	1800	1.80	0.0094	86.57	3.62	4.75
88	16.05	8.03	0.013	1800	1.80	0.0091	97.08	3.69	4.71
89	8.61		0.013	1800	1.80	0.0082	140.04	3.93	4.57
90	2.38		0.011	900	0.90	0.0178	143.56	3.95	5.02
91	1.51		0.011	800	0.80	0.0181	91.91	3.66	4.55
92	0.54		0.011	500	0.50	0.0207	150.77	3.99	3.67
93	5.88		0.011	1500	1.50	0.0091	100.02	3.71	4.93
94	1.77		0.011	800	0.80	0.0174	158.33	4.03	4.61
95	0.84		0.011	630	0.63	0.0183	106.39	3.75	3.93
96	3.67		0.011	1000	1.00	0.0187	210.61	4.31	5.62
97	0.97		0.011	630	0.63	0.0204	139.46	3.93	4.23
98	2.08		0.011	800	0.80	0.0190	223.63	4.38	4.89
99	0.95		0.011	630	0.63	0.0202	129.49	3.88	4.19
100	1.55		0.011	710	0.71	0.0205	212.10	4.32	4.68
101	2.96		0.011	1000	1.00	0.0191	107.46	3.75	5.48
102	2.20		0.011	900	0.90	0.0204	92.10	3.66	5.23
103	4.33		0.011	1200	1.20	0.0168	95.04	3.68	5.75
104	1.83		0.011	800	0.80	0.0201	139.30	3.93	4.93
105	9.13		0.013	1600	1.60	0.0125	228.61	4.41	5.32
106	1.63		0.011	800	0.80	0.0201	97.98	3.69	4.82
107	4.96		0.011	1200	1.20	0.0146	176.44	4.13	5.56
108	1.46		0.011	710	0.71	0.0200	184.78	4.17	4.60
109	2.21		0.011	900	0.90	0.0174	118.49	3.82	4.91
110	1.08		0.011	710	0.71	0.0214	67.11	3.48	4.47
111	2.03		0.011	800	0.80	0.0204	186.49	4.18	5.03
112	2.99		0.011	1000	1.00	0.0148	162.22	4.05	4.94
113	3.37		0.011	1200	1.20	0.0139	59.57	3.43	5.06
114	4.20		0.011	1200	1.20	0.0138	115.59	3.80	5.29
115	2.86		0.011	1000	1.00	0.0147	142.83	3.95	4.89



Código tramo	Caudal (m3/s)	Caudal/2 (m3/s)	n	D	D (m)	i (m/m)		Ángulo mojado (rad)	Velocidad (m/s)
116	2.33		0.011	900	0.90	0.0154	168.05	4.08	4.71
117	1.59		0.011	800	0.80	0.0163	124.83	3.85	4.41
118	0.95		0.011	630	0.63	0.0176	163.13	4.06	3.97
119	0.47		0.011	500	0.50	0.0197	105.94	3.74	3.50
120	8.64	4.32	0.011	1200	1.20	0.0106	187.21	4.19	4.75
121	2.49		0.011	900	0.90	0.0197	141.80	3.94	5.28
122	1.85		0.011	800	0.80	0.0201	144.67	3.96	4.94
123	1.13		0.011	710	0.71	0.0207	82.91	3.60	4.46
124	11.22	5.61	0.013	1500	1.50	0.0117	98.19	3.70	4.73
125	11.43	5.72	0.013	1500	1.50	0.0102	126.85	3.86	4.49
126	11.78	5.89	0.013	1500	1.50	0.0101	142.21	3.95	4.49
127	12.40	6.20	0.013	1500	1.50	0.0094	182.52	4.16	4.40
128	12.96	6.48	0.013	1600	1.60	0.0071	191.87	4.21	3.98
129	1.15		0.011	630	0.63	0.0208	222.96	4.38	4.36
130	2.23		0.011	900	0.90	0.0167	130.04	3.88	4.83
131	2.64		0.011	1000	1.00	0.0157	102.04	3.72	4.95
132	0.74		0.011	630	0.63	0.0203	60.62	3.43	3.99
133	3.82		0.011	1200	1.20	0.0148	78.66	3.57	5.34
134	1.22		0.011	710	0.71	0.0206	103.49	3.73	4.52
135	4.16		0.011	1200	1.20	0.0146	103.76	3.73	5.40
136	6.09		0.011	1500	1.50	0.0119	74.19	3.54	5.52
137	1.99		0.011	900	0.90	0.0146	113.37	3.79	4.48
138	1.63		0.011	800	0.80	0.0154	147.96	3.98	4.33
139	0.85		0.011	630	0.63	0.0202	94.99	3.68	4.11
140	8.17		0.013	1800	1.80	0.0096	95.09	3.68	4.82
141	1.20		0.011	800	0.80	0.0113	92.75	3.66	3.60
142	0.59		0.011	630	0.63	0.0185	35.18	3.19	3.64
143	7.82		0.013	1800	1.80	0.0077	114.55	3.79	4.39
144	1.31		0.011	710	0.71	0.0186	151.50	4.00	4.39
145	0.80		0.011	630	0.63	0.0196	81.62	3.59	4.00
146	10.71		0.013	2000	2.00	0.0074	135.46	3.91	4.65
147	1.15		0.011	710	0.71	0.0134	167.80	4.08	3.75
148	2.11		0.011	900	0.90	0.0123	174.99	4.12	4.21
149	1.04		0.011	710	0.71	0.0128	131.70	3.89	3.62
150	1.43		0.011	800	0.80	0.0116	152.67	4.00	3.76
151	1.14		0.011	710	0.71	0.0152	133.06	3.90	3.95
152	2.16		0.011	900	0.90	0.0130	172.14	4.10	4.33
153	0.60		0.011	630	0.63	0.0140	57.28	3.41	3.30
154	1.15		0.011	630	0.63	0.0212	213.37	4.32	4.40



Código tramo	Caudal (m3/s)	Caudal/2 (m3/s)	n	D	D (m)	i (m/m)		Ángulo mojado (rad)	Velocidad (m/s)
155	2.12		0.011	800	0.80	0.0200	219.86	4.36	5.01
156	2.44		0.011	900	0.90	0.0199	130.37	3.88	5.29
157	3.15		0.011	1000	1.00	0.0183	137.45	3.92	5.45
158	3.55		0.011	1200	1.20	0.0152	60.58	3.43	5.30
159	2.79		0.011	1000	1.00	0.0149	130.39	3.88	4.89
160	1.97		0.011	800	0.80	0.0168	226.48	4.40	4.60
161	1.09		0.011	630	0.63	0.0208	189.83	4.20	4.33
162	6.31		0.011	1500	1.50	0.0101	105.55	3.74	5.21
163	6.90		0.011	1500	1.50	0.0097	146.99	3.97	5.21
164	7.89		0.013	1800	1.80	0.0061	166.97	4.08	3.99
165	0.60		0.011	630	0.63	0.0186	36.88	3.21	3.67
166	1.45		0.011	710	0.71	0.0183	209.25	4.30	4.42
167	2.38		0.011	900	0.90	0.0150	184.13	4.17	4.67
168	3.48		0.011	1200	1.20	0.0136	67.05	3.48	5.06
169	4.76		0.011	1200	1.20	0.0122	202.80	4.27	5.12
170	1.43		0.011	800	0.80	0.0131	128.50	3.87	3.95
171	2.93		0.011	1000	1.00	0.0120	207.98	4.30	4.50
172	3.73		0.011	1200	1.20	0.0116	104.93	3.74	4.82
173	1.28		0.011	710	0.71	0.0206	121.08	3.83	4.56
174	2.63		0.011	1000	1.00	0.0158	100.27	3.71	4.96
175	3.98		0.011	1200	1.20	0.0149	88.08	3.63	5.39
176	4.91		0.011	1200	1.20	0.0133	195.68	4.23	5.34
177	1.01		0.011	630	0.63	0.0162	221.40	4.37	3.84
178	0.32		0.011	400	0.40	0.0185	212.39	4.32	3.03
179	2.27		0.011	900	0.90	0.0149	162.80	4.06	4.62
180	3.28		0.011	1000	1.00	0.0177	164.16	4.06	5.40



**7.4. ANEXO 4. RESULTADOS DE ERROR DE CONTINUIDAD DEL CÁLCULO HIDRÁULICO PARA LA ALTERNATIVA 1 (3 SEGUNDOS).**

*****	Volumen	Volumen
Cálculo Hidráulico	ha·m	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>
*****	-----	-----
Aporte Tiempo Seco .....	0.000	0.000
Aporte Tiempo Lluvia .....	18.614	186.146
Aporte Ag. Subterranea ...	0.000	0.000
Aportes dep. Lluvia .....	0.000	0.000
Aportes Externos .....	0.000	0.000
Descargas Externas .....	18.580	185.804
Descargas Internas .....	0.000	0.000
Perdidas Almacenamiento ..	0.000	0.000
Vol. Almacenado Inicial ..	0.000	0.000
Vol. Almacenado Final ....	0.033	0.327
% Error Continuidad .....	0.008	



**7.5. ANEXO 5. RESULTADOS DE ERROR DE CONTINUIDAD DEL CÁLCULO HIDRÁULICO PARA LA ALTERNATIVA 2 (3 SEGUNDOS).**

	Volumen ha·m	Volumen 10 <sup>3</sup> m3
	-----	-----
***** Cálculo Hidráulico *****		
Aporte Tiempo Seco .....	0.000	0.000
Aporte Tiempo Lluvia .....	18.635	186.351
Aporte Ag. Subterranea ...	0.000	0.000
Aportes dep. Lluvia .....	0.000	0.000
Aportes Externos .....	0.000	0.000
Descargas Externas .....	16.573	165.733
Descargas Internas .....	1.659	16.586
Perdidas Almacenamiento ..	0.000	0.000
Vol. Almacenado Inicial ..	0.000	0.000
Vol. Almacenado Final ....	0.338	3.384
% Error Continuidad .....	0.347	

## 7.6. ANEXO 6. LISTADO COMPONENTES DEL MODELO MATEMÁTICO SWMM 5.1 PARA LA ALTERNATIVA 1.

➤ Pozos de Inspección

Nudo	Coordenada X	Coordenada Y	Cota de Fondo (m)	Profundidad Máxima (m)
1	919652.33	1704902.93	79.80	8.20
2	919800.11	1704895.89	74.63	3.37
3	920027.95	1704886.22	67.15	4.85
4	920203.88	1704876.54	61.20	6.80
5	920410.60	1704863.35	55.80	6.20
6	920682.42	1704845.75	48.20	7.80
7	920760.71	1704734.04	44.50	8.50
8	920925.21	1704615.28	40.60	7.40
9	921065.08	1704464.86	39.50	2.50
10	921174.16	1704334.66	38.30	2.70
11	921341.46	1704227.93	32.00	8.00
12	921483.08	1704160.50	26.60	7.40
13	921637.89	1704100.00	24.60	7.40
14	921821.16	1704025.27	22.90	4.10
15	922011.55	1703996.80	22.10	5.90
16	922100.51	1703984.34	22.10	5.90
17	920753.56	1702463.01	47.17	2.83
18	920748.22	1702619.59	46.00	4.00
19	920742.88	1702733.47	45.10	3.90
20	920732.20	1702938.09	43.65	3.35
21	920732.20	1702964.78	42.00	4.00
22	920794.48	1702971.90	40.10	5.90
23	920922.59	1703037.74	38.00	9.00
24	921203.73	1703188.98	35.00	5.00
25	921260.67	1703334.89	32.80	4.20
26	921283.80	1703393.60	31.00	5.00
27	921342.52	1703553.75	29.62	4.38
28	921383.44	1703551.97	29.30	4.70
29	921431.48	1703630.26	28.60	5.40
30	921550.70	1703754.81	26.00	6.00
31	921691.27	1703868.69	24.90	3.10
32	919692.79	1705124.61	79.10	5.90
33	919839.70	1705098.22	78.30	1.70



Nudo	Coordenada X	Coordenada Y	Cota de Fondo (m)	Profundidad Máxima (m)
34	919664.64	1704985.62	80.30	7.70
35	919812.43	1704954.83	76.50	5.50
36	919729.74	1704410.32	81.50	1.50
37	919822.98	1704361.93	80.10	1.90
38	919910.07	1704584.49	77.20	1.80
39	919774.60	1704634.63	78.10	4.90
40	919636.49	1704689.17	80.20	6.80
41	919946.14	1704674.22	74.50	4.50
42	919809.79	1704730.52	76.70	4.30
43	919671.68	1704780.66	78.90	6.10
44	919980.44	1704770.98	70.80	5.20
45	919846.73	1704823.76	74.60	5.40
46	919708.63	1704878.30	79.40	5.60
47	920028.83	1704382.17	68.80	6.20
48	920084.25	1704544.91	66.30	3.70
49	920148.46	1704714.68	63.70	5.30
50	920072.81	1704447.26	65.00	7.00
51	920232.91	1704354.90	61.00	7.00
52	920401.81	1704254.61	57.00	5.00
53	920142.30	1704566.02	63.20	5.80
54	920300.65	1704475.41	59.35	4.65
55	920465.14	1704381.29	55.40	3.60
56	920174.85	1704624.96	61.95	6.05
57	920359.44	1704583.72	57.70	4.30
58	920519.68	1704511.48	53.60	4.40
59	920561.03	1704609.12	52.00	4.00
60	920385.41	1704649.76	55.95	6.05
61	920214.44	1704661.02	59.80	6.20
62	920602.37	1704705.01	50.40	6.60
63	920399.51	1704745.48	54.35	9.65
64	920247.87	1704747.23	62.18	7.82
65	919998.92	1703555.27	71.45	6.55
66	920166.06	1703725.93	68.75	5.25
67	920261.06	1703821.82	63.50	6.50
68	920066.65	1703939.69	71.70	5.30
69	919905.67	1704034.70	74.50	4.50
70	920401.81	1703931.77	56.50	6.50
71	920368.38	1703952.01	58.20	6.80
72	920292.73	1703962.56	61.70	6.30



Nudo	Coordenada X	Coordenada Y	Cota de Fondo (m)	Profundidad Máxima (m)
73	920133.51	1704056.69	68.90	7.10
74	919969.89	1704150.81	76.10	1.90
75	919810.67	1704241.42	81.60	2.40
77	920561.03	1704031.18	49.50	6.50
78	920484.50	1704125.30	53.00	7.00
79	920371.02	1704052.29	56.65	5.35
80	920313.84	1704109.47	60.25	8.75
81	920201.24	1704174.56	63.95	8.05
82	920036.74	1704265.17	70.83	5.17
83	919864.33	1704338.18	77.75	4.25
84	920876.83	1704193.04	41.75	4.25
85	920542.56	1704303.00	50.40	6.60
86	920676.27	1704184.24	46.33	5.67
87	920777.43	1704251.97	44.20	3.80
88	920648.12	1704399.76	48.40	6.60
89	920855.72	1704298.60	42.10	3.90
90	920727.29	1704448.14	46.00	8.00
91	920644.60	1704566.02	48.20	6.80
92	920969.20	1704323.23	40.00	3.00
93	920943.69	1704414.71	42.10	2.90
94	920827.57	1704549.30	44.60	6.40
95	920700.02	1704690.05	48.70	6.30
96	920780.95	1704818.48	46.00	7.00
97	920869.79	1704770.98	44.30	5.70
98	921010.54	1704694.45	42.50	2.50
99	921541.80	1704311.74	29.00	9.00
100	921703.72	1704247.69	27.10	6.90
101	920137.91	1702614.26	59.70	7.30
102	920379.90	1702616.03	54.00	5.00
103	920066.73	1702733.47	59.50	6.50
104	920378.12	1702731.69	53.10	3.90
105	920025.81	1702934.54	64.10	8.90
106	920376.34	1702939.87	51.70	8.30
107	920048.94	1703318.87	65.90	8.10
108	920184.17	1703233.46	57.90	8.10
109	920372.78	1703117.81	54.00	2.00
110	920929.71	1702729.91	42.40	8.60
111	920929.71	1702936.32	40.00	7.00
112	920502.67	1703165.85	48.40	7.60



Nudo	Coordenada X	Coordenada Y	Cota de Fondo (m)	Profundidad Máxima (m)
113	920659.25	1703096.46	46.00	6.00
114	920710.85	1703096.46	44.30	5.70
115	920730.43	1703164.07	42.40	7.60
116	920550.71	1703245.92	47.95	8.05
117	920588.08	1703322.43	45.70	9.30
118	920785.58	1703231.69	40.30	7.70
119	920901.24	1703324.21	38.10	4.90
120	920990.21	1703459.44	35.90	4.10
121	920943.95	1703480.79	37.50	3.50
122	920826.51	1703502.14	41.05	5.95
123	920719.75	1703516.38	46.30	3.70
124	920847.86	1703149.84	40.10	3.90
125	920983.09	1703254.82	37.80	5.20
126	921086.29	1703416.74	35.30	3.70
127	920952.84	1703153.39	36.80	8.20
128	921130.78	1703249.48	35.80	2.20
129	921175.26	1703374.03	34.40	2.60
130	920431.50	1703315.31	52.50	7.50
131	920490.21	1703470.12	50.40	8.60
132	920558.24	1703525.62	46.80	9.20
133	920678.82	1703614.24	43.15	7.85
134	920614.77	1703685.42	45.00	8.00
135	920568.51	1703653.39	46.60	8.40
136	920458.19	1703569.76	51.70	9.30
137	920385.23	1703498.59	53.70	9.30
138	920337.35	1703416.29	55.70	9.30
139	920314.06	1703381.15	57.50	7.50
140	920506.23	1703809.97	50.30	6.70
141	920435.06	1703761.93	53.50	5.50
142	920312.28	1703669.40	60.30	6.70
143	920207.23	1703591.98	63.90	6.10
144	920113.00	1703527.06	69.00	9.00
145	920701.96	1703582.21	41.50	8.50
146	920801.60	1703560.86	39.50	8.50
147	920949.28	1703537.73	35.50	8.50
148	921093.41	1703475.45	33.30	6.70
149	921351.41	1703374.03	32.40	3.60
150	921525.79	1703343.78	34.00	3.00
151	921545.36	1703514.60	32.40	2.60



Nudo	Coordenada X	Coordenada Y	Cota de Fondo (m)	Profundidad Máxima (m)
152	921426.15	1703539.51	31.15	3.85
153	921232.20	1703575.10	31.60	2.40
154	921018.68	1703664.06	34.10	3.90
155	921479.53	1703612.46	30.20	3.80
156	921280.24	1703694.31	30.90	5.10
157	921072.06	1703777.94	33.60	6.40
158	921006.22	1703806.41	35.50	5.50
159	920993.77	1703783.28	37.10	3.90
160	920840.74	1703740.58	39.10	6.90
161	920790.92	1703761.93	40.99	7.01
162	920719.75	1703847.34	43.08	7.92
163	920645.02	1703938.08	45.08	8.92
164	920927.93	1703886.48	37.50	5.50
165	920853.20	1703971.89	39.50	6.50
166	920778.47	1704060.86	41.60	8.40
167	921892.33	1703624.92	28.50	3.50
168	921742.87	1703678.30	28.00	3.50
169	921595.18	1703737.02	27.40	4.60
170	921392.34	1703820.65	28.30	5.70
171	921193.05	1703902.50	30.80	8.20
172	921080.95	1703954.10	32.90	8.10
173	920970.64	1704082.21	35.30	8.70
174	920917.26	1704146.26	37.20	7.80
175	921563.15	1703920.29	26.50	3.50
176	921401.24	1703986.12	28.90	5.10
177	921201.95	1704069.75	31.50	7.50
178	921080.95	1704183.63	33.80	7.20
179	922007.99	1703754.81	25.91	2.09
180	921931.48	1703779.72	25.00	3.00
181	921787.35	1703825.98	25.91	2.09
N-1	921429.74	1704193.26	28.33	7.67
N-2	921386.53	1704214.87	74.25	4.75
N-3	921292.88	1704250.88	72.50	4.50
N-4	921259.27	1704267.69	66.90	5.90
N-5	921213.65	1704301.30	59.00	6.00
N-6	921031.17	1704267.69	56.07	9.43
N-8	920779.06	1704147.64	62.70	7.80
N-9	920719.03	1704118.82	62.70	7.80
N-10	920637.39	1704068.40	28.33	7.67



Nudo	Coordenada X	Coordenada Y	Cota de Fondo (m)	Profundidad Máxima (m)
N-11	920522.14	1704082.81	28.33	7.67
N-12	920433.30	1704092.41	28.33	7.67
N-13	920344.46	1704082.81	28.33	7.67
N-14	920253.22	1704147.64	28.33	7.67
N-15	920153.16	1704206.14	28.33	7.67
N-16	920120.29	1704225.87	28.33	7.67
N-17	920082.29	1704245.60	69.13	5.87
N-18	919989.51	1704288.70	72.55	4.95
N-19	919951.52	1704306.23	74.25	4.75
N-20	919909.87	1704322.31	76.00	4.50
N-21	920524.23	1704005.62	51.25	6.50
N-22	920486.64	1703978.86	53.00	6.50
N-23	920440.24	1703953.80	54.75	6.50
N-24	920329.72	1703958.15	59.90	6.60
N-25	920246.95	1703986.94	63.50	6.50
N-26	920210.97	1704013.33	65.30	6.70
N-27	920173.78	1704036.12	67.10	6.90
N-28	920088.61	1704082.90	70.70	5.80
N-29	920047.83	1704109.29	72.50	4.50
N-30	920005.85	1704132.08	74.30	3.20
N-31	919927.20	1704174.74	76.50	2.70
N-32	919896.02	1704193.93	77.70	2.70
N-33	919864.83	1704208.33	78.90	2.70
N-34	919836.04	1704225.12	80.10	2.70
N-35	920359.03	1703898.85	58.25	6.50
N-36	920330.24	1703876.06	60.00	6.50
N-37	920299.06	1703849.67	61.75	6.50
N-38	920235.48	1703840.07	65.20	6.20
N-39	920201.90	1703860.46	66.90	5.90
N-40	920159.91	1703879.66	68.30	5.90
N-41	920111.93	1703909.64	70.00	5.60
N-42	920221.09	1703784.89	65.25	6.00
N-43	920194.70	1703756.10	67.00	5.60
N-44	920604.10	1704247.57	48.40	6.10
N-45	920713.26	1704327.94	46.30	5.20
N-46	920787.63	1704373.52	44.05	5.95
N-47	920846.40	1704675.80	42.60	7.90
N-48	920725.25	1704788.56	46.40	8.10
N-49	920316.21	1704309.94	59.00	6.00



Nudo	Coordenada X	Coordenada Y	Cota de Fondo (m)	Profundidad Máxima (m)
N-50	920153.08	1704404.71	63.00	7.00
N-51	920373.79	1704437.09	57.35	4.15
N-52	920220.25	1704521.06	61.30	5.20
N-53	920436.61	1704551.81	55.60	4.40
N-54	920268.18	1704606.72	59.85	5.15
N-55	920479.81	1704636.12	53.95	5.05
N-56	920306.76	1704657.92	57.90	7.10
N-57	920508.62	1704736.97	52.35	8.15
N-58	920328.28	1704744.74	57.77	9.23
N-59	920363.89	1704745.48	56.07	9.43
N-60	920290.44	1704743.25	60.47	8.03
N-61	920621.37	1704860.49	50.10	7.40
N-62	920562.75	1704865.68	52.00	7.00
N-63	920500.42	1704870.14	53.90	6.60
N-64	920330.91	1704874.20	57.60	5.90
N-65	920272.13	1704877.80	62.70	7.80
N-66	920145.89	1704882.98	62.70	7.80
N-67	920088.37	1704885.81	62.70	7.80
N-68	919987.46	1704893.35	62.70	7.80
N-69	919932.76	1704899.01	62.70	7.80
N-70	919870.52	1704898.07	62.70	7.80
N-71	919762.07	1704900.90	62.70	7.80
N-72	919705.49	1704904.67	62.70	7.80
N-73	919803.15	1704921.39	62.70	7.80
N-74	919806.82	1704939.75	62.70	7.80
N-75	919739.82	1704973.71	62.70	7.80
N-77	920005.99	1704829.61	62.70	7.80
N-78	919910.54	1704803.91	62.70	7.80
N-79	919776.54	1704850.72	62.70	7.80
N-80	919963.77	1704724.06	62.70	7.80
N-85	919932.57	1704633.19	62.70	7.80
N-86	920672.27	1703193.52	62.70	7.80
N-87	920619.54	1703223.45	62.70	7.80
N-88	920742.12	1703273.34	62.70	7.80
N-89	920668.00	1703310.40	62.70	7.80
N-90	920790.58	1703512.80	62.70	7.80
N-91	920759.22	1703517.07	62.70	7.80
N-92	920878.95	1703495.69	62.70	7.80
N-93	920871.82	1703551.28	62.70	7.80



Nudo	Coordenada X	Coordenada Y	Cota de Fondo (m)	Profundidad Máxima (m)
N-94	920616.68	1703572.66	62.70	7.80
N-95	920524.04	1703499.97	62.70	7.80
N-96	920522.61	1703628.25	62.70	7.80
N-97	920491.25	1703602.59	62.70	7.80
N-98	920586.75	1703726.60	62.70	7.80
N-99	920543.99	1703779.34	62.70	7.80
N-100	920469.87	1703787.89	28.33	7.67
N-101	920387.20	1703729.45	28.33	7.67
N-102	920364.40	1703709.49	28.33	7.67
N-103	920337.32	1703688.11	28.33	7.67
N-104	920256.07	1703631.10	28.33	7.67
N-105	920176.25	1703571.24	28.33	7.67
N-106	920144.89	1703552.71	28.33	7.67
N-107	920632.36	1702614.82	28.33	7.67
N-108	920529.74	1702616.25	28.33	7.67
N-109	920311.72	1702616.81	28.33	7.67
N-110	920232.58	1702615.78	28.33	7.67
N-111	920463.49	1702617.59	28.33	7.67
N-112	920657.12	1702735.68	28.33	7.67
N-113	920568.37	1702736.41	28.33	7.67
N-114	920488.42	1702735.68	28.33	7.67
N-115	920272.78	1702736.41	28.33	7.67
N-116	920170.10	1702739.34	28.33	7.67
N-117	920642.86	1702937.25	28.33	7.67
N-118	920564.34	1702937.25	28.33	7.67
N-119	920461.54	1702944.39	28.33	7.67
N-120	920077.48	1702938.68	28.33	7.67
N-121	920127.45	1702941.53	28.33	7.67
N-122	920197.41	1702947.25	28.33	7.67
N-123	920238.81	1702947.25	28.33	7.67
N-124	920293.07	1702941.53	28.33	7.67
N-125	920161.71	1702942.96	28.33	7.67
N-126	920310.20	1703152.84	28.33	7.67
N-127	920248.81	1703192.82	28.33	7.67
N-128	920154.58	1703248.50	28.33	7.67
N-129	920121.74	1703271.34	28.33	7.67
N-130	920073.20	1703305.61	28.33	7.67
N-131	920094.61	1703291.33	28.33	7.67

➤ Colectores primarios y secundarios

ID Tubería	ID Pozo de Entrada	ID Pozo de Salida	Longitud	Coefficiente de Rugosidad de Manning	Desnivel de Entrada	Desnivel de Salida	Geometría	Diámetro	Numero de Colectores en Paralelo
1	15	16	102.06	0.013	22.10	21.90	CIRCULAR	2.80	2
2	14	15	224.39	0.013	22.90	22.10	CIRCULAR	2.80	2
3	13	14	230.28	0.013	24.60	23.50	CIRCULAR	2.20	2
4	12	13	195.25	0.013	26.60	25.80	CIRCULAR	2.00	2
5	N-1	12	59.30	0.013	28.33	28.00	CIRCULAR	1.80	2
6	N-3	11	51.20	0.013	33.50	33.30	CIRCULAR	1.80	2
7	9	10	197.51	0.011	39.50	38.60	CIRCULAR	1.50	2
8	8	9	239.29	0.011	40.60	39.75	CIRCULAR	1.50	2
9	N-47	8	121.23	0.011	42.60	42.20	CIRCULAR	1.50	2
10	N-48	7	78.05	0.011	46.40	46.15	CIRCULAR	1.50	2
11	N-61	6	79.23	0.013	50.10	49.70	CIRCULAR	1.50	1
12	N-64	5	79.92	0.011	57.60	57.40	CIRCULAR	1.50	1
13	N-66	4	69.26	0.013	63.15	62.70	CIRCULAR	1.20	1
14	N-68	3	66.48	0.011	69.03	68.70	CIRCULAR	0.71	1
15	N-71	2	57.10	0.011	76.40	76.20	CIRCULAR	0.35	1
16	17	18	174.24	0.011	47.17	46.37	CIRCULAR	0.63	1
17	18	19	131.59	0.011	46.00	45.60	CIRCULAR	1.00	1
18	19	20	240.52	0.013	45.10	44.20	CIRCULAR	1.50	1
19	20	21	29.48	0.013	43.65	43.50	CIRCULAR	1.20	2
20	21	22	73.93	0.013	42.00	41.60	CIRCULAR	1.20	2
21	22	23	167.62	0.013	40.10	39.50	CIRCULAR	1.50	2
22	23	24	373.90	0.013	38.00	36.50	CIRCULAR	1.50	2
23	24	25	180.62	0.013	35.00	34.30	CIRCULAR	1.50	2
24	25	26	72.56	0.013	32.80	32.50	CIRCULAR	1.60	2
25	26	27	200.47	0.013	31.00	29.70	CIRCULAR	1.68	2
26	27	28	44.24	0.013	29.62	29.42	CIRCULAR	1.68	2
27	28	29	113.12	0.013	29.30	28.60	CIRCULAR	1.80	2
28	29	30	205.18	0.013	28.60	27.40	CIRCULAR	1.80	2
29	30	31	218.11	0.013	26.00	24.90	CIRCULAR	2.00	2
30	31	14	234.84	0.013	24.90	23.70	CIRCULAR	2.00	2
31	100	13	187.31	0.011	27.10	26.10	CIRCULAR	0.50	1
32	99	12	185.64	0.011	29.00	28.00	CIRCULAR	0.55	1
33	98	8	135.92	0.011	42.50	41.90	CIRCULAR	0.63	1
34	97	98	186.06	0.011	44.30	43.50	CIRCULAR	0.50	1
35	96	97	116.11	0.011	46.00	45.40	CIRCULAR	0.35	1
36	N-73	2	22.90	0.011	75.30	75.20	CIRCULAR	0.63	1



ID Tubería	ID Pozo de Entrada	ID Pozo de Salida	Longitud	Coefficiente de Rugosidad de Manning	Desnivel de Entrada	Desnivel de Salida	Geometría	Diámetro	Numero de Colectores en Paralelo
37	N-75	35	88.38	0.011	78.40	78.00	CIRCULAR	0.40	1
38	33	35	168.97	0.011	78.30	77.50	CIRCULAR	0.50	1
39	32	33	172.40	0.011	79.10	78.40	CIRCULAR	0.40	1
40	36	37	123.29	0.011	81.50	80.80	CIRCULAR	0.50	1
41	37	38	278.10	0.011	80.10	78.00	CIRCULAR	0.55	1
42	39	38	169.80	0.011	78.10	77.40	CIRCULAR	0.63	1
43	40	39	170.15	0.011	80.20	79.40	CIRCULAR	0.50	1
44	N-85	41	55.78	0.011	75.85	75.50	CIRCULAR	0.80	1
45	42	41	170.08	0.011	76.70	76.00	CIRCULAR	0.55	1
46	43	42	171.14	0.011	78.90	78.20	CIRCULAR	0.45	1
47	N-80	44	58.91	0.011	72.65	72.30	CIRCULAR	0.90	1
48	N-78	44	83.93	0.011	72.70	72.30	CIRCULAR	0.50	1
49	N-79	45	85.12	0.011	77.50	77.10	CIRCULAR	0.35	1
50	N-77	3	72.10	0.011	69.00	68.60	CIRCULAR	1.00	1
51	47	48	198.54	0.011	68.80	67.80	CIRCULAR	0.45	1
52	48	49	209.68	0.011	66.30	65.20	CIRCULAR	0.55	1
53	49	4	197.18	0.011	63.70	62.70	CIRCULAR	0.63	1
54	N-50	51	107.02	0.011	63.00	62.50	CIRCULAR	0.45	1
55	N-49	52	114.40	0.011	59.00	58.50	CIRCULAR	0.63	1
56	52	55	163.11	0.011	57.00	56.40	CIRCULAR	0.80	1
57	N-51	55	110.82	0.011	57.35	56.90	CIRCULAR	0.63	1
58	N-52	54	105.91	0.011	61.30	60.90	CIRCULAR	0.45	1
59	55	58	163.38	0.011	55.40	54.70	CIRCULAR	0.90	1
60	N-53	58	101.42	0.011	55.60	55.20	CIRCULAR	0.50	1
61	N-54	57	112.51	0.011	59.85	59.30	CIRCULAR	0.35	1
62	58	59	123.88	0.013	53.60	53.10	CIRCULAR	1.20	1
63	N-55	59	104.66	0.011	53.95	53.50	CIRCULAR	0.50	1
64	N-56	60	99.36	0.011	57.90	57.50	CIRCULAR	0.40	1
65	59	62	121.52	0.013	52.00	51.40	CIRCULAR	1.20	1
66	N-57	62	119.96	0.011	52.35	51.90	CIRCULAR	0.63	1
67	N-59	63	43.71	0.011	56.07	55.90	CIRCULAR	0.50	1
68	62	6	187.30	0.013	50.40	49.70	CIRCULAR	1.50	1
69	65	66	275.86	0.011	71.45	70.25	CIRCULAR	0.35	2
70	N-42	67	52.49	0.011	65.25	65.00	CIRCULAR	0.63	1
71	N-38	67	53.05	0.011	65.20	65.00	CIRCULAR	0.71	1
72	69	68	217.64	0.011	74.50	73.20	CIRCULAR	0.45	1
73	N-35	70	51.98	0.011	58.25	58.00	CIRCULAR	0.90	1



ID Tubería	ID Pozo de Entrada	ID Pozo de Salida	Longitud	Coefficiente de Rugosidad de Manning	Desnivel de Entrada	Desnivel de Salida	Geometría	Diámetro	Numero de Colectores en Paralelo
74	71	70	44.89	0.011	58.20	58.00	CIRCULAR	0.80	1
75	N-24	71	45.92	0.011	59.90	59.70	CIRCULAR	0.80	1
76	N-25	72	53.51	0.011	63.50	63.20	CIRCULAR	0.71	1
77	N-28	73	54.64	0.011	70.70	70.40	CIRCULAR	0.63	1
78	N-31	74	42.85	0.011	76.50	76.30	CIRCULAR	0.55	1
80	N-21	77	54.33	0.011	51.25	51.00	CIRCULAR	0.90	2
81	N-11	77	70.62	0.011	51.25	51.00	CIRCULAR	0.90	1
82	N-12	78	77.47	0.011	54.85	54.50	CIRCULAR	0.80	1
83	N-13	79	46.68	0.011	58.45	58.20	CIRCULAR	0.71	1
84	N-14	80	75.69	0.011	62.10	61.75	CIRCULAR	0.71	1
85	N-15	81	54.90	0.011	65.73	65.50	CIRCULAR	0.63	1
86	N-18	82	54.31	0.011	72.55	72.30	CIRCULAR	0.45	1
87	N-8	84	103.57	0.011	44.00	43.70	CIRCULAR	1.20	2
88	N-6	10	192.02	0.011	39.65	39.00	CIRCULAR	1.20	2
89	92	10	243.56	0.013	40.00	38.80	CIRCULAR	1.20	1
90	93	92	112.25	0.011	42.10	41.50	CIRCULAR	0.63	1
91	94	93	204.15	0.011	44.60	43.60	CIRCULAR	0.55	1
92	95	94	217.79	0.011	48.70	47.60	CIRCULAR	0.40	1
93	89	92	132.33	0.011	42.10	41.50	CIRCULAR	0.90	1
94	N-46	89	115.22	0.011	44.05	43.60	CIRCULAR	0.63	1
95	91	90	163.57	0.011	48.20	47.50	CIRCULAR	0.45	1
96	87	89	106.81	0.011	44.20	43.55	CIRCULAR	0.71	1
97	N-45	87	115.14	0.011	46.30	45.70	CIRCULAR	0.45	1
98	86	87	141.92	0.011	46.33	45.70	CIRCULAR	0.63	1
99	N-44	86	103.88	0.011	48.40	47.90	CIRCULAR	0.45	1
100	N-109	102	94.27	0.011	55.90	55.50	CIRCULAR	0.55	1
101	N-107	18	107.43	0.011	48.00	47.50	CIRCULAR	0.71	1
102	N-115	104	133.75	0.011	55.20	54.60	CIRCULAR	0.63	1
103	N-112	19	107.31	0.011	47.10	46.60	CIRCULAR	0.80	1
104	N-124	106	58.22	0.011	53.40	53.20	CIRCULAR	0.63	1
105	N-117	20	104.04	0.011	45.70	45.35	CIRCULAR	1.20	1
106	N-128	108	39.75	0.011	59.50	59.40	CIRCULAR	0.63	1
107	109	106	205.90	0.011	54.00	53.05	CIRCULAR	0.90	1
108	110	111	239.75	0.011	42.40	41.50	CIRCULAR	0.63	1
109	111	23	114.91	0.011	40.00	39.50	CIRCULAR	0.63	1
110	N-105	143	46.63	0.011	65.60	65.40	CIRCULAR	0.50	1
111	N-104	142	73.68	0.011	62.10	61.80	CIRCULAR	0.63	1



ID Tubería	ID Pozo de Entrada	ID Pozo de Salida	Longitud	Coefficiente de Rugosidad de Manning	Desnivel de Entrada	Desnivel de Salida	Geometría	Diámetro	Numero de Colectores en Paralelo
112	N-101	141	45.63	0.011	55.20	55.00	CIRCULAR	0.71	1
113	N-100	140	46.88	0.011	51.90	51.80	CIRCULAR	0.80	1
114	N-98	134	65.21	0.011	46.75	46.50	CIRCULAR	0.90	1
115	135	134	61.23	0.011	46.60	46.50	CIRCULAR	0.80	1
116	N-96	135	54.06	0.011	48.30	48.10	CIRCULAR	0.80	1
117	137	136	122.57	0.011	53.70	53.20	CIRCULAR	0.63	1
118	138	137	113.43	0.011	55.70	55.20	CIRCULAR	0.55	1
119	139	138	50.86	0.011	57.50	57.20	CIRCULAR	0.45	1
120	134	133	113.22	0.011	45.00	44.70	CIRCULAR	1.20	1
121	N-94	133	83.78	0.011	45.00	44.70	CIRCULAR	0.71	1
122	N-95	132	54.70	0.011	48.60	48.30	CIRCULAR	0.55	1
123	130	131	183.79	0.011	52.50	51.90	CIRCULAR	0.50	1
124	133	145	42.78	0.011	43.15	43.00	CIRCULAR	1.20	1
125	145	146	117.30	0.011	41.50	41.00	CIRCULAR	1.20	1
126	N-93	147	89.47	0.011	37.50	37.25	CIRCULAR	1.20	1
127	147	148	180.23	0.013	35.50	34.80	CIRCULAR	1.50	1
128	148	26	240.33	0.013	33.30	32.50	CIRCULAR	1.50	1
129	112	113	201.57	0.011	48.40	47.50	CIRCULAR	0.50	1
130	113	114	59.91	0.011	46.00	45.80	CIRCULAR	0.63	1
131	114	115	83.02	0.011	44.30	43.90	CIRCULAR	0.63	1
132	N-86	115	77.22	0.011	44.25	43.90	CIRCULAR	0.40	1
133	115	118	101.22	0.011	42.40	41.80	CIRCULAR	0.71	1
134	N-88	118	84.29	0.011	42.10	41.80	CIRCULAR	0.50	1
135	118	119	171.16	0.011	40.30	39.60	CIRCULAR	0.90	1
136	119	120	193.29	0.011	38.10	37.40	CIRCULAR	1.00	1
137	121	120	54.98	0.011	37.50	37.20	CIRCULAR	0.55	1
138	N-92	121	71.27	0.011	39.15	38.80	CIRCULAR	0.55	1
139	N-90	122	41.31	0.011	42.90	42.70	CIRCULAR	0.45	1
140	120	126	125.30	0.011	35.90	35.45	CIRCULAR	1.20	1
141	125	126	220.89	0.011	37.80	36.80	CIRCULAR	0.40	1
142	124	125	194.61	0.011	40.10	39.30	CIRCULAR	0.40	1
143	126	129	116.17	0.011	35.30	34.85	CIRCULAR	1.20	1
144	128	129	150.77	0.011	35.80	35.00	CIRCULAR	0.50	1
145	127	128	240.11	0.011	36.80	35.80	CIRCULAR	0.50	1
146	129	25	108.03	0.013	34.40	34.00	CIRCULAR	1.50	1
147	150	149	209.25	0.011	34.00	33.00	CIRCULAR	0.50	1
148	149	26	81.30	0.011	32.40	32.00	CIRCULAR	0.63	1

ID Tubería	ID Pozo de Entrada	ID Pozo de Salida	Longitud	Coefficiente de Rugosidad de Manning	Desnivel de Entrada	Desnivel de Salida	Geometría	Diámetro	Numero de Colectores en Paralelo
149	151	152	140.53	0.011	32.40	31.60	CIRCULAR	0.50	1
150	152	28	51.58	0.011	31.15	31.00	CIRCULAR	0.63	1
151	154	153	262.36	0.011	34.10	33.10	CIRCULAR	0.50	1
152	153	27	138.22	0.011	31.60	31.20	CIRCULAR	0.71	1
153	155	29	57.09	0.011	30.20	29.90	CIRCULAR	0.50	1
154	163	162	131.82	0.011	45.08	44.58	CIRCULAR	0.50	1
155	162	161	129.92	0.011	43.08	42.49	CIRCULAR	0.63	1
156	161	160	65.17	0.011	40.99	40.60	CIRCULAR	0.63	1
157	160	159	190.95	0.011	39.10	38.60	CIRCULAR	0.80	1
158	159	158	26.35	0.011	37.10	37.00	CIRCULAR	0.80	1
159	164	158	134.59	0.011	37.50	37.00	CIRCULAR	0.71	1
160	165	164	130.61	0.011	39.50	39.00	CIRCULAR	0.63	1
161	166	165	129.92	0.011	41.60	41.00	CIRCULAR	0.50	1
162	158	157	79.28	0.011	35.50	35.10	CIRCULAR	0.90	1
163	157	156	258.84	0.011	33.60	32.40	CIRCULAR	1.00	1
164	156	29	195.66	0.013	30.90	30.10	CIRCULAR	1.20	1
165	174	173	96.62	0.011	37.20	36.80	CIRCULAR	0.40	1
166	173	172	196.42	0.011	35.30	34.40	CIRCULAR	0.55	1
167	172	171	146.23	0.011	32.90	32.30	CIRCULAR	0.71	1
168	171	170	249.61	0.011	30.80	29.80	CIRCULAR	0.80	1
169	170	30	196.49	0.011	28.30	27.50	CIRCULAR	0.90	1
170	167	168	183.65	0.011	28.50	28.00	CIRCULAR	0.71	1
171	168	169	190.91	0.011	28.00	27.40	CIRCULAR	0.80	1
172	169	30	51.60	0.011	27.40	27.20	CIRCULAR	0.80	1
173	178	177	194.22	0.011	33.80	33.00	CIRCULAR	0.55	1
174	177	176	252.99	0.011	31.50	30.40	CIRCULAR	0.71	1
175	176	175	201.96	0.011	28.90	28.00	CIRCULAR	0.80	1
176	175	31	165.12	0.011	26.50	25.90	CIRCULAR	0.90	1
177	181	180	173.27	0.011	25.91	25.41	CIRCULAR	0.50	1
178	179	180	97.18	0.011	25.91	25.41	CIRCULAR	0.30	1
179	180	15	268.77	0.011	25.00	24.00	CIRCULAR	0.71	1
180	N-126	109	84.94	0.011	54.30	54.00	CIRCULAR	0.80	1
L-1	N-2	N-1	59.30	0.013	30.16	29.83	CIRCULAR	1.80	2
L-2	11	N-2	59.30	0.013	32.00	31.70	CIRCULAR	1.80	2
L-3	N-4	N-3	51.20	0.013	35.00	34.80	CIRCULAR	1.80	2
L-4	N-5	N-4	51.20	0.013	36.60	36.40	CIRCULAR	1.80	2
L-5	10	N-5	51.20	0.013	38.30	38.10	CIRCULAR	1.80	2



ID Tubería	ID Pozo de Entrada	ID Pozo de Salida	Longitud	Coefficiente de Rugosidad de Manning	Desnivel de Entrada	Desnivel de Salida	Geometría	Diámetro	Numero de Colectores en Paralelo
L-8	84	N-6	192.02	0.011	41.75	41.10	CIRCULAR	1.20	2
L-9	N-9	N-8	103.57	0.011	45.70	45.40	CIRCULAR	1.20	2
L-10	N-10	N-9	103.57	0.011	47.50	47.20	CIRCULAR	1.20	2
L-11	77	N-10	103.57	0.011	49.50	49.20	CIRCULAR	1.20	2
L-12	78	N-11	70.62	0.011	53.00	52.75	CIRCULAR	0.90	1
L-13	79	N-12	77.47	0.011	56.65	56.30	CIRCULAR	0.80	1
L-14	80	N-13	46.68	0.011	60.25	60.00	CIRCULAR	0.71	1
L-15	81	N-14	75.69	0.011	63.95	63.60	CIRCULAR	0.71	1
L-16	N-16	N-15	54.90	0.011	67.43	67.20	CIRCULAR	0.63	1
L-17	N-17	N-16	54.90	0.011	69.13	68.90	CIRCULAR	0.63	1
L-18	82	N-17	54.90	0.011	70.83	70.60	CIRCULAR	0.63	1
L-19	N-19	N-18	54.31	0.011	74.25	74.00	CIRCULAR	0.45	1
L-20	N-20	N-19	54.31	0.011	76.00	75.75	CIRCULAR	0.45	1
L-21	83	N-20	54.31	0.011	77.75	77.50	CIRCULAR	0.45	1
L-22	N-22	N-21	54.33	0.011	53.00	52.75	CIRCULAR	0.90	2
L-23	N-23	N-22	54.33	0.011	54.75	54.50	CIRCULAR	0.90	2
L-24	70	N-23	54.33	0.011	56.50	56.25	CIRCULAR	0.90	2
L-25	72	N-24	45.92	0.011	61.70	61.50	CIRCULAR	0.80	1
L-26	N-26	N-25	53.51	0.011	65.30	65.00	CIRCULAR	0.71	1
L-27	N-27	N-26	53.51	0.011	67.10	66.80	CIRCULAR	0.71	1
L-28	73	N-27	53.51	0.011	68.90	68.60	CIRCULAR	0.71	1
L-29	N-29	N-28	54.64	0.011	72.50	72.20	CIRCULAR	0.63	1
L-30	N-30	N-29	54.64	0.011	74.30	74.00	CIRCULAR	0.63	1
L-31	74	N-30	54.64	0.011	76.10	75.80	CIRCULAR	0.63	1
L-32	N-32	N-31	42.85	0.011	77.70	77.50	CIRCULAR	0.55	1
L-33	N-33	N-32	42.85	0.011	78.90	78.70	CIRCULAR	0.55	1
L-34	N-34	N-33	42.85	0.011	80.10	79.90	CIRCULAR	0.55	1
L-35	75	N-34	42.85	0.011	81.60	81.40	CIRCULAR	0.55	1
L-36	N-36	N-35	51.98	0.011	60.00	59.75	CIRCULAR	0.90	1
L-37	N-37	N-36	51.98	0.011	61.75	61.50	CIRCULAR	0.90	1
L-38	67	N-37	51.98	0.011	63.50	63.25	CIRCULAR	0.90	1
L-39	N-39	N-38	53.05	0.011	66.90	66.70	CIRCULAR	0.71	1
L-40	N-40	N-39	53.05	0.011	68.30	68.10	CIRCULAR	0.71	1
L-41	N-41	N-40	53.05	0.011	70.00	69.80	CIRCULAR	0.71	1
L-42	68	N-41	53.05	0.011	71.70	71.50	CIRCULAR	0.71	1
L-43	N-43	N-42	52.49	0.011	67.00	66.75	CIRCULAR	0.63	1
L-44	66	N-43	52.49	0.011	68.75	68.50	CIRCULAR	0.63	1



ID Tubería	ID Pozo de Entrada	ID Pozo de Salida	Longitud	Coefficiente de Rugosidad de Manning	Desnivel de Entrada	Desnivel de Salida	Geometría	Diámetro	Numero de Colectores en Paralelo
L-45	85	N-44	103.88	0.011	50.40	49.90	CIRCULAR	0.45	1
L-46	88	N-45	115.14	0.011	48.40	47.80	CIRCULAR	0.45	1
L-47	90	N-46	115.22	0.011	46.00	45.55	CIRCULAR	0.63	1
L-48	7	N-47	121.23	0.011	44.50	44.10	CIRCULAR	1.50	2
L-49	6	N-48	78.05	0.011	48.20	47.95	CIRCULAR	1.50	2
L-50	51	N-49	114.40	0.011	61.00	60.50	CIRCULAR	0.63	1
L-51	50	N-50	107.02	0.011	65.00	64.50	CIRCULAR	0.45	1
L-52	54	N-51	110.82	0.011	59.35	58.90	CIRCULAR	0.63	1
L-53	53	N-52	105.91	0.011	63.20	62.80	CIRCULAR	0.45	1
L-54	56	N-54	112.51	0.011	61.95	61.40	CIRCULAR	0.35	1
L-55	57	N-53	101.42	0.011	57.70	57.30	CIRCULAR	0.50	1
L-56	60	N-55	104.66	0.011	55.95	55.50	CIRCULAR	0.50	1
L-57	61	N-56	99.36	0.011	59.80	59.40	CIRCULAR	0.40	1
L-58	63	N-57	119.96	0.011	54.35	53.90	CIRCULAR	0.63	1
L-59	N-60	64	43.71	0.011	62.18	62.00	CIRCULAR	0.50	1
L-60	N-58	N-59	43.71	0.011	57.77	57.60	CIRCULAR	0.50	1
L-61	N-60	N-58	43.71	0.011	60.47	60.30	CIRCULAR	0.50	1
L-62	N-62	N-61	79.23	0.011	52.00	51.75	CIRCULAR	1.50	1
L-63	N-63	N-62	79.23	0.011	53.90	53.65	CIRCULAR	1.50	1
L-64	5	N-63	79.23	0.011	55.80	55.55	CIRCULAR	1.50	1
L-65	N-65	N-64	79.92	0.011	59.40	59.20	CIRCULAR	1.50	1
L-66	4	N-65	79.92	0.011	61.20	61.00	CIRCULAR	1.50	1
L-67	N-67	N-66	69.26	0.011	65.15	64.85	CIRCULAR	1.20	1
L-68	3	N-67	69.26	0.011	67.15	66.85	CIRCULAR	1.20	1
L-69	N-69	N-68	66.48	0.011	70.86	70.53	CIRCULAR	0.71	1
L-70	N-70	N-69	66.48	0.011	72.73	72.40	CIRCULAR	0.71	1
L-71	2	N-70	66.48	0.011	74.63	74.30	CIRCULAR	0.71	1
L-72	N-72	N-71	57.10	0.011	78.10	77.90	CIRCULAR	0.35	1
L-73	1	N-72	57.10	0.011	79.80	79.60	CIRCULAR	0.35	1
L-74	N-74	N-73	22.90	0.011	75.90	75.80	CIRCULAR	0.63	1
L-75	35	N-74	22.90	0.011	76.50	76.40	CIRCULAR	0.63	1
L-76	34	N-75	88.38	0.011	80.30	79.90	CIRCULAR	0.40	1
L-77	44	N-77	72.10	0.011	70.80	70.40	CIRCULAR	1.00	1
L-78	45	N-78	83.93	0.011	74.60	74.20	CIRCULAR	0.50	1
L-79	46	N-79	85.12	0.011	79.40	79.00	CIRCULAR	0.35	1
L-80	41	N-80	58.91	0.011	74.50	74.15	CIRCULAR	0.90	1
L-81	38	N-85	55.78	0.011	77.20	76.85	CIRCULAR	0.80	1



ID Tubería	ID Pozo de Entrada	ID Pozo de Salida	Longitud	Coefficiente de Rugosidad de Manning	Desnivel de Entrada	Desnivel de Salida	Geometría	Diámetro	Numero de Colectores en Paralelo
L-82	N-87	N-86	77.22	0.011	46.10	45.75	CIRCULAR	0.40	1
L-83	116	N-87	77.22	0.011	47.95	47.60	CIRCULAR	0.40	1
L-84	N-89	N-88	84.29	0.011	43.90	43.60	CIRCULAR	0.50	1
L-85	117	N-89	84.29	0.011	45.70	45.40	CIRCULAR	0.50	1
L-86	122	N-92	71.27	0.011	41.05	40.70	CIRCULAR	0.55	1
L-87	N-91	N-90	41.31	0.011	44.60	44.40	CIRCULAR	0.45	1
L-88	123	N-91	41.31	0.011	46.30	46.10	CIRCULAR	0.45	1
L-89	146	N-93	89.47	0.011	39.50	39.25	CIRCULAR	1.20	1
L-90	132	N-94	83.78	0.011	46.80	46.50	CIRCULAR	0.71	1
L-91	131	N-95	54.70	0.011	50.40	50.10	CIRCULAR	0.55	1
L-92	N-97	N-96	54.06	0.011	50.00	49.80	CIRCULAR	0.80	1
L-93	136	N-97	54.06	0.011	51.70	51.50	CIRCULAR	0.80	1
L-94	N-99	N-98	65.21	0.011	48.55	48.30	CIRCULAR	0.90	1
L-95	140	N-99	65.21	0.011	50.30	50.05	CIRCULAR	0.90	1
L-96	141	N-100	46.88	0.011	53.50	53.40	CIRCULAR	0.80	1
L-97	N-102	N-101	45.63	0.011	56.90	56.70	CIRCULAR	0.71	1
L-98	N-103	N-102	45.63	0.011	58.60	58.40	CIRCULAR	0.71	1
L-99	142	N-103	45.63	0.011	60.30	60.10	CIRCULAR	0.71	1
L-100	143	N-104	73.68	0.011	63.90	63.60	CIRCULAR	0.63	1
L-101	N-106	N-105	46.63	0.011	67.30	67.10	CIRCULAR	0.50	1
L-102	144	N-106	46.63	0.011	69.00	68.80	CIRCULAR	0.50	1
L-103	N-108	N-107	107.43	0.011	50.00	49.50	CIRCULAR	0.71	1
L-104	N-111	N-108	107.43	0.011	52.00	51.50	CIRCULAR	0.71	1
L-106	101	N-110	94.27	0.011	59.70	59.30	CIRCULAR	0.55	1
L-107	N-110	N-109	94.27	0.011	57.80	57.40	CIRCULAR	0.55	1
L-108	102	N-111	107.43	0.011	54.00	53.50	CIRCULAR	0.71	1
L-109	N-113	N-112	107.31	0.011	49.10	48.60	CIRCULAR	0.80	1
L-110	N-114	N-113	107.31	0.011	51.10	50.60	CIRCULAR	0.80	1
L-111	104	N-114	107.31	0.011	53.10	52.60	CIRCULAR	0.80	1
L-112	N-116	N-115	133.75	0.011	57.40	56.80	CIRCULAR	0.63	1
L-113	103	N-116	133.75	0.011	59.50	58.90	CIRCULAR	0.63	1
L-114	N-118	N-117	104.04	0.011	47.70	47.35	CIRCULAR	1.20	1
L-115	N-119	N-118	104.04	0.011	49.70	49.35	CIRCULAR	1.20	1
L-116	106	N-119	104.04	0.011	51.70	51.35	CIRCULAR	1.20	1
L-117	N-123	N-124	58.22	0.011	55.20	55.00	CIRCULAR	0.63	1
L-118	N-122	N-123	58.22	0.011	57.00	56.80	CIRCULAR	0.63	1
L-119	N-125	N-122	58.22	0.011	58.80	58.60	CIRCULAR	0.63	1



ID Tubería	ID Pozo de Entrada	ID Pozo de Salida	Longitud	Coefficiente de Rugosidad de Manning	Desnivel de Entrada	Desnivel de Salida	Geometría	Diámetro	Numero de Colectores en Paralelo
L-120	N-120	N-121	58.22	0.011	62.30	62.10	CIRCULAR	0.63	1
L-121	105	N-120	58.22	0.011	64.10	63.90	CIRCULAR	0.63	1
L-122	N-121	N-125	58.22	0.011	60.50	60.30	CIRCULAR	0.63	1
L-123	N-127	N-126	84.94	0.011	56.10	55.80	CIRCULAR	0.80	1
L-124	108	N-127	84.94	0.011	57.90	57.60	CIRCULAR	0.80	1
L-125	N-129	N-128	39.75	0.011	61.10	61.00	CIRCULAR	0.63	1
L-126	N-131	N-129	39.75	0.011	62.70	62.60	CIRCULAR	0.63	1
L-127	N-130	N-131	39.75	0.011	64.30	64.20	CIRCULAR	0.63	1
L-128	107	N-130	39.75	0.011	65.90	65.80	CIRCULAR	0.63	1

## 7.7. ANEXO 7. LISTADO COMPONENTES DEL MODELO MATEMÁTICO SWMM 5.1 PARA LA ALTERNATIVA 2.

➤ Pozos de Inspección

Nudo	Coordenada X	Coordenada Y	Cota de Fondo (m)	Profundidad Máxima (m)
1	919652.33	1704902.93	79.80	8.20
2	919800.11	1704895.89	74.63	3.37
3	920027.95	1704886.22	67.15	4.85
4	920203.88	1704876.54	61.20	6.80
5	920410.60	1704863.35	55.80	6.20
6	920682.42	1704845.75	48.20	7.80
7	920760.71	1704734.04	44.50	8.50
8	920925.21	1704615.28	40.60	7.40
9	921065.08	1704464.86	39.50	2.50
10	921174.16	1704334.66	38.30	2.70
11	921341.46	1704227.93	32.00	8.00
12	921483.08	1704160.50	26.60	7.40
13	921637.89	1704100.00	24.60	7.40
14	921821.16	1704025.27	20.70	6.30
15	922011.55	1703996.80	19.90	8.10
16	922100.51	1703984.34	19.90	8.10
17	920753.56	1702463.01	47.17	2.83
18	920748.22	1702619.59	46.00	4.00
19	920742.88	1702733.47	45.10	3.90
20	920732.20	1702938.09	43.65	3.35
21	920732.20	1702964.78	42.00	4.00
22	920794.48	1702971.90	40.10	5.90
23	920922.59	1703037.74	38.00	9.00
24	921203.73	1703188.98	35.00	5.00
25	921260.67	1703334.89	34.00	3.00
26	921283.80	1703393.60	32.00	4.00
27	921342.52	1703553.75	30.70	5.46
28	921383.44	1703551.97	30.50	6.50
29	921431.48	1703630.26	29.80	4.20
30	921550.70	1703754.81	27.20	4.80
31	921691.27	1703868.69	25.90	3.10
32	919692.79	1705124.61	79.10	5.90
33	919839.70	1705098.22	78.30	1.70
34	919664.64	1704985.62	80.30	7.70



Nudo	Coordenada X	Coordenada Y	Cota de Fondo (m)	Profundidad Máxima (m)
35	919812.43	1704954.83	76.50	5.50
36	919729.74	1704410.32	81.50	1.50
37	919822.98	1704361.93	80.10	1.90
38	919910.07	1704584.49	77.20	1.80
39	919774.60	1704634.63	78.10	4.90
40	919636.49	1704689.17	80.20	6.80
41	919946.14	1704674.22	74.50	4.50
42	919809.79	1704730.52	76.70	4.30
43	919671.68	1704780.66	78.90	6.10
44	919980.44	1704770.98	70.80	5.20
45	919846.73	1704823.76	74.60	5.40
46	919708.63	1704878.30	79.40	5.60
47	920028.83	1704382.17	68.80	6.20
48	920084.25	1704544.91	66.30	3.70
49	920148.46	1704714.68	63.70	5.30
50	920072.81	1704447.26	65.00	7.00
51	920232.91	1704354.90	61.00	7.00
52	920401.81	1704254.61	57.00	5.00
53	920142.30	1704566.02	63.20	5.80
54	920300.65	1704475.41	59.35	4.65
55	920465.14	1704381.29	55.40	3.60
56	920174.85	1704624.96	61.95	6.05
57	920359.44	1704583.72	57.70	4.30
58	920519.68	1704511.48	53.60	4.40
59	920561.03	1704609.12	52.00	4.00
60	920385.41	1704649.76	55.95	6.05
61	920214.44	1704661.02	59.80	6.20
62	920602.37	1704705.01	50.40	6.60
63	920399.51	1704745.48	54.35	9.65
64	920247.87	1704747.23	62.18	7.82
65	919998.92	1703555.27	71.45	6.55
66	920166.06	1703725.93	68.75	5.25
67	920261.06	1703821.82	63.50	6.50
68	920066.65	1703939.69	71.70	5.30
69	919905.67	1704034.70	74.50	4.50
70	920401.81	1703931.77	56.50	6.50
71	920368.38	1703952.01	58.20	6.80
72	920292.73	1703962.56	61.70	6.30



Nudo	Coordenada X	Coordenada Y	Cota de Fondo (m)	Profundidad Máxima (m)
73	920133.51	1704056.69	68.90	7.10
74	919969.89	1704150.81	76.10	1.90
75	919810.67	1704241.42	81.60	2.40
76	921176.92	1704333.16	81.60	2.40
77	920561.03	1704031.18	49.50	6.50
78	920484.50	1704125.30	53.00	7.00
79	920371.02	1704052.29	56.65	5.35
80	920313.84	1704109.47	60.25	8.75
81	920201.24	1704174.56	63.95	8.05
82	920036.74	1704265.17	70.83	5.17
83	919864.33	1704338.18	77.75	4.25
84	920876.83	1704193.04	41.75	4.25
85	920542.56	1704303.00	50.40	6.60
86	920676.27	1704184.24	46.33	5.67
87	920777.43	1704251.97	44.20	3.80
88	920648.12	1704399.76	48.40	6.60
89	920855.72	1704298.60	42.10	3.90
90	920727.29	1704448.14	46.00	8.00
91	920644.60	1704566.02	48.20	6.80
92	920969.20	1704323.23	40.00	3.00
93	920943.69	1704414.71	42.10	2.90
94	920827.57	1704549.30	44.60	6.40
95	920700.02	1704690.05	48.70	6.30
96	920780.95	1704818.48	46.00	7.00
97	920869.79	1704770.98	44.30	5.70
98	921010.54	1704694.45	42.50	2.50
99	921541.80	1704311.74	29.00	9.00
100	921703.72	1704247.69	27.10	6.90
101	920137.91	1702614.26	59.70	7.30
102	920379.90	1702616.03	54.00	5.00
103	920066.73	1702733.47	59.50	6.50
104	920378.12	1702731.69	53.10	3.90
105	920025.81	1702934.54	64.10	8.90
106	920376.34	1702939.87	51.70	8.30
107	920048.94	1703318.87	65.90	8.10
108	920184.17	1703233.46	57.90	8.10
109	920372.78	1703117.81	54.00	2.00
110	920929.71	1702729.91	42.40	8.60



Nudo	Coordenada X	Coordenada Y	Cota de Fondo (m)	Profundidad Máxima (m)
111	920929.71	1702936.32	40.00	7.00
112	920502.67	1703165.85	48.40	7.60
113	920659.25	1703096.46	46.00	6.00
114	920710.85	1703096.46	44.30	5.70
115	920730.43	1703164.07	42.40	7.60
116	920550.71	1703245.92	47.95	8.05
117	920588.08	1703322.43	45.70	9.30
118	920785.58	1703231.69	40.30	7.70
119	920901.24	1703324.21	38.10	4.90
120	920990.21	1703459.44	35.90	4.10
121	920943.95	1703480.79	37.50	3.50
122	920826.51	1703502.14	41.05	5.95
123	920719.75	1703516.38	46.30	3.70
124	920847.86	1703149.84	40.10	3.90
125	920983.09	1703254.82	37.80	5.20
126	921086.29	1703416.74	35.30	3.70
127	920952.84	1703153.39	36.80	8.20
128	921130.78	1703249.48	35.80	2.20
129	921175.26	1703374.03	34.40	2.60
130	920431.50	1703315.31	52.50	7.50
131	920490.21	1703470.12	50.40	8.60
132	920558.24	1703525.62	46.80	9.20
133	920678.82	1703614.24	43.15	7.85
134	920614.77	1703685.42	45.00	8.00
135	920568.51	1703653.39	46.60	8.40
136	920458.19	1703569.76	51.70	9.30
137	920385.23	1703498.59	53.70	9.30
138	920337.35	1703416.29	55.70	9.30
139	920314.06	1703381.15	57.50	7.50
140	920506.23	1703809.97	50.30	6.70
141	920435.06	1703761.93	53.50	5.50
142	920312.28	1703669.40	60.30	6.70
143	920207.23	1703591.98	63.90	6.10
144	920113.00	1703527.06	69.00	9.00
145	920701.96	1703582.21	41.50	8.50
146	920801.60	1703560.86	39.50	8.50
147	920949.28	1703537.73	35.50	8.50
148	921093.41	1703475.45	33.30	6.70



Nudo	Coordenada X	Coordenada Y	Cota de Fondo (m)	Profundidad Máxima (m)
149	921351.41	1703374.03	33.40	2.60
150	921525.79	1703343.78	34.40	2.60
151	921545.36	1703514.60	32.40	2.60
152	921426.15	1703539.51	31.55	3.45
153	921232.20	1703575.10	32.10	1.90
154	921018.68	1703664.06	34.60	3.40
155	921479.53	1703612.46	34.10	6.90
156	921280.24	1703694.31	34.10	6.90
157	921072.06	1703777.94	34.10	6.90
158	921006.22	1703806.41	34.10	6.90
159	920993.77	1703783.28	34.10	6.90
160	920840.74	1703740.58	34.10	6.90
161	920790.92	1703761.93	34.10	6.90
162	920719.75	1703847.34	34.10	6.90
163	920645.02	1703938.08	34.10	6.90
164	920927.93	1703886.48	34.10	6.90
165	920853.20	1703971.89	34.10	6.90
166	920778.47	1704060.86	34.10	6.90
167	921892.33	1703624.92	34.10	6.90
168	921742.87	1703678.30	34.10	6.90
169	921595.18	1703737.02	34.10	6.90
170	921392.34	1703820.65	34.10	6.90
171	921193.05	1703902.50	34.10	6.90
172	921080.95	1703954.10	34.10	6.90
173	920970.64	1704082.21	34.10	6.90
174	920917.26	1704146.26	34.10	6.90
175	921563.15	1703920.29	34.10	6.90
176	921401.24	1703986.12	34.10	6.90
177	921201.95	1704069.75	34.10	6.90
178	921080.95	1704183.63	34.10	6.90
179	922007.99	1703754.81	34.10	6.90
180	921931.48	1703779.72	34.10	6.90
181	921787.35	1703825.98	34.10	6.90
N-1	921429.74	1704193.26	28.33	7.67
N-2	921386.53	1704214.87	74.25	4.75
N-4	921810.50	1704016.21	66.90	5.90
N-6	921031.17	1704267.69	56.07	9.43
N-8	920779.06	1704147.64	20.70	6.30



Nudo	Coordenada X	Coordenada Y	Cota de Fondo (m)	Profundidad Máxima (m)
N-9	920719.03	1704118.82	20.70	6.30
N-10	920637.39	1704068.40	28.33	7.67
N-11	920522.14	1704082.81	28.33	7.67
N-12	920433.30	1704092.41	54.85	6.15
N-13	920344.46	1704082.81	58.45	7.25
N-14	920253.22	1704147.64	62.10	8.40
N-15	920153.16	1704206.14	65.73	7.27
N-16	920120.29	1704225.87	67.43	6.57
N-17	920082.29	1704245.60	69.13	5.87
N-18	919989.51	1704288.70	72.55	4.95
N-19	919951.52	1704306.23	74.25	4.75
N-20	919909.87	1704322.31	76.00	4.50
N-21	920524.23	1704005.62	51.25	6.50
N-22	920486.64	1703978.86	53.00	6.50
N-23	920440.24	1703953.80	54.75	6.50
N-24	920329.72	1703958.15	59.90	6.60
N-25	920246.95	1703986.94	63.50	6.50
N-26	920210.97	1704013.33	65.30	6.70
N-27	920173.78	1704036.12	67.10	6.90
N-28	920088.61	1704082.90	70.70	5.80
N-29	920047.83	1704109.29	72.50	4.50
N-30	920005.85	1704132.08	74.30	3.20
N-31	919927.20	1704174.74	76.50	2.70
N-32	919896.02	1704193.93	77.70	2.70
N-33	919864.83	1704208.33	78.90	2.70
N-34	919836.04	1704225.12	80.10	2.70
N-35	920359.03	1703898.85	58.25	6.50
N-36	920330.24	1703876.06	60.00	6.50
N-37	920299.06	1703849.67	61.75	6.50
N-38	920235.48	1703840.07	65.20	6.20
N-39	920201.90	1703860.46	66.90	5.90
N-40	920159.91	1703879.66	68.30	5.90
N-41	920111.93	1703909.64	70.00	5.60
N-42	920221.09	1703784.89	65.25	6.00
N-43	920194.70	1703756.10	67.00	5.60
N-44	920604.10	1704247.57	48.40	6.10
N-45	920713.26	1704327.94	46.30	5.20
N-46	920787.63	1704373.52	44.05	5.95



Nudo	Coordenada X	Coordenada Y	Cota de Fondo (m)	Profundidad Máxima (m)
N-47	920846.40	1704675.80	42.60	7.90
N-48	920725.25	1704788.56	46.40	8.10
N-49	920316.21	1704309.94	59.00	6.00
N-50	920153.08	1704404.71	63.00	7.00
N-51	920373.79	1704437.09	57.35	4.15
N-52	920220.25	1704521.06	61.30	5.20
N-53	920436.61	1704551.81	55.60	4.40
N-54	920268.18	1704606.72	59.85	5.15
N-55	920479.81	1704636.12	53.95	5.05
N-56	920306.76	1704657.92	57.90	7.10
N-57	920508.62	1704736.97	52.35	8.15
N-58	920328.28	1704744.74	57.77	9.23
N-59	920363.89	1704745.48	56.07	9.43
N-60	920290.44	1704743.25	60.47	8.03
N-61	920621.37	1704860.49	50.10	7.40
N-62	920562.75	1704865.68	52.00	7.00
N-63	920500.42	1704870.14	53.90	6.60
N-64	920330.91	1704874.20	57.60	5.90
N-65	920272.13	1704877.80	59.40	5.60
N-66	920145.89	1704882.98	63.15	5.85
N-67	920088.37	1704885.81	65.15	4.85
N-68	919987.46	1704893.35	20.70	6.30
N-69	919932.76	1704899.01	20.70	6.30
N-70	919870.52	1704898.07	20.70	6.30
N-71	919762.07	1704900.90	20.70	6.30
N-72	919705.49	1704904.67	20.70	6.30
N-73	919803.15	1704921.39	20.70	6.30
N-74	919806.82	1704939.75	20.70	6.30
N-75	919739.82	1704973.71	20.70	6.30
N-77	920005.99	1704829.61	20.70	6.30
N-78	919910.54	1704803.91	20.70	6.30
N-79	919776.54	1704850.72	20.70	6.30
N-80	919963.77	1704724.06	20.70	6.30
N-85	919932.57	1704633.19	20.70	6.30
N-86	920672.27	1703193.52	20.70	6.30
N-87	920619.54	1703223.45	20.70	6.30
N-88	920742.12	1703273.34	20.70	6.30
N-89	920668.00	1703310.40	20.70	6.30



Nudo	Coordenada X	Coordenada Y	Cota de Fondo (m)	Profundidad Máxima (m)
N-90	920790.58	1703512.80	20.70	6.30
N-91	920759.22	1703517.07	20.70	6.30
N-92	920878.95	1703495.69	20.70	6.30
N-93	920871.82	1703551.28	20.70	6.30
N-94	920616.68	1703572.66	20.70	6.30
N-95	920524.04	1703499.97	20.70	6.30
N-96	920522.61	1703628.25	20.70	6.30
N-97	920491.25	1703602.59	20.70	6.30
N-98	920586.75	1703726.60	20.70	6.30
N-99	920543.99	1703779.34	20.70	6.30
N-100	920469.87	1703787.89	28.33	7.67
N-101	920387.20	1703729.45	28.33	7.67
N-102	920364.40	1703709.49	28.33	7.67
N-103	920337.32	1703688.11	28.33	7.67
N-104	920256.07	1703631.10	28.33	7.67
N-105	920176.25	1703571.24	28.33	7.67
N-106	920144.89	1703552.71	28.33	7.67
N-107	920632.36	1702614.82	28.33	7.67
N-108	920529.74	1702616.25	28.33	7.67
N-109	920311.72	1702616.81	28.33	7.67
N-110	920232.58	1702615.78	28.33	7.67
N-111	920463.49	1702617.59	28.33	7.67
N-112	920657.12	1702735.68	28.33	7.67
N-113	920568.37	1702736.41	28.33	7.67
N-114	920488.42	1702735.68	28.33	7.67
N-115	920272.78	1702736.41	28.33	7.67
N-116	920170.10	1702739.34	28.33	7.67
N-117	920642.86	1702937.25	28.33	7.67
N-118	920564.34	1702937.25	28.33	7.67
N-119	920461.54	1702944.39	28.33	7.67
N-120	920077.48	1702938.68	54.85	6.15
N-121	920127.45	1702941.53	54.85	6.15
N-122	920197.41	1702947.25	54.85	6.15
N-123	920238.81	1702947.25	54.85	6.15
N-124	920293.07	1702941.53	54.85	6.15
N-125	920161.71	1702942.96	54.85	6.15
N-126	920310.20	1703152.84	54.85	6.15
N-127	920248.81	1703192.82	54.85	6.15

Nudo	Coordenada X	Coordenada Y	Cota de Fondo (m)	Profundidad Máxima (m)
N-128	920154.58	1703248.50	54.85	6.15
N-129	920121.74	1703271.34	54.85	6.15
N-130	920073.20	1703305.61	58.45	7.25
N-131	920094.61	1703291.33	58.45	7.25

➤ Colectores primarios y secundarios

ID Tubería	ID Pozo de Entrada	ID Pozo de Salida	Longitud	Coefficiente de Rugosidad de Manning	Desnivel de Entrada	Desnivel de Salida	Geometría	Diámetro	Numero de Colectores en Paralelo
1	15	16	102.06	0.013	19.90	19.70	CIRCULAR	2.80	1
2	14	15	224.39	0.013	20.70	19.90	CIRCULAR	2.80	1
3	13	14	230.28	0.013	24.60	23.50	CIRCULAR	2.20	1
4	12	13	195.25	0.013	26.60	25.80	CIRCULAR	2.00	1
5	N-1	12	59.30	0.013	28.33	28.00	CIRCULAR	1.80	1
6	76	11	204.80	0.013	34.10	33.30	CIRCULAR	1.80	1
7	9	10	197.51	0.011	39.50	38.60	CIRCULAR	1.50	2
8	8	9	239.29	0.011	40.60	39.75	CIRCULAR	1.50	2
9	N-47	8	121.23	0.011	42.60	42.20	CIRCULAR	1.50	2
10	N-48	7	78.05	0.011	46.40	46.15	CIRCULAR	1.50	2
11	N-61	6	79.23	0.013	50.10	49.70	CIRCULAR	1.50	1
12	N-64	5	79.92	0.011	57.60	57.40	CIRCULAR	1.50	1
13	N-66	4	69.26	0.013	63.15	62.70	CIRCULAR	1.20	1
14	N-68	3	66.48	0.011	69.03	68.70	CIRCULAR	0.71	1
15	N-71	2	57.10	0.011	76.40	76.20	CIRCULAR	0.35	1
16	17	18	174.24	0.011	47.17	46.37	CIRCULAR	0.63	1
17	18	19	131.59	0.011	46.00	45.60	CIRCULAR	1.00	1
18	19	20	240.52	0.013	45.10	44.20	CIRCULAR	1.50	1
19	20	21	29.48	0.013	43.65	43.50	CIRCULAR	1.20	2
20	21	22	73.93	0.013	42.00	41.60	CIRCULAR	1.20	2
21	22	23	167.62	0.013	40.10	39.50	CIRCULAR	1.50	2
22	23	24	373.90	0.013	38.00	36.50	CIRCULAR	1.50	2
23	24	25	180.62	0.013	35.00	34.30	CIRCULAR	1.50	2
24	25	26	72.56	0.013	34.00	33.70	CIRCULAR	1.60	2
25	26	27	200.47	0.013	32.00	30.70	CIRCULAR	1.68	2
26	27	28	44.24	0.013	30.70	30.50	CIRCULAR	1.68	2
27	28	29	113.12	0.013	30.50	29.80	CIRCULAR	1.80	2
28	29	30	205.18	0.013	29.80	28.60	CIRCULAR	1.80	2

ID Tubería	ID Pozo de Entrada	ID Pozo de Salida	Longitud	Coefficiente de Rugosidad de Manning	Desnivel de Entrada	Desnivel de Salida	Geometría	Diámetro	Numero de Colectores en Paralelo
29	30	31	218.11	0.013	27.20	26.10	CIRCULAR	2.00	2
30	31	DEP-2	234.84	0.013	25.90	24.70	CIRCULAR	2.00	2
31	100	13	187.31	0.011	27.10	26.10	CIRCULAR	0.50	1
32	99	12	185.64	0.011	29.00	28.00	CIRCULAR	0.55	1
33	98	8	135.92	0.011	42.50	41.90	CIRCULAR	0.63	1
34	97	98	186.06	0.011	44.30	43.50	CIRCULAR	0.50	1
35	96	97	116.11	0.011	46.00	45.40	CIRCULAR	0.35	1
36	N-73	2	22.90	0.011	75.30	75.20	CIRCULAR	0.63	1
37	N-75	35	88.38	0.011	78.40	78.00	CIRCULAR	0.40	1
38	33	35	168.97	0.011	78.30	77.50	CIRCULAR	0.50	1
39	32	33	172.40	0.011	79.10	78.40	CIRCULAR	0.40	1
40	36	37	123.29	0.011	81.50	80.80	CIRCULAR	0.50	1
41	37	38	278.10	0.011	80.10	78.00	CIRCULAR	0.55	1
42	39	38	169.80	0.011	78.10	77.40	CIRCULAR	0.63	1
43	40	39	170.15	0.011	80.20	79.40	CIRCULAR	0.50	1
44	N-85	41	55.78	0.011	75.85	75.50	CIRCULAR	0.80	1
45	42	41	170.08	0.011	76.70	76.00	CIRCULAR	0.55	1
46	43	42	171.14	0.011	78.90	78.20	CIRCULAR	0.45	1
47	N-80	44	58.91	0.011	72.65	72.30	CIRCULAR	0.90	1
48	N-78	44	83.93	0.011	72.70	72.30	CIRCULAR	0.50	1
49	N-79	45	85.12	0.011	77.50	77.10	CIRCULAR	0.35	1
50	N-77	3	72.10	0.011	69.00	68.60	CIRCULAR	1.00	1
51	47	48	198.54	0.011	68.80	67.80	CIRCULAR	0.45	1
52	48	49	209.68	0.011	66.30	65.20	CIRCULAR	0.55	1
53	49	4	197.18	0.011	63.70	62.70	CIRCULAR	0.63	1
54	N-50	51	107.02	0.011	63.00	62.50	CIRCULAR	0.45	1
55	N-49	52	114.40	0.011	59.00	58.50	CIRCULAR	0.63	1
56	52	55	163.11	0.011	57.00	56.40	CIRCULAR	0.80	1
57	N-51	55	110.82	0.011	57.35	56.90	CIRCULAR	0.63	1
58	N-52	54	105.91	0.011	61.30	60.90	CIRCULAR	0.45	1
59	55	58	163.38	0.011	55.40	54.70	CIRCULAR	0.90	1
60	N-53	58	101.42	0.011	55.60	55.20	CIRCULAR	0.50	1
61	N-54	57	112.51	0.011	59.85	59.30	CIRCULAR	0.35	1
62	58	59	123.88	0.013	53.60	53.10	CIRCULAR	1.20	1
63	N-55	59	104.66	0.011	53.95	53.50	CIRCULAR	0.50	1
64	N-56	60	99.36	0.011	57.90	57.50	CIRCULAR	0.40	1
65	59	62	121.52	0.013	52.00	51.40	CIRCULAR	1.20	1



ID Tubería	ID Pozo de Entrada	ID Pozo de Salida	Longitud	Coefficiente de Rugosidad de Manning	Desnivel de Entrada	Desnivel de Salida	Geometría	Diámetro	Numero de Colectores en Paralelo
66	N-57	62	119.96	0.011	52.35	51.90	CIRCULAR	0.63	1
67	N-59	63	43.71	0.011	56.07	55.90	CIRCULAR	0.50	1
68	62	6	187.30	0.013	50.40	49.70	CIRCULAR	1.50	1
69	65	66	275.86	0.011	71.45	70.25	CIRCULAR	0.35	2
70	N-42	67	52.49	0.011	65.25	65.00	CIRCULAR	0.63	1
71	N-38	67	53.05	0.011	65.20	65.00	CIRCULAR	0.71	1
72	69	68	217.64	0.011	74.50	73.20	CIRCULAR	0.45	1
73	N-35	70	51.98	0.011	58.25	58.00	CIRCULAR	0.90	1
74	71	70	44.89	0.011	58.20	58.00	CIRCULAR	0.80	1
75	N-24	71	45.92	0.011	59.90	59.70	CIRCULAR	0.80	1
76	N-25	72	53.51	0.011	63.50	63.20	CIRCULAR	0.71	1
77	N-28	73	54.64	0.011	70.70	70.40	CIRCULAR	0.63	1
78	N-31	74	42.85	0.011	76.50	76.30	CIRCULAR	0.55	1
80	N-21	77	54.33	0.011	51.25	51.00	CIRCULAR	0.90	2
81	N-11	77	70.62	0.011	51.25	51.00	CIRCULAR	0.90	1
82	N-12	78	77.47	0.011	54.85	54.50	CIRCULAR	0.80	1
83	N-13	79	46.68	0.011	58.45	58.20	CIRCULAR	0.71	1
84	N-14	80	75.69	0.011	62.10	61.75	CIRCULAR	0.71	1
85	N-15	81	54.90	0.011	65.73	65.50	CIRCULAR	0.63	1
86	N-18	82	54.31	0.011	72.55	72.30	CIRCULAR	0.45	1
87	N-8	84	103.57	0.011	44.00	43.70	CIRCULAR	1.20	2
88	N-6	10	192.02	0.011	39.65	39.00	CIRCULAR	1.20	2
89	92	10	243.56	0.013	40.00	38.80	CIRCULAR	1.20	1
90	93	92	112.25	0.011	42.10	41.50	CIRCULAR	0.63	1
91	94	93	204.15	0.011	44.60	43.60	CIRCULAR	0.55	1
92	95	94	217.79	0.011	48.70	47.60	CIRCULAR	0.40	1
93	89	92	132.33	0.011	42.10	41.50	CIRCULAR	0.90	1
94	N-46	89	115.22	0.011	44.05	43.60	CIRCULAR	0.63	1
95	91	90	163.57	0.011	48.20	47.50	CIRCULAR	0.45	1
96	87	89	106.81	0.011	44.20	43.55	CIRCULAR	0.71	1
97	N-45	87	115.14	0.011	46.30	45.70	CIRCULAR	0.45	1
98	86	87	141.92	0.011	46.33	45.70	CIRCULAR	0.63	1
99	N-44	86	103.88	0.011	48.40	47.90	CIRCULAR	0.45	1
100	N-109	102	94.27	0.011	55.90	55.50	CIRCULAR	0.55	1
101	N-107	18	107.43	0.011	48.00	47.50	CIRCULAR	0.71	1
102	N-115	104	133.75	0.011	55.20	54.60	CIRCULAR	0.63	1
103	N-112	19	107.31	0.011	47.10	46.60	CIRCULAR	0.80	1



ID Tubería	ID Pozo de Entrada	ID Pozo de Salida	Longitud	Coefficiente de Rugosidad de Manning	Desnivel de Entrada	Desnivel de Salida	Geometría	Diámetro	Numero de Colectores en Paralelo
104	N-124	106	58.22	0.011	53.40	53.20	CIRCULAR	0.63	1
105	N-117	20	104.04	0.011	45.70	45.35	CIRCULAR	1.20	1
106	N-128	108	39.75	0.011	59.50	59.40	CIRCULAR	0.63	1
107	109	106	205.90	0.011	54.00	53.05	CIRCULAR	0.90	1
108	110	111	239.75	0.011	42.40	41.50	CIRCULAR	0.63	1
109	111	23	114.91	0.011	40.00	39.50	CIRCULAR	0.63	1
110	N-105	143	46.63	0.011	65.60	65.40	CIRCULAR	0.50	1
111	N-104	142	73.68	0.011	62.10	61.80	CIRCULAR	0.63	1
112	N-101	141	45.63	0.011	55.20	55.00	CIRCULAR	0.71	1
113	N-100	140	46.88	0.011	51.90	51.80	CIRCULAR	0.80	1
114	N-98	134	65.21	0.011	46.75	46.50	CIRCULAR	0.90	1
115	135	134	61.23	0.011	46.60	46.50	CIRCULAR	0.80	1
116	N-96	135	54.06	0.011	48.30	48.10	CIRCULAR	0.80	1
117	137	136	122.57	0.011	53.70	53.20	CIRCULAR	0.63	1
118	138	137	113.43	0.011	55.70	55.20	CIRCULAR	0.55	1
119	139	138	50.86	0.011	57.50	57.20	CIRCULAR	0.45	1
120	134	133	113.22	0.011	45.00	44.70	CIRCULAR	1.20	1
121	N-94	133	83.78	0.011	45.00	44.70	CIRCULAR	0.71	1
122	N-95	132	54.70	0.011	48.60	48.30	CIRCULAR	0.55	1
123	130	131	183.79	0.011	52.50	51.90	CIRCULAR	0.50	1
124	133	145	42.78	0.011	43.15	43.00	CIRCULAR	1.20	1
125	145	146	117.30	0.011	41.50	41.00	CIRCULAR	1.20	1
126	N-93	147	89.47	0.011	37.50	37.25	CIRCULAR	1.20	1
127	147	148	180.23	0.013	35.50	34.80	CIRCULAR	1.50	1
128	148	26	240.33	0.013	33.30	32.50	CIRCULAR	1.50	1
129	112	113	201.57	0.011	48.40	47.50	CIRCULAR	0.50	1
130	113	114	59.91	0.011	46.00	45.80	CIRCULAR	0.63	1
131	114	115	83.02	0.011	44.30	43.90	CIRCULAR	0.63	1
132	N-86	115	77.22	0.011	44.25	43.90	CIRCULAR	0.40	1
133	115	118	101.22	0.011	42.40	41.80	CIRCULAR	0.71	1
134	N-88	118	84.29	0.011	42.10	41.80	CIRCULAR	0.50	1
135	118	119	171.16	0.011	40.30	39.60	CIRCULAR	0.90	1
136	119	120	193.29	0.011	38.10	37.40	CIRCULAR	1.00	1
137	121	120	54.98	0.011	37.50	37.20	CIRCULAR	0.55	1
138	N-92	121	71.27	0.011	39.15	38.80	CIRCULAR	0.55	1
139	N-90	122	41.31	0.011	42.90	42.70	CIRCULAR	0.45	1
140	120	126	125.30	0.011	35.90	35.45	CIRCULAR	1.20	1

ID Tubería	ID Pozo de Entrada	ID Pozo de Salida	Longitud	Coefficiente de Rugosidad de Manning	Desnivel de Entrada	Desnivel de Salida	Geometría	Diámetro	Numero de Colectores en Paralelo
141	125	126	220.89	0.011	37.80	36.80	CIRCULAR	0.40	1
142	124	125	194.61	0.011	40.10	39.30	CIRCULAR	0.40	1
143	126	129	116.17	0.011	35.30	34.85	CIRCULAR	1.20	1
144	128	129	150.77	0.011	35.80	35.00	CIRCULAR	0.50	1
145	127	128	240.11	0.011	36.80	35.80	CIRCULAR	0.50	1
146	129	25	108.03	0.013	34.40	34.00	CIRCULAR	1.50	1
147	150	149	209.25	0.011	34.40	33.40	CIRCULAR	0.50	1
148	149	26	81.30	0.011	33.40	33.00	CIRCULAR	0.63	1
149	151	152	140.53	0.011	32.40	31.60	CIRCULAR	0.50	1
150	152	28	51.58	0.011	31.55	31.40	CIRCULAR	0.63	1
151	154	153	262.36	0.011	34.60	33.60	CIRCULAR	0.50	1
152	153	27	138.22	0.011	32.10	31.70	CIRCULAR	0.71	1
153	155	29	57.09	0.011	31.00	30.70	CIRCULAR	0.50	1
154	163	162	131.82	0.011	45.08	44.58	CIRCULAR	0.50	1
155	162	161	129.92	0.011	43.08	42.49	CIRCULAR	0.63	1
156	161	160	65.17	0.011	40.99	40.60	CIRCULAR	0.63	1
157	160	159	190.95	0.011	39.10	38.60	CIRCULAR	0.80	1
158	159	158	26.35	0.011	37.10	37.00	CIRCULAR	0.80	1
159	164	158	134.59	0.011	37.50	37.00	CIRCULAR	0.71	1
160	165	164	130.61	0.011	39.50	39.00	CIRCULAR	0.63	1
161	166	165	129.92	0.011	41.60	41.00	CIRCULAR	0.50	1
162	158	157	79.28	0.011	35.50	35.10	CIRCULAR	0.90	1
163	157	156	258.84	0.011	33.60	32.40	CIRCULAR	1.00	1
164	156	29	195.66	0.013	30.90	30.10	CIRCULAR	1.20	1
165	174	173	96.62	0.011	37.20	36.80	CIRCULAR	0.40	1
166	173	172	196.42	0.011	35.30	34.40	CIRCULAR	0.55	1
167	172	171	146.23	0.011	32.90	32.30	CIRCULAR	0.71	1
168	171	170	249.61	0.011	30.80	29.80	CIRCULAR	0.80	1
169	170	30	196.49	0.011	28.80	28.00	CIRCULAR	0.90	1
170	167	168	183.65	0.011	29.30	28.80	CIRCULAR	0.71	1
171	168	169	190.91	0.011	28.80	28.20	CIRCULAR	0.80	1
172	169	30	51.60	0.011	28.20	28.00	CIRCULAR	0.80	1
173	178	177	194.22	0.011	33.80	33.00	CIRCULAR	0.55	1
174	177	176	252.99	0.011	31.50	30.40	CIRCULAR	0.71	1
175	176	175	201.96	0.011	28.90	28.00	CIRCULAR	0.80	1
176	175	31	165.12	0.011	27.50	26.90	CIRCULAR	0.90	1
177	181	180	173.27	0.011	25.91	25.41	CIRCULAR	0.50	1



ID Tubería	ID Pozo de Entrada	ID Pozo de Salida	Longitud	Coefficiente de Rugosidad de Manning	Desnivel de Entrada	Desnivel de Salida	Geometría	Diámetro	Numero de Colectores en Paralelo
178	179	180	97.18	0.011	25.91	25.41	CIRCULAR	0.30	1
179	180	15	268.77	0.011	25.00	24.00	CIRCULAR	0.71	1
180	N-126	109	84.94	0.011	54.30	54.00	CIRCULAR	0.80	1
182	10	DEP-1	1.00	0.013	38.30	38.30	CIRCULAR	1.80	2
L-1	N-2	N-1	59.30	0.013	30.16	29.83	CIRCULAR	1.80	1
L-2	11	N-2	59.30	0.013	32.00	31.70	CIRCULAR	1.80	1
L-6	N-4	14	1.00	0.013	20.70	20.70	CIRCULAR	2.00	1
L-8	84	N-6	192.02	0.011	41.75	41.10	CIRCULAR	1.20	2
L-9	N-9	N-8	103.57	0.011	45.70	45.40	CIRCULAR	1.20	2
L-10	N-10	N-9	103.57	0.011	47.50	47.20	CIRCULAR	1.20	2
L-11	77	N-10	103.57	0.011	49.50	49.20	CIRCULAR	1.20	2
L-12	78	N-11	70.62	0.011	53.00	52.75	CIRCULAR	0.90	1
L-13	79	N-12	77.47	0.011	56.65	56.30	CIRCULAR	0.80	1
L-14	80	N-13	46.68	0.011	60.25	60.00	CIRCULAR	0.71	1
L-15	81	N-14	75.69	0.011	63.95	63.60	CIRCULAR	0.71	1
L-16	N-16	N-15	54.90	0.011	67.43	67.20	CIRCULAR	0.63	1
L-17	N-17	N-16	54.90	0.011	69.13	68.90	CIRCULAR	0.63	1
L-18	82	N-17	54.90	0.011	70.83	70.60	CIRCULAR	0.63	1
L-19	N-19	N-18	54.31	0.011	74.25	74.00	CIRCULAR	0.45	1
L-20	N-20	N-19	54.31	0.011	76.00	75.75	CIRCULAR	0.45	1
L-21	83	N-20	54.31	0.011	77.75	77.50	CIRCULAR	0.45	1
L-22	N-22	N-21	54.33	0.011	53.00	52.75	CIRCULAR	0.90	2
L-23	N-23	N-22	54.33	0.011	54.75	54.50	CIRCULAR	0.90	2
L-24	70	N-23	54.33	0.011	56.50	56.25	CIRCULAR	0.90	2
L-25	72	N-24	45.92	0.011	61.70	61.50	CIRCULAR	0.80	1
L-26	N-26	N-25	53.51	0.011	65.30	65.00	CIRCULAR	0.71	1
L-27	N-27	N-26	53.51	0.011	67.10	66.80	CIRCULAR	0.71	1
L-28	73	N-27	53.51	0.011	68.90	68.60	CIRCULAR	0.71	1
L-29	N-29	N-28	54.64	0.011	72.50	72.20	CIRCULAR	0.63	1
L-30	N-30	N-29	54.64	0.011	74.30	74.00	CIRCULAR	0.63	1
L-31	74	N-30	54.64	0.011	76.10	75.80	CIRCULAR	0.63	1
L-32	N-32	N-31	42.85	0.011	77.70	77.50	CIRCULAR	0.55	1
L-33	N-33	N-32	42.85	0.011	78.90	78.70	CIRCULAR	0.55	1
L-34	N-34	N-33	42.85	0.011	80.10	79.90	CIRCULAR	0.55	1
L-35	75	N-34	42.85	0.011	81.60	81.40	CIRCULAR	0.55	1
L-36	N-36	N-35	51.98	0.011	60.00	59.75	CIRCULAR	0.90	1
L-37	N-37	N-36	51.98	0.011	61.75	61.50	CIRCULAR	0.90	1



ID Tubería	ID Pozo de Entrada	ID Pozo de Salida	Longitud	Coefficiente de Rugosidad de Manning	Desnivel de Entrada	Desnivel de Salida	Geometría	Diámetro	Numero de Colectores en Paralelo
L-38	67	N-37	51.98	0.011	63.50	63.25	CIRCULAR	0.90	1
L-39	N-39	N-38	53.05	0.011	66.90	66.70	CIRCULAR	0.71	1
L-40	N-40	N-39	53.05	0.011	68.30	68.10	CIRCULAR	0.71	1
L-41	N-41	N-40	53.05	0.011	70.00	69.80	CIRCULAR	0.71	1
L-42	68	N-41	53.05	0.011	71.70	71.50	CIRCULAR	0.71	1
L-43	N-43	N-42	52.49	0.011	67.00	66.75	CIRCULAR	0.63	1
L-44	66	N-43	52.49	0.011	68.75	68.50	CIRCULAR	0.63	1
L-45	85	N-44	103.88	0.011	50.40	49.90	CIRCULAR	0.45	1
L-46	88	N-45	115.14	0.011	48.40	47.80	CIRCULAR	0.45	1
L-47	90	N-46	115.22	0.011	46.00	45.55	CIRCULAR	0.63	1
L-48	7	N-47	121.23	0.011	44.50	44.10	CIRCULAR	1.50	2
L-49	6	N-48	78.05	0.011	48.20	47.95	CIRCULAR	1.50	2
L-50	51	N-49	114.40	0.011	61.00	60.50	CIRCULAR	0.63	1
L-51	50	N-50	107.02	0.011	65.00	64.50	CIRCULAR	0.45	1
L-52	54	N-51	110.82	0.011	59.35	58.90	CIRCULAR	0.63	1
L-53	53	N-52	105.91	0.011	63.20	62.80	CIRCULAR	0.45	1
L-54	56	N-54	112.51	0.011	61.95	61.40	CIRCULAR	0.35	1
L-55	57	N-53	101.42	0.011	57.70	57.30	CIRCULAR	0.50	1
L-56	60	N-55	104.66	0.011	55.95	55.50	CIRCULAR	0.50	1
L-57	61	N-56	99.36	0.011	59.80	59.40	CIRCULAR	0.40	1
L-58	63	N-57	119.96	0.011	54.35	53.90	CIRCULAR	0.63	1
L-59	N-60	64	43.71	0.011	62.18	62.00	CIRCULAR	0.50	1
L-60	N-58	N-59	43.71	0.011	57.77	57.60	CIRCULAR	0.50	1
L-61	N-60	N-58	43.71	0.011	60.47	60.30	CIRCULAR	0.50	1
L-62	N-62	N-61	79.23	0.011	52.00	51.75	CIRCULAR	1.50	1
L-63	N-63	N-62	79.23	0.011	53.90	53.65	CIRCULAR	1.50	1
L-64	5	N-63	79.23	0.011	55.80	55.55	CIRCULAR	1.50	1
L-65	N-65	N-64	79.92	0.011	59.40	59.20	CIRCULAR	1.50	1
L-66	4	N-65	79.92	0.011	61.20	61.00	CIRCULAR	1.50	1
L-67	N-67	N-66	69.26	0.011	65.15	64.85	CIRCULAR	1.20	1
L-68	3	N-67	69.26	0.011	67.15	66.85	CIRCULAR	1.20	1
L-69	N-69	N-68	66.48	0.011	70.86	70.53	CIRCULAR	0.71	1
L-70	N-70	N-69	66.48	0.011	72.73	72.40	CIRCULAR	0.71	1
L-71	2	N-70	66.48	0.011	74.63	74.30	CIRCULAR	0.71	1
L-72	N-72	N-71	57.10	0.011	78.10	77.90	CIRCULAR	0.35	1
L-73	1	N-72	57.10	0.011	79.80	79.60	CIRCULAR	0.35	1
L-74	N-74	N-73	22.90	0.011	75.90	75.80	CIRCULAR	0.63	1



ID Tubería	ID Pozo de Entrada	ID Pozo de Salida	Longitud	Coefficiente de Rugosidad de Manning	Desnivel de Entrada	Desnivel de Salida	Geometría	Diámetro	Numero de Colectores en Paralelo
L-75	35	N-74	22.90	0.011	76.50	76.40	CIRCULAR	0.63	1
L-76	34	N-75	88.38	0.011	80.30	79.90	CIRCULAR	0.40	1
L-77	44	N-77	72.10	0.011	70.80	70.40	CIRCULAR	1.00	1
L-78	45	N-78	83.93	0.011	74.60	74.20	CIRCULAR	0.50	1
L-79	46	N-79	85.12	0.011	79.40	79.00	CIRCULAR	0.35	1
L-80	41	N-80	58.91	0.011	74.50	74.15	CIRCULAR	0.90	1
L-81	38	N-85	55.78	0.011	77.20	76.85	CIRCULAR	0.80	1
L-82	N-87	N-86	77.22	0.011	46.10	45.75	CIRCULAR	0.40	1
L-83	116	N-87	77.22	0.011	47.95	47.60	CIRCULAR	0.40	1
L-84	N-89	N-88	84.29	0.011	43.90	43.60	CIRCULAR	0.50	1
L-85	117	N-89	84.29	0.011	45.70	45.40	CIRCULAR	0.50	1
L-86	122	N-92	71.27	0.011	41.05	40.70	CIRCULAR	0.55	1
L-87	N-91	N-90	41.31	0.011	44.60	44.40	CIRCULAR	0.45	1
L-88	123	N-91	41.31	0.011	46.30	46.10	CIRCULAR	0.45	1
L-89	146	N-93	89.47	0.011	39.50	39.25	CIRCULAR	1.20	1
L-90	132	N-94	83.78	0.011	46.80	46.50	CIRCULAR	0.71	1
L-91	131	N-95	54.70	0.011	50.40	50.10	CIRCULAR	0.55	1
L-92	N-97	N-96	54.06	0.011	50.00	49.80	CIRCULAR	0.80	1
L-93	136	N-97	54.06	0.011	51.70	51.50	CIRCULAR	0.80	1
L-94	N-99	N-98	65.21	0.011	48.55	48.30	CIRCULAR	0.90	1
L-95	140	N-99	65.21	0.011	50.30	50.05	CIRCULAR	0.90	1
L-96	141	N-100	46.88	0.011	53.50	53.40	CIRCULAR	0.80	1
L-97	N-102	N-101	45.63	0.011	56.90	56.70	CIRCULAR	0.71	1
L-98	N-103	N-102	45.63	0.011	58.60	58.40	CIRCULAR	0.71	1
L-99	142	N-103	45.63	0.011	60.30	60.10	CIRCULAR	0.71	1
L-100	143	N-104	73.68	0.011	63.90	63.60	CIRCULAR	0.63	1
L-101	N-106	N-105	46.63	0.011	67.30	67.10	CIRCULAR	0.50	1
L-102	144	N-106	46.63	0.011	69.00	68.80	CIRCULAR	0.50	1
L-103	N-108	N-107	107.43	0.011	50.00	49.50	CIRCULAR	0.71	1
L-104	N-111	N-108	107.43	0.011	52.00	51.50	CIRCULAR	0.71	1
L-106	101	N-110	94.27	0.011	59.70	59.30	CIRCULAR	0.55	1
L-107	N-110	N-109	94.27	0.011	57.80	57.40	CIRCULAR	0.55	1
L-108	102	N-111	107.43	0.011	54.00	53.50	CIRCULAR	0.71	1
L-109	N-113	N-112	107.31	0.011	49.10	48.60	CIRCULAR	0.80	1
L-110	N-114	N-113	107.31	0.011	51.10	50.60	CIRCULAR	0.80	1
L-111	104	N-114	107.31	0.011	53.10	52.60	CIRCULAR	0.80	1
L-112	N-116	N-115	133.75	0.011	57.40	56.80	CIRCULAR	0.63	1



ID Tubería	ID Pozo de Entrada	ID Pozo de Salida	Longitud	Coefficiente de Rugosidad de Manning	Desnivel de Entrada	Desnivel de Salida	Geometría	Diámetro	Numero de Colectores en Paralelo
L-113	103	N-116	133.75	0.011	59.50	58.90	CIRCULAR	0.63	1
L-114	N-118	N-117	104.04	0.011	47.70	47.35	CIRCULAR	1.20	1
L-115	N-119	N-118	104.04	0.011	49.70	49.35	CIRCULAR	1.20	1
L-116	106	N-119	104.04	0.011	51.70	51.35	CIRCULAR	1.20	1
L-117	N-123	N-124	58.22	0.011	55.20	55.00	CIRCULAR	0.63	1
L-118	N-122	N-123	58.22	0.011	57.00	56.80	CIRCULAR	0.63	1
L-119	N-125	N-122	58.22	0.011	58.80	58.60	CIRCULAR	0.63	1
L-120	N-120	N-121	58.22	0.011	62.30	62.10	CIRCULAR	0.63	1
L-121	105	N-120	58.22	0.011	64.10	63.90	CIRCULAR	0.63	1
L-122	N-121	N-125	58.22	0.011	60.50	60.30	CIRCULAR	0.63	1
L-123	N-127	N-126	84.94	0.011	56.10	55.80	CIRCULAR	0.80	1
L-124	108	N-127	84.94	0.011	57.90	57.60	CIRCULAR	0.80	1
L-125	N-129	N-128	39.75	0.011	61.10	61.00	CIRCULAR	0.63	1
L-126	N-131	N-129	39.75	0.011	62.70	62.60	CIRCULAR	0.63	1
L-127	N-130	N-131	39.75	0.011	64.30	64.20	CIRCULAR	0.63	1
L-128	107	N-130	39.75	0.011	65.90	65.80	CIRCULAR	0.63	1

## 7.8. ANEXO 8. NORMATIVA COLOMBIANA (REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO).

**REPÚBLICA DE COLOMBIA**  
**MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO**  
**Dirección General de Agua Potable y Saneamiento Básico**

**DOCUMENTACIÓN TÉCNICO NORMATIVA DEL SECTOR DE AGUA  
POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO:**

1. Resolución No. 1096/2000 de Noviembre de 2000, por la cual se adopta el Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico
2. **SECCIÓN I, TITULO A:** Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable Y Saneamiento Básico -Revisión 1
3. **SECCIÓN II, TITULOS B, C, D, E, F, G.** Conteniendo los Manuales de Prácticas de Ingeniería para:
  - Acueductos
  - Potabilización
  - Alcantarillados
  - Tratamiento de aguas residuales
  - Aseo urbano
  - Aspectos complementarios de construcción de obras civiles
4. **SECCIÓN III, TITULO H:** Compendio de la Normatividad Técnica Y Jurídica
5. Guías Facilitadoras para Elaboración de Proyectos

  
MinDesarrollo  
Ministerio del Desarrollo Económico

SANTAFÉ DE BOGOTÁ D.C. NOVIEMBRE DE 2000