

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE BOLÍVAR  
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DEL CAUCE DEL RIO BUENA VISTA, EN EL TRAMO  
COMPRENDIDO A LO LARGO DE LA COMUNIDAD BOLIVAR 2.000,  
SECTOR MENCA DE LEONI, PARROQUIA SABANITA, CIUDAD  
BOLÍVAR, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO DEL ESTADO  
BOLÍVAR.**

**TRABAJO FINAL DE GRADO  
PRESENTADO POR LOS  
BACHILLERES GUEVARA R  
JUNIOR J, Y HERNANDEZ S EVIXY  
G. PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL.**

**CIUDAD BOLÍVAR, JUNIO DE 2023**



## HOJA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado, titulado **“EVALUACIÓN DEL CAUCE DEL RIO BUENA VISTA, EN EL TRAMO COMPRENDIDO A LO LARGO DE LA COMUNIDAD BOLIVAR 2.000, SECTOR MENCA DE LEONI, PARROQUIA SABANITA, CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO DEL ESTADO BOLÍVAR”**, presentado por los bachilleres **JUNIOR JESUS GUEVARA ROCHA Y EVIXY GABRIELA HERNANDEZ SIFONTES**, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombres:

Firmas:

Enylus Rondón

\_\_\_\_\_  
(Asesor Académico)

Orlando Guevara

\_\_\_\_\_  
(Jurado)

Beatriz Echeverría

\_\_\_\_\_  
(Jurado)

\_\_\_\_\_  
Profesor  
Jefe Departamento Ingeniería Civil

Ciudad Bolívar, junio de 2023

## **DEDICATORIA**

A Dios Todopoderoso, por escucharme a través de cada una de mis oraciones en esos momentos de ansiedad y angustia donde pensaba no iba a poder lograrlo.

A mis amados padres Lizeth y Raúl, por su inmenso apoyo en todas las maneras que les fue posible, por cada esfuerzo, es un honor dedicarles dicho presente.

A mi familia, por cada momento en el cual me aportaron cada ayuda para lograr mis estudios.

A mis profesores y profesoras, por esos consejos, enseñanzas, experiencias y conocimientos, que me permitirán ser un buen profesional.

A mis compañeros y compañeras de estudio, por cada momento en que nos reunimos para poder realizar con éxito nuestras actividades académicas.

**Junior Guevara**

## DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada primeramente a Dios, el ser supremo que hace todo posible; ya que gracias a Él he logrado concluir mi carrera, que a pesar de los obstáculos que se me presentaron a lo largo de este camino pude finalizarla. Él ha sido mi ayuda y mi soporte.

A mis padres especialmente a mi mamá Dunia Sifontes, porque estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona. Madre amada, tu bendición a diario a lo largo de mi vida fue y seguirá siendo el sostén de cada éxito obtenido pues este logro también es tuyo. ¡TE AMO MAMÁ!

A mi esposo Denny Maita, quién ha tenido la paciencia para soportarme en mis momentos más difíciles de mi carrera, a pesar de los momentos duros que hemos pasado, has estado brindándome tu comprensión, tu cariño y tu amor. Tu ayuda ha sido fundamental para mí, este proyecto no fue fácil, pero estuviste motivándome y ayudándome hasta donde tus alcances lo permitían. Este logro es de ambos pues de aquí en adelante nuestro futuro será mejor.

A mis hijas Hadasa y Victoria, mi mayor bendición, han sido mi motor y mi motivación. Cuando estuve a punto de rendirme solo pensaba en ustedes y sacaba fuerzas de donde no tenía para seguir adelante, esto es por y para ustedes.

A mis hermanas, Dunia y Adzel, cada una de ellas han aportado a mi vida muy sabios consejos que he tomado para la construcción de mi vida profesional y aún secular, las amo infinitamente.

A mis tíos, especialmente Freddy y José Luis Sifontes, pues ellos han sido parte de este hermoso recorrido, siempre apoyándome en sus consejos y aun económicamente

Y por último, dedico este logro a mis sobrinas para que tengan una fuente de inspiración y superación, que con constancia y dedicación sí se pueden lograr las metas.

**Evixy Hernández**

## **AGRADECIMIENTOS**

Principalmente, a Dios Padre, por cada bendición a lo largo de estos años. A mis padres, que a la vez son mis mejores amigos, por todo su amor incondicional, apoyo y esfuerzo.

A mi prima Alejandra, por sus aportes académicos, por ser una buena imagen hacia lo que mi persona también podría lograr. A mi tío Leonel, por facilitarme los medios para realizar mis investigaciones.

A las señoras Lucila y Graciela (que en paz descansen), por abrirme las puertas de su casa y darme todas las atenciones que les fueron posible. A mis compañeros de estudio, por cada oportunidad y experiencias vividas dentro y fuera de la institución.

A la Universidad de Oriente, por albergarme en sus instalaciones durante estos largos años, por seguir adelante pese a todas las dificultades. A cada uno de ustedes, muchas gracias y bendiciones.

**Junior Guevara**

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente doy gracias a mi Padre Celestial por permitirme finalizar esta carrera, sin su ayuda y sin su sabiduría no lo hubiera logrado. Él ha sido la lumbrera en mi camino, quién me ha dado las fuerzas aun cuando las mías desfallecen, *“el que me sostiene de su mano derecha y me dice no temas yo te ayudo”* Isaías 41:13. Gracias Dios, porque sin ti nada soy.

Quiero agradecer a mis padres, Adelis Hernández y Dunia Sifontes por apoyarme en todo momento, me formaron con valores y sentaron en mí las bases de responsabilidad. Mamá eres mi inspiración y como tú luché hasta el final para lograr este objetivo. Desde mis inicios y hasta hoy agradezco tu paciencia.

Gracias a mi esposo Denny Maita, me ayuda idónea, por todos estos años a mi lado, por su paciencia y por el amor que me has brindado desde que inicié este recorrido.

Gracias a mis hijas Hadasa y Victoria, por su amor y su tolerancia, pues por ese amor, cedieron un poquito de su tiempo para que “mamá estudie” y aquí ya se están viendo los frutos de ese sacrificio.

Quiero agradecer a mis hermanas, a mis tíos y a toda mi familia porque cada uno ha sido parte de esta cosecha llamada carrera. Los amo mucho.

Agradezco también a mi sobrina Rebeca por la ayuda brindada al cuidar a sus primitas Hadasa y Victoria cuando me ha tocado viajar a cumplir con mis responsabilidades universitarias.

Y quiero hacer un agradecimiento muy especial a mi UNIVERSIDAD DE ORIENTE, la casa más alta, que ha abierto sus puertas para hacer realidad mi sueño

de ser Ingeniero Civil. En este tiempo no te encuentras en tu mejor momento, pero confío en que Dios volverá a levantar tus cimientos y volverás a brillar como la mejor casa de estudio. ¡Gracias infinitas!

**Evixy Hernández**

## RESUMEN

El propósito del presente trabajo de grado presentado a la Universidad de Oriente consiste realizar la evaluación del cauce del río Buena Vista, en el tramo comprendido a lo largo de la Comunidad Bolívar 2.000, sector Menca de Leoni, Parroquia Sabanita, Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco, Estado Bolívar. Encontrándose en este tramo varios puntos con los bordes del cauce derrumbados lo cual es el objeto sobre el cual se enfoca la investigación, por presentarse la problemática de erosión que repercute en el ensanchamiento de la sección del cauce del río en este tramo, y que afecta a la comunidad del sector. La investigación se basó en información obtenida a través de mapas satelitales (Infraworks), aplicando la observación directa a la zona en estudio para conocer su problemática. Se estudiaron además las características morfométricas de la cuenca urbana estudiada. Se estimaron los tiempo de concentración y se utilizaron las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF), para Ciudad Bolívar, estimadas en el Manual de Drenajes, con el fin de obtener, los valores de Intensidad máxima necesarios para el cálculo de los caudales que drenarán sobre la cuenca. Los métodos para la estimación del caudal fueron el Método Racional, Método de Chow y el Método del Hidrógrafa Triangular. Los valores finales de cada método fueron comparados entre sí para establecer el valor más razonable, el cual se consideró utilizar el promedio de los tres. Posteriormente se realiza la modelación hidráulica del tramo de estudio mediante HEC RAS, lo cual permite obtener valores para todas las variables hidráulicas de interés.

# CONTENIDO

	Página
HOJA DE APROBACIÓN .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	vi
RESUMEN .....	vii
CONTENIDO .....	x
LISTA DE TABLAS .....	xiv
LISTA DE FIGURAS .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I (SITUACION A INVESTIGAR) .....	3
1.1 Planteamiento del problema .....	3
1.2 Objetivos de la investigación .....	6
1.2.1 Objetivo general .....	6
1.2.2 Objetivos específicos .....	6
1.3 Justificación de la investigación .....	6
1.4 Alcance de la investigación .....	7
CAPÍTULO II (GENERALIDADES) .....	10
2.1 Ubicación geográfica del área en estudio .....	10
2.2 Acceso al área de estudio. ....	13
2.3 Características del medio físico-natural .....	14
2.3.1 Geomorfología .....	14
2.3.2 Clima .....	14
2.3.2.1 Precipitación. ....	15
2.3.2.2 Evaporación. ....	15
2.3.2.3 Temperatura media del aire. ....	16
2.3.2.4 Radiación solar media. ....	16
2.3.2.5 Humedad relativa media. ....	16
2.3.2.6 Velocidad media del viento. ....	16

2.3.3 Vegetación .....	16
2.3.4 Hidrografía.....	17
2.3.5 Geología .....	18
2.3.5.1 Suelos. ....	18
2.3.5.2 Formación mesa. ....	18
 CAPÍTULO III (MARCO TEORICO) .....	 20
3.1 Antecedentes o estudios previos .....	20
3.2 Bases Teóricas .....	21
3.2.1 Ciclo Hidrológico.....	21
3.2.2 Cuenca hidrológica.....	22
3.2.2.1 Parámetros morfométricos de las cuencas .....	22
3.2.3 Determinación del gasto contribuyente de la cuenca .....	28
3.2.3.1 Curvas de intensidad, duración y frecuencia (IDF).....	29
3.2.3.2 Intensidad.....	29
3.2.3.3 Duración .....	29
3.2.3.4 Frecuencia (período de retorno).....	30
3.2.4 Determinación del gasto de diseño .....	31
3.2.4.1 Método Racional .....	31
3.2.4.2 Método del hidrograma triangular.....	32
3.2.4.3 Método de Ven Te Chow.....	34
3.2.5 Coeficiente de escorrentía.....	36
3.2.6 Cauces naturales.....	37
3.2.6.1 Variables que intervienen en la determinación de caudales de cuencas. .....	38
3.2.7 Modelación matemática en HEC RAS .....	42
3.2.7.1 Características del modelo HEC-RAS .....	44
3.2.7.2 Rugosidad de manning .....	45
 CAPITULO IV (METODOLOGÍA DE TRABAJO).....	 47

4.1 Nivel de la investigación.....	<b>47</b>
4.1.1 Descriptiva .....	47
4.2 Diseño de la investigación.....	<b>48</b>
4.2.1 De campo.....	48
4.2.2 Documental.....	48
4.3 Población de la investigación.....	<b>49</b>
4.4 Muestra de la investigación.....	<b>49</b>
4.5 Fases de la Ejecución del Proyecto.....	<b>50</b>
4.5.1 Fase I: Planeación del trabajo .....	50
4.5.2 Fase II: trabajo de campo .....	50
4.5.3 Fase III: procesamiento, análisis de la información y resultados .....	50
4.5.4 Fase IV: alternativas de solución, conclusiones y recomendaciones .....	51
4.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	<b>51</b>
4.6.1 Técnicas de Recolección de Datos.....	51
4.6.1.1 La observación directa.....	52
4.6.1.2 Revisión bibliográfica .....	52
4.6.1.3 Entrevista no estructurada.....	53
4.6.2 Instrumentos de Recolección de datos .....	53
 CAPÍTULO V (ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS) .....	 <b>55</b>
5.1 Establecer el área y los parámetros morfométricos de la cuenca ubicada en la Comunidad Bolívar 2.000. ....	55
5.1.1 Área de la cuenca .....	55
5.1.2 Perímetro de la cuenca.....	56
5.1.3 Pendiente media del cauce principal .....	56
5.1.4 Pendiente media de la cuenca .....	57
5.1.5 Factor de escorrentía ponderado de la cuenca .....	58
5.1.6 Período de retorno .....	59
5.2 Determinar el caudal máximo de diseño para el período de retorno considerado.....	59
5.2.1 Determinación del tiempo de concentración .....	59
5.2.2 Determinación de la intensidad de lluvia. ....	60
5.2.3 Determinación de los caudales de diseño .....	60
5.2.3.1 Método Racional .....	60
5.2.3.2 Método del Hidrograma Triangular .....	61
5.2.3.3 Método de Chow Longitud del cauce principal: .....	62

5.3 Evaluar las diferentes variables hidráulicas del sistema. ....	63
5.3.1 Modelación Hidráulica Con Hec-Ras.....	63
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	72
Conclusiones .....	72
Recomendaciones .....	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74

## LISTA DE TABLAS

2.1	Coordenadas UTM de localización área de estudio .....	13
3.1	Tiempo de Retardo Tl para diferentes Tc en cuencas de Venezuela (González, 2003). .....	33
3.2	Coefficientes de escorrentía (Arocha, 1983).....	39
5.1	Cálculo del Coeficiente de escorrentía ponderado .....	58

## LISTA DE FIGURAS

2.1	Ubicación geográfica del área en estudio.....	11
2.2	Ubicación geográfica del área en estudio.....	11
2.3	Ubicación geográfica del área en estudio.....	12
2.4	Canal superficial que descarga en el sistema de alcantarillas .....	12
2.5	Sitio de descarga aguas debajo de las alcantarillas.....	13
2.6	Mapa de las provincias geológicas del Escudo de Guayana destacando la Provincia Geológica de Imataca.....	14
3.1	Ciclo Hidrológico (Tomado de Aparicio 1992).....	21
3.2	Cuenca Hidrológica. Tomado de Francisco Aparicio (1992).....	22
3.3	Hidrograma de forma triangular (Gonzales, 2003). .....	34
3.4	Gráfico para obtener el Factor de Reducción de Pico (Z)(González, 2003). (Corregido por los autores) .....	36
3.5	Criterios y valores numéricos para la ecuación de Cowan.....	46
5.1	Area de la cuenca .....	55
5.2	Informacion de geometría de la cuenca.....	56
5.3	Pendiente media de la cuenca .....	57
5.4	Curvas IDF Región de Guayana (Manual de Drenaje) .....	60
5.5	Área de inundación. ....	64
5.6	Seccion de rio, progresiva 0 mts. ....	65
5.7	Seccion de rio, progresiva 10 mts. ....	65
5.8	Seccion de rio, progresiva 20 mts. ....	66
5.9	Seccion de rio, progresiva 30 mts. ....	66
5.10	Seccion de rio, progresiva 40 mts. ....	67
5.11	Seccion de rio, progresiva 50 mts. ....	67
5.12	Seccion de rio, progresiva 60 mts. ....	68
5.13	Seccion de rio, progresiva 70 mts. ....	68
5.14	Seccion de rio, progresiva 80 mts. ....	69
5.15	Seccion de rio, progresiva 90 mts. ....	69
5.16	Seccion de rio, progresiva 100 mts. ....	70
5.17	Perfil longitudinal del tramo. ....	70
5.18	Resultados de modelación hidráulica del tramo.. ....	71

## INTRODUCCIÓN

En Ciudad Bolívar, los suelos se encuentran constituidos por arenas limo arcillosas de la formación mesa, los cuales son susceptibles a la acción de las aguas de escorrentía, lo cual ha llegado a formar cárcavas de gran extensión, por lo que se considera necesario evaluar las áreas susceptibles de manera de monitorear constantemente su avance, para que nos permita tomar correctivos a tiempo. Esto genera desde la interrupción de las actividades cotidianas en sus alrededores, hasta la pérdida de hogares poniendo en peligro la vida misma de los habitantes de los sectores cercanos a este tipo de espacios, por lo que es necesario pensar en aplicar medidas preventivas y correctivas a las estructuras naturales que encausan las aguas de lluvia, para lo cual se deben evaluar todos los componentes que lo conforman.

En Ciudad Bolívar, es importante conocer el estado actual de los principales cauces de agua de manera que nos permita conocer las posibles afecciones que presenta, de manera de evitar que ocurra un súbito desgaste de sus bordes, que nos permita programar planes de mitigación a corto, mediano y largo plazo.

De esta forma, se enfoca esta investigación al río Buena Vista, en el tramo comprendido a lo largo de la Comunidad Bolívar 2.000, sector Menca de Leoni, Parroquia Sabanita, Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco, Estado Bolívar

El problema se hace más complejo aún, debido a la falta de programas de inversión, así como información cierta sobre los proyectos de control de erosión existentes. Sobre todo si se destaca el hecho de que las autoridades competentes son hasta cierto punto indiferentes ante esta situación, que de no atacarse a tiempo, se

corre el riesgo de daños que significarían altos costes económicos y hasta la pérdida de vidas humanas.

La investigación comprende las siguientes fases para la averiguación de la naturaleza del problema y la propuesta para su solución:

Capítulo I. Situación a investigar: se plantea la problemática del tramo del río cuyo borde cedió el pasado mes de octubre ante la presencia de lluvias intensas, en el tramo comprendido a lo largo de la Comunidad Bolívar 2.000, sector Menca de Leoni, Parroquia Sabanita, Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco, Estado Bolívar. Debido a la importancia que tiene el sistema de alcantarillado transversal para garantizar la buena comunicación terrestre entre los diferentes sectores de la ciudad, los cuales en los últimos años se han visto afectados por falta de una política de mantenimiento. Se mencionan además, los objetivos de la investigación, justificación y alcance de la investigación.

Capítulo II. Generalidades: describe la ubicación y acceso al área de estudio, además de las generalidades climáticas, geológicas e hidrológicas de la ciudad, y que reflejan la naturaleza de la zona en estudio.

Capítulo III. Marco teórico: menciona los antecedentes de la investigación, y establece las bases teóricas necesarias para comprender el procedimiento técnico a utilizarse para la estimación de los parámetros de diseño de los sistemas de alcantarillados de recolección, transporte y disposición de las aguas de lluvia en la zona a estudiar, y la determinación de los caudal máximo de diseño a considerar para cuantificar los elementos actuantes en la problemática planteada.

# CAPÍTULO I

## SITUACIÓN A INVESTIGAR

### 1.1 Planteamiento del problema

La ruta a seguir por cada partícula de agua de escorrentía en su trayecto desde que toca la superficie hasta su sitio de disposición final, está definido por variables topográficas, estableciéndose de este modo el trazo de los ríos, riachuelos, arroyos, etc. Sin embargo es bien conocida la influencia del agua como un agente modificador de la topografía, induciendo variaciones en esta en el transcurso del tiempo, lo que hace la relación entre estas dos variables mucho más íntimas, lo que da como resultado que las zonas próximas a cauces de agua sean mucho más susceptibles a cambios que otras más distantes.

Las modificaciones sufridas en las cauces de los ríos a lo largo del tiempo es un hecho natural y responde múltiples variables, tanto hidrológicas, hidráulicas, geológicas, accidentales, entre otras. Muchas veces estos cambios ocurren sin generar influencia para el humano, cuando ocurren en cauces distantes, caso contrario se da cuando el cuerpo de agua pasa alrededor o a través de centros poblados donde se hace necesario monitorizar su comportamiento a fin de mantenerlo controlado.

Un caso especial se da cuando sectores populares en búsqueda de satisfacer sus necesidades de vivienda, se asientan en las proximidades de ríos, a tal punto de en ocasiones incursionar dentro de su rango de acción, haciéndolos indudablemente vulnerables a cualquier eventualidad en dicha zona a causa del cuerpo de agua.

En función de lo anterior se hace necesario, en primera instancia evitar que se den asentamientos humanos en riveras de ríos, de no ser posible esto se ameritará

aplicar una serie de procedimientos de ingeniería que tendrán como objetivo salvaguardar a la comunidad disminuyendo el efecto negativo de estos agentes naturales sobre la población, para esto se parte del pleno conocimiento de las variables hidrológicas de dicho cuerpo de agua, lo cual servirá de base para las posteriores determinaciones de ingeniería.

En el mes de octubre de 2022 en la localidad de Ciudad Bolívar fueron registradas una serie de precipitaciones poseedoras de una intensidad superior a las usuales en la zona, estas fueron producto de la acción de varias ondas tropicales que golpearon la región según informes del INAMEH. Las consecuencias de estas lluvias torrenciales fueron diversas, desde desraizamiento de árboles, caídas de puentes, hundimientos locales en pavimento hasta la modificación de cauces de ríos, como fue el caso del río Buena Vista

Más específicamente en el tramo que pasa a través de la comunidad bolívar 2.000 la acción de estas precipitaciones se hizo sentir en gran medida, ya que por la acción del mayor cause que circulaba en el río Buena Vista este amplió sus límites, tocando directamente viviendas y otras zonas ocupadas por los locales. Un hecho resaltante fue el socavamiento local en un punto este del río correspondiente a un cambio de dirección, en él se puede apreciar como la erosión abarco alrededor de 5 metros, deteniéndose a mitad de la calle colindante, imposibilitando en tráfico y dejando al descubierto la boca de visita presente en esta. La erosión de las proximidades del cauce dejó en situación de vulnerabilidad a un total de 30 familias, presentando 15 de estas un estado de vulnerabilidad crítica

Analizando la situación antes descrita, se crea una serie de interrogantes que se hace importante responder: ¿Cuál es la situación actual que presenta el cauce del río Buena Vista, en el tramo comprendido a lo largo de la Comunidad Bolívar 2.000, sector Menca de Leoni, Parroquia Sabanita, Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco, Estado Bolívar, en Ciudad Bolívar? ¿Cuál es el caudal que aporta la

cuenca tributaria del rio Buena Vista en este punto? Y ¿Cuáles son las características hidráulicas que presentan el rio?

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo general**

Evaluar el cauce del río Buena Vista, en el tramo comprendido a lo largo de la Comunidad Bolívar 2.000, sector Menca de Leoni, Parroquia Sabanita, Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco, Estado Bolívar.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- 1.** Establecer el área y los parámetros morfométricos de la cuenca ubicada en la Comunidad Bolívar 2.000.
- 2.** Determinar el caudal máximo de diseño para el período de retorno considerado.
- 3.** Evaluar las diferentes variables hidráulicas del sistema.

## **1.3 Justificación de la investigación**

Los procesos erosivos son fenómenos completamente naturales y forman parte de los mecanismos de la naturaleza para equilibrarse, ahora bien cuando estos procesos amenazan el normal desenvolvimiento de la actividad humana se hace necesaria la implementación de una serie de medidas para paliar sus efectos, y precisamente el punto de partida para desarrollar cualquier medida es conocer en su totalidad las características hidrológicas de dicha fuente.

En la comunidad de estudio son más de 30 familias en constante estado de vulnerabilidad, las cuales requieren se inicien los estudios necesarios en función de

contrarrestar el avance del daño en sus viviendas a causa de este proceso. Adicional a esto la cotidianidad en general del sector se ha visto afectada por dicha situación que también ha tocado sus vías de comunicación, imposibilitándoles el desarrollo de sus actividades tal como lo conocían. Por lo que es imperante sumar esfuerzos en pro de esta causa.

#### **1.4 Alcance de la investigación**

Al realizar el análisis de la cuenca hidrográfica del río Buena Vista, en el tramo comprendido a lo largo de la Comunidad Bolívar 2.000, sector Menca de Leoni, Parroquia Sabanita, Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco, se determina el caudal máximo que escurre, permitiendo conocerlo y tenerlo presente para posteriores trabajos de investigación que propongan una solución definitiva..

Esto realza la importancia de un mantenimiento adecuado para no permitir que las riveras de este curso de agua colapsen totalmente para proceder a realizar la inversión necesaria en las labores preventivas y correctivas de este tipo de áreas que requieren especial atención por parte de los organismos competentes

Dentro del ámbito urbano, es necesario que organismos como la Alcaldía del Municipio Angostura del Orinoco y la Gobernación del Estado Bolívar fijaran a tiempo una posición sobre la solución a esta problemática que habitantes del sector y usuarios de la vía habían venido denunciando con antelación, de manera de garantizar su seguridad y todas sus actividades sin interrupciones.

## **CAPÍTULO II**

### **GENERALIDADES**

#### **2.1 Ubicación geográfica del área en estudio.**

Ciudad Bolívar es la capital del estado Bolívar, se encuentra ubicada en el municipio Angostura del Orinoco, cuya jurisdicción se encuentra conformada por nueve (9) parroquias, de las cuales seis (6) son urbanas y tres (3) rurales.

- Parroquias urbanas: Catedral, Vista Hermosa, Agua Salada, Sabanita, Marhuanta y José Antonio Páez.
  
- Parroquias rurales: Orinoco, Panapana y Zea.

En la parroquia Agua Salada, dentro del sistema de cárcavas activas de los ríos Buena Vista y Santa Bárbara, se encuentra la Urbanización el Perú, desde la cual existe la Carretera Troncal 19 hacia las poblaciones de Maripa y Caicara del Orinoco, siendo la principal entrada a la ciudad desde estas poblaciones, en la cual existe una pequeña cuenca drenada a través de un sistema de alcantarillado que en el mes julio colapsó, interrumpiendo el tránsito en la carretera troncal, el cual fue desviado a través de la zona industrial de Los Farallones, lo que permitió solventar tal contingencia.



*Figura 2.1 Ubicación geográfica del área en estudio.*



*Figura 2.2 Ubicación geográfica del área en estudio.*



*Figura 2.3 Ubicación geográfica del área en estudio.*



*Figura 2.4 Canal superficial que descarga en el sistema de alcantarillas*



*Figura 2.5 Sitio de descarga aguas debajo de las alcantarillas*

## **2.2 Acceso al área de estudio.**

El acceso al tramo de río Buena Vista se realiza desde el Este desde la Avenida Menca de Leoni, a la altura de Agro Patria en la parroquia La Sabanita. El área de estudio se encuentra ubicada en las coordenadas especificadas en la tabla 2.1, en la comunidad Bolívar 2000, parroquia Sabanita de Ciudad Bolívar, en el Municipio Angostura del Orinoco del estado Bolívar.

*Tabla 2.1 Coordenadas UTM de localización área de estudio*

<b>Punto</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
<b>Tramo de estudio</b>	Tramo Río Buena Vista, Comunidad Bolívar 2000	8.119957	-63.56538

## 2.3 Características del medio físico-natural

### 2.3.1 Geomorfología

El relieve del área de estudio se representa una depresión natural que constituye una zona de inundación del río Orinoco, y conforma un tipo de relieve de llanura o planicie aluvial sometida al régimen de inundación anual de este río. La misma está constituida por sedimentos del Reciente (Dirección de Ambiente de la Gobernación del estado Bolívar, 2006).

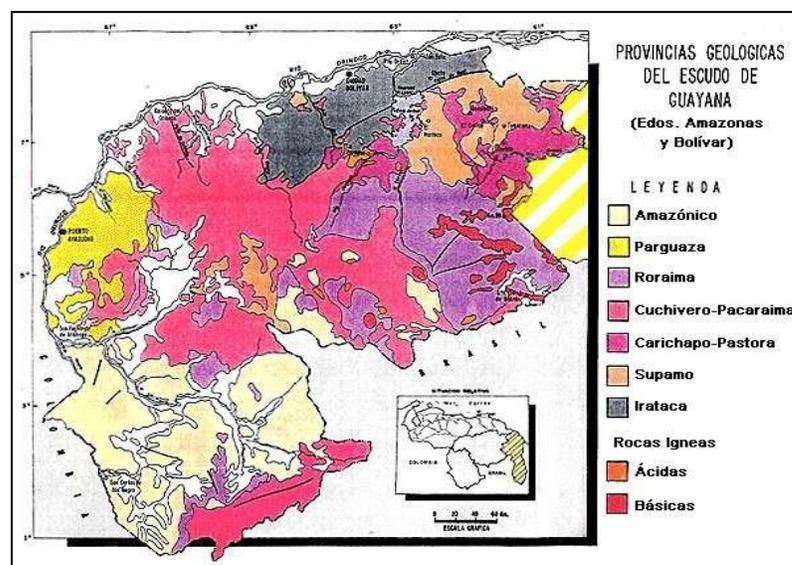


Figura 2.6 Mapa de las provincias geológicas del Escudo de Guayana destacando la Provincia Geológica de Imataca.

### 2.3.2 Clima

De acuerdo con la clasificación climática de Koeppen en el Estado Bolívar, están presentes los siguientes tipos de clima: el clima Af (clima de selva), el clima Am (clima tropical tipo monzónico) y el clima Aw (clima de sabanas). Ciudad

Bolívar se encuentra ubicada al Norte del paralelo 6°, por lo tanto en la zona con clima de sabanas, caracterizada por tener altas temperaturas todo el año; por una estación lluviosa (invierno) que domina desde mayo hasta noviembre, y otra de sequía (verano) que domina desde diciembre hasta abril. Ambas estaciones sufren variaciones en su régimen (MINFRA, 2006) (C.V.G Técnica Minera C.A, 1.991).

### **2.3.2.1 Precipitación.**

La distribución espacial de las precipitaciones varía sensiblemente de Este a Oeste y de Norte a Sur, y en general la pluviosidad aumenta a medida que se avanza al Sur y al Este. Al Norte existe una precipitación moderada desde Mayo a Septiembre; las lluvias más fuertes se presentan entre Junio y Julio, y van disminuyendo en intensidad hasta alcanzar la mínima entre Noviembre y Marzo.

El promedio de precipitación varía entre los 1.000 y 1.500 milímetros para la zona Norte y la Cuenca del Caroní; en la zona Sur el promedio varía entre los 2.000 y 2.800 milímetros. (MINFRA, 2006)

### **2.3.2.2 Evaporación.**

La media anual de evaporación para Ciudad Bolívar y sus alrededores se ubica en 137,27 mm, mientras que el total anual oscila alrededor de 1.647,19 mm. Los meses de Mayor evaporación van desde Enero hasta mayo con máximos durante Marzo (206,25 mm) y Abril (181,63 mm) debido a las altas temperaturas, la mayor cantidad de horas de brillo solar, la baja humedad relativa así como también al sensible aumento de la velocidad del viento. La evaporación registra su valor más bajo durante los meses que van desde Junio hasta Agosto, con mínimos en julio (88,88 mm) y Agosto (91,63 mm).

### **2.3.2.3 Temperatura media del aire.**

La media anual se estima en 27,6° C, la máxima anual en 28,5° C y la mínima anual en 26,7° C. El máximo principal ocurre en el mes de Abril (28,8° C), mientras que los valores mínimos de temperatura media se registran en los meses de Enero (26,7° C), Julio (26,8° C) y Diciembre (26,9° C).

### **2.3.2.4 Radiación solar media.**

El área de estudio recibe una radiación solar promedio anual equivalente a 16,1 Cal/cm<sup>2</sup>.min.

La radiación solar presenta una distribución bimodal en el año, con valores máximos en marzo (17,48 Cal/cm<sup>2</sup>.min), abril (17,40 Cal/cm<sup>2</sup>.min) y Septiembre (17,25 Cal/cm<sup>2</sup>.min) coincidiendo con las épocas de equinoccios de primavera y de otoño, respectivamente.

### **2.3.2.5 Humedad relativa media.**

La media anual se ubica en 78,3%. Los valores máximos de humedad relativa se presentan durante los meses de Junio (83,0%), Julio (83,8%) y Agosto (82,0%), es decir, durante los meses de mayor precipitación; mientras que los valores mínimos se alcanzan en la época de Febrero (75,2%), Marzo (71,8%) y Abril (71,4%).

### **2.3.2.6 Velocidad media del viento.**

La velocidad media anual predominante, determinada a 0,65 metros sobre el suelo, es de 12 Km/h y su dirección prevaleciente es en sentido Este-Noreste (ENE). La velocidad del viento es menor de Julio a Octubre, con mínimo en Agosto (8,0 Km/h), y se hace máxima durante el mes de Marzo (16,5 Km/h).

## **2.3.3 Vegetación**

De acuerdo con la clasificación ecológica por el método de Holdridge, el Estado Bolívar, corresponde a Bosques, asociados a la presencia de tierras bajas ubicadas por debajo de los 100 metros sobre el nivel del mar, en este caso representada por los bosques de galería ubicados en las márgenes del Río Orinoco los cuales forman una asociación edáfica siempre verde, monoestratificada, con las raíces en la zona de saturación de humedad, con una altura hasta los 25 metros. Al Sur de Ciudad Bolívar están presentes formaciones herbáceas caracterizadas por ser unas formaciones vegetales monoestratificada donde predominan gramíneas perennes y dispuestas en macollas, exentas casi totalmente de elementos arbóreos o arbustivos, aunque pueden ser interrumpidas con la presencia de morichales y bosques de galerías. (MINFRA, 2006)

Debido a los grandes usos establecidos por diferentes usos de la tierra la vegetación del área no corresponde a un patrón homogéneo, existiendo gran cantidad de especies invasoras e introducidas que han alterado definitivamente la composición florística natural. Entre las especies predominantes se presenta el lirio de agua o bora (*Eichhorniacrassipes*); especies rebalseras como el geranio rebalsero, el guayabo rebalsero y el chaparrillo rebalsero (Dirección de Ambiente de la Gobernación del estado Bolívar, 2.001).

#### **2.3.4 Hidrografía**

Según Fernández, A (2014), en los últimos años se ha acelerado el proceso de destrucción de la hidrografía de Ciudad Bolívar, constituida por un sistema muy activo, y cuyo principal colector es el río Orinoco. También la integran otros ríos y cuerpos de agua como Orocopiche, Marhuanta, San Rafael, Buena Vista, Santa Bárbara, Maipure, Los Báez, Morrocroy, Monacal, Morichal, Los Caribes, Guaricongo, Laguna de los Francos, del Medio y el Porvenir.

### **2.3.5 Geología**

El área de estudio se localiza en el Escudo de Guayana, específicamente al norte del Cinturón Granulítico de la Provincia de Imataca, conformada por una llanura aluvial en la franja paralela al Río Orinoco.

Localmente en el área se distinguen tres unidades litológicas, representadas de más antigua a más joven por el Complejo de Imataca, que conforman colinas redondeadas sobre las cuales está ubicado el Casco Histórico, la Formación Mesa que produce un paisaje de pendientes suaves, y los sedimentos recientes.

#### **2.3.5.1 Suelos.**

El suelo en el área de estudio se encuentra constituido por rocas ígneas de la Sierra Imataca, correspondiente al basamento del Escudo de Guayana y a los cuales se les asigna una edad precámbrica, y por rocas sedimentarias pertenecientes a la formación mesa de edad plioceno- pleistoceno. Las interpretaciones del uso de la tierra con algunos fines de ingeniería son muy generales y de ninguna manera sustituye los estudios específicos para construir obras.

#### **2.3.5.2 Formación mesa.**

Gran parte de los suelos que se encuentran en la ciudad, corresponden a un relleno sedimentario del período Plio-Pleistoceno, conocido como formación mesa, la cual se encuentra conformada por gravas, arenas, limos, arcillas y corazas ferruginosas, con predominancia de las arenas no consolidadas, la cual llega a alcanzar dentro del perímetro de la ciudad hasta 140 metros de altura, produciendo los ríos excavaciones verticales por donde ellos discurren, siendo susceptibles a la erosión hídrica y a la formación de cárcavas, los cuales se inician como gargantas en forma de “V” , llegando a tener un fondo plano cuando el efecto de la socavación se

ve afectado por disminución de la velocidad de las aguas, llegando a formar valles de varios decenas de metros en su sección transversal.

Este tipo de suelos se extiende por los llanos centro-orientales y orientales (estados Guárico, Anzoátegui, Monagas); sin embargo, se encuentran algunos afloramientos en el estado Bolívar (inmediatamente al Sur del río Orinoco)

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEORICO**

#### **3.1 Antecedentes o estudios previos**

En septiembre de 2022, Georgina Altafech y Gamalier Mendoza, en su trabajo de grado titulado “Evaluación del canal y la alcantarilla transversal ubicado en la progresiva 1+230 de la carretera To-019, en el tramo comprendido entre la urbanización el Perú y la intersección de las Brisas en la Parroquia Agua Salada, de Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco del Estado Bolívar; se enfocaron en determinar el caudal total de la cuenca que tributaba a dicho canal, evaluar la capacidad del alcantarillado, estableciendo mediante mapas satelitales la cuencas drenadas.

En noviembre de 2021, Ismael Prado y Julio Tello, en su trabajo de grado titulado “Evaluación del Sistema de Drenaje Longitudinal y Transversal del Alcantarillado Puente Agosto Méndez, parroquia La Sabanita, Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco, Estado Bolívar; se enfocaron en evaluar la capacidad del alcantarillado, estableciendo mediante mapas satelitales la cuencas drenadas. Se utilizaron, para el diseño del sistema, conductos abiertos, revestidos en concreto, que formarán parte del drenaje superficial marginal a las vías de comunicación de la zona de estudio. La selección de los conductos diseñados para el drenaje, se fundamentó en las Normas y Especificaciones Sanitarias consideradas en el estudio técnico, tomando como parámetros características de velocidad, tipo de suelo, hidrología y pendiente

## 3.2 Bases Teóricas

### 3.2.1 Ciclo Hidrológico

El agua que se encuentra en la superficie terrestre se evapora por la acción directa de los rayos del sol y el viento, transformándose en vapor de agua, el cual se eleva y es transportado a través de la atmosfera en forma de nubes, en la cual se condensa y cae a la tierra precipitada en forma de lluvia o nieve, durante su caída el agua puede nuevamente evaporarse o es interceptada por las plantas o las construcciones, luego escurre a través de la superficie formando corrientes de agua o se infiltra, llegando finalmente a los océanos u otros cuerpos de agua como presas o lagos. Parte de las aguas infiltradas es absorbida por la vegetación, la cual es transpirada casi en su totalidad a la atmósfera y la que no es absorbida es almacenada como agua subterránea que en algún momento aflora como manantiales que dan origen a ríos que desembocan en el mar

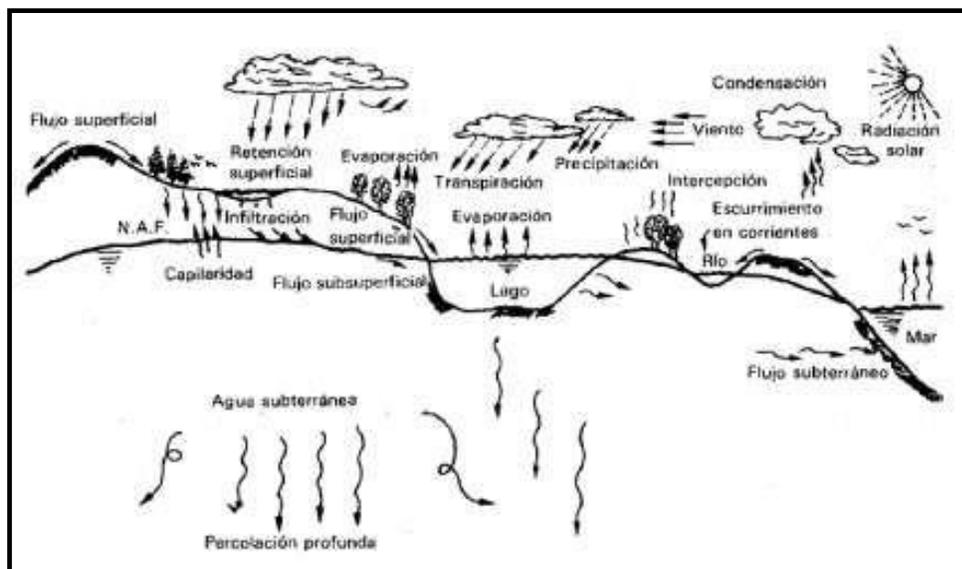


Figura 3.1 Ciclo Hidrológico (Tomado de Aparicio 1992)

### 3.2.2 Cuenca hidrológica

Es una zona de la superficie terrestre, donde las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corriente debido principalmente a su topografía, hacia un punto de salida.

#### 3.2.2.1 Parámetros morfométricos de las cuencas

El parteaguas es la línea imaginaria que divide la parte más alta de las cuencas de manera que las aguas de lluvia que caen se reparten en una u otra cuenca. De esa forma la cuenca sólo tiene una salida por donde pasa el cauce principal de la misma.

Los demás cursos de agua desembocan en el cauce principal y se denominan tributarios. Las cuencas formadas por el cauce tributario son cuencas tributarias o subcuencas. Entre mayor densidad de tributarios una cuenca responde más rápido a una precipitación o tormenta. De hecho una de las formas como se distingue una cuenca es por el orden de tributarios que la conforman.

Un indicador del grado de bifurcación es el orden de corriente. Una corriente de orden 1 significa que no tiene tributarios, una corriente de orden 2, está formada por dos corrientes de orden 1; y así sucesivamente.

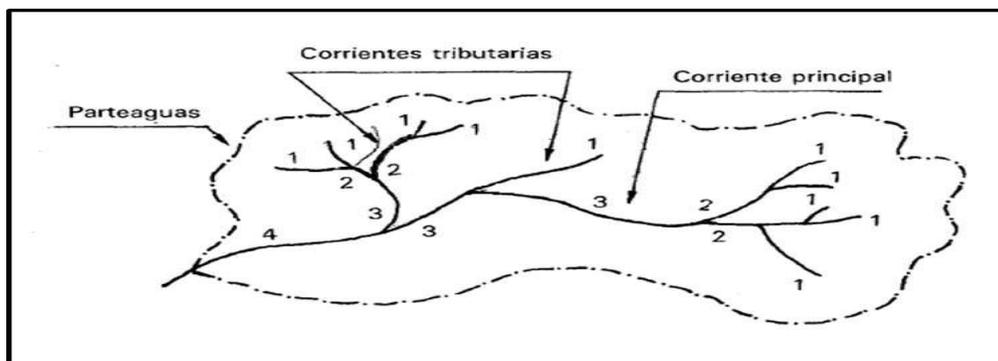


Figura 3.2 Cuenca Hidrológica. Tomado de Francisco Aparicio (1992)

Otro indicador del grado de bifurcación de una corriente es la densidad de corriente ( $D_S$ ), y se define como el número de corrientes perennes e intermitentes por unidad de área y la densidad de drenaje ( $D_D$ ) se define como la longitud de corrientes, por unidad de área:

$$D_S = \frac{N_S}{A} \quad (3.1)$$

$$D_D = \frac{L_S}{A} \quad (3.2)$$

Dónde:

$D_S$	Densidad de corrientes
$D_D$	Densidad de drenaje
$N_S$	Número de corrientes perennes e intermitentes
$L_S$	Longitud total de las corrientes
$A$	Área de la cuenca

Un orden de corrientes alta o una densidad elevada refleja una cuenca altamente disectada, que responde rápidamente a una tormenta. Las densidades u órdenes de corriente pequeñas, se observan donde los suelos son muy resistentes a la erosión o muy permeables; donde estos indicadores son elevados, los suelos se erosionan fácilmente o son relativamente impermeables, las pendientes son altas y la cobertura vegetal es escasa.

Cuando la precipitación alcanza la superficie del suelo, infiltrándose hasta que las capas superiores del mismo se saturan y se comienzan a inundar las depresiones del relieve del terreno y al mismo tiempo el agua empieza a escurrir sobre la superficie, llamado flujo superficial hasta alcanzar causes bien definidos o cauces donde se forman las corrientes de agua. En una cuenca se reconocen dos tipos de

cauces, los cauces perennes y los efímeros. Muchas veces los cauces efímeros son sinónimo de zonas secas o semiáridas en tanto que las cuencas con cauces perennes son cuencas donde la lluvia está presente a lo largo del periodo hidrológico.

Área de drenaje, la constituye el área plana en proyección horizontal de la cuenca, limitada por el parteaguas.

**Área de la cuenca:** Está determinada por una línea imaginaria que encierra el área de confluencia. Esta línea que separa una cuenca de las circundantes, se denomina línea divisoria de aguas y en su trazado no debe cortar ninguna corriente de agua, salvo a la salida de ella.

El área de la cuenca tiene una gran influencia en la magnitud del caudal que se debe establecer el sentido del escurrimiento superficial en las diferentes calles como avenidas y demás vías terrestres en la ciudad, así como la ubicación de los puntos de entradas a las vías, del escurrimiento proveniente de las zonas verdes o de áreas urbanizar. En base a esta información pueden delimitarse las áreas tributarias siguiendo el criterio de subdividir las manzanas por las bisectrices en las esquinas, para zonas urbanizadas, y tomando en cuenta la topografía para las que no lo fueren.

Aunque a nivel de plan complementario solo es necesario mostrar los colectores más importantes y sus correspondientes áreas tributarias, conviene por lo general realizar una separación detallada de ellas, pues ello permite visualizar mejor la problemática del escurrimiento superficial.

- **Perímetro de la cuenca:** Es la longitud del límite exterior de la cuenca y depende de la superficie y la forma de la cuenca.
- **Forma de la cuenca:** La forma de la cuenca gobierna la tasa de escurrimiento de agua que le llega a la corriente principal a lo largo de su curso, desde que nace hasta su desembocadura. Este factor tiene una utilidad económica de la

corriente al igual que el perfil y las dimensiones del cauce. Una cuenca tiene siempre un área y un perímetro perfectamente definidos, pero dos cuencas de igual áreas y formas diferentes, no se comportan iguales. Puede variar el tiempo necesario para que todos los puntos contribuyan al escurrimiento.

- Pendiente media del cauce principal: Representa el grado de inclinación que presenta el cauce principal a lo largo de todo su recorrido hasta su desembocadura o punto de estudio. Ésta se calcula con la siguiente fórmula.

$$S_m = \frac{H_{max} - H_{min}}{L} \times 1000 \quad (3.1)$$

Donde:

$S_m$	Pendiente media del cauce principal (m/m)
$H_{max}$	Altura máxima del cauce (metros)
$H_{min}$	Altura mínima del cauce (metros)
$L$	Longitud del cauce (km)

Para terrenos poco planos se utiliza la fórmula de Schwarz y Taylor, una vez representado el perfil del río la pendiente media del cauce principal se obtiene mediante la ecuación

$$S_m = \left[ \frac{n}{S_1^{1/2} + S_2^{1/2} + \dots + S_n^{1/2}} \right]^2 \quad (3.4)$$

Donde

- $S_m$  Pendiente media del cauce principal (m/m)
- $n$  Número de segmentos iguales  $\Delta x$  en que se divide la longitud de la proyección horizontal del perfil sobre el eje de las abscisas.
- $S_1, S_2, \dots, S_n$  Pendiente de los segmentos formados por la unión de los puntos de intersección de los  $\Delta x$  con el perfil del cauce.

Mediante un razonamiento semejante se puede obtener la siguiente fórmula para el caso en que las longitudes de los tramos no sean iguales:

$$S_m = \left[ \frac{L}{\frac{L_1}{\sqrt{S_1}} + \frac{L_2}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{L_n}{\sqrt{S_n}}} \right]^2 \quad (3.5)$$

Donde:

- $S_m$  Pendiente media del cauce principal (m/m)
- $L$  Longitud del cauce principal (m)
- $L_1, L_2 \dots L_n$  Longitud del tramo (m)
- $S_1, S_2 \dots S_n$  Pendiente del tramo (%).

- Pendiente media de la cuenca: La pendiente media de la cuenca puede ser calculada a través del método de Horton, para lo cual deben cumplirse los siguientes criterios:
  1. Se superpone una cuadrícula de líneas horizontales y verticales, con distanciamiento uniforme, sobre el mapa que contiene el límite de la cuenca y las curvas de nivel.
  2. Se cuentan los puntos de intersección dentro de la cuenca, entre las líneas horizontales y las curvas de nivel, al igual que con las líneas verticales.

3. Se miden y se suman cada una de las longitudes de las líneas, horizontales y verticales, que hacen contacto con las curvas de nivel.
4. Se calcula la pendiente vertical ( $P_{vert}$ ) y horizontal ( $P_{hor}$ ) mediante las ecuaciones:

$$P_{vert} = \frac{n \cdot e}{\sum l_{vert}} \quad (3.6)$$

$$P_{hor} = \frac{n \cdot e}{\sum l_{hor}} \quad (3.7)$$

Dónde:

$n$  Número de intersecciones.

$e$  Equidistancia entre curvas de nivel

$\sum l_{vert}$  Suma de las longitudes de las líneas verticales de la cuadrícula (metros).

$\sum l_{hor}$  Suma de las longitudes de las líneas horizontales de la cuadrícula (metros).

De ese modo, puede ser calculada la pendiente media de la cuenca a través de la siguiente expresión:

$$P_{media} = \frac{P_{vert} + P_{hor}}{2} \quad (3.8)$$

## Forma de la cuenca

Forma de la cuenca. La importancia de la forma es que define o tiene influencia en el tiempo que tarda la cuenca en concentrar la lluvia a la salida de la misma. Se utilizan varios índices o medidas. Índice de Gravelius

Relación entre el perímetro de la cuenca y la longitud de la circunferencia que

encierra el área de la cuenca

$$K_C = \frac{P_{cuenca}}{L_{circunferencia}} = \frac{P_{cuenca}}{2\pi r}$$

Siendo el área de la cuenca ( $A$ ):

$$A = \pi r^2 \rightarrow r = 0,56 \sqrt{A}$$

$$K_C = \frac{P_{cuenca}}{2\pi r} = 0,28 \frac{P_{cuenca}}{\sqrt{A}}$$

Dónde:

- $A$  Área de la cuenca
- $P$  Perímetro de la cuenca
- $r$  Radio equivalente de la cuenca.

### Factor de forma

Es la relación que existe entre el ancho medio de la cuenca y la longitud axial de la misma.

$$F_f = \frac{A}{(l_{Axial})^2} \quad (3.9)$$

### 3.2.3 Determinación del gasto contribuyente de la cuenca

### 3.2.3.1 Curvas de intensidad, duración y frecuencia (IDF)

Se definen las curvas IDF como la relación que existe entre la intensidad de precipitación media y la frecuencia de ocurrencia (inverso del periodo de retorno); estas curvas son herramientas ampliamente utilizadas en ingeniería para fines de plantación, diseños y operación de los proyectos hidráulicos, así como la protección de obras de ingeniería contra avenidas máximas (Chow, 1994).

### 3.2.3.2 Intensidad

Se define, como el volumen de agua que precipita por unidad de tiempo, y generalmente se expresa en mm/h, mm/mm, *mm/seg/ha* o *lt/seg/ha*. En el diseño de alcantarillados, generalmente se utiliza la unidad *lt/seg/ha*, sin embargo, muchas estaciones pluviográficas reportan sus datos en mm/h, por lo cual conviene tener presente el factor de conversión:  $1 \text{ mm/h} = 2,78 \text{ lt/seg/ha}$ .

La intensidad de la lluvia depende de la duración de ésta, existiendo generalmente una relación inversa entre ellas.

### 3.2.3.3 Duración

Es el tiempo comprendido entre el comienzo y el final de la lluvia, este final puede ser del total o el momento hasta donde es apreciable la lluvia para efectos prácticos. La lluvia según su duración puede denominarse como corta, cuando la duración es menor de 120 minutos, y larga, cuando es mayor de 120 minutos.

Las Normas del Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS) establecen en

su artículo 3.14.1 lo siguiente:

«El tiempo de duración que debe considerarse para la determinación de la intensidad de lluvia, no será inferior a 5 minutos. En cada caso se fijará el tiempo de precipitación, de acuerdo a las condiciones locales».

#### **3.2.3.4 Frecuencia (período de retorno)**

Se encuentra asociado al de probabilidad y se le llama también intervalo de recurrencia y es el número de veces que un evento es igualado o excedido en un intervalo de tiempo determinado o en un número de años.

En caso de drenaje urbano, el evento a considerar son los excedentes de aguas de lluvia, es decir, el escurrimiento que ellas generan. Sin embargo, comúnmente se utiliza la frecuencia de las precipitaciones como medida del grado de riesgo, lo cual no es una medida de la frecuencia de los escurrimientos. (Arocha, 1983, p.207).

Las normas del Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS) establecen que para el cálculo del caudal de aguas de lluvia se estimen las frecuencias siguientes:

- Para zonas residenciales, de 2 a 5 años.
- Para zonas comerciales y de elevado valor, de 5 a 15 años.
- Para obras de Canalizaciones de cursos naturales, ríos o quebradas, 50 años o más.

Los períodos de retorno de los gastos corresponden a los indicados en las tablas, de acuerdo al uso de la tierra y al tipo de vía terrestre. La aplicación de esas

tablas al caso de colectores que atraviesen áreas y vías con diferentes valores del período de retorno, puede traer alguna confusión en la selección definitiva.

Esta selección debe basarse en el siguiente principio: el mayor período de retorno (menor riesgo) predomine a partir del lugar donde el colector reciba las aguas del área o de otro colector, a los cuales les corresponda ese período de retorno (Bolinaga, 1983, p. 11).

### 3.2.4 Determinación del gasto de diseño

#### 3.2.4.1 Método Racional

Este método es uno de los más utilizados en el mundo y se realiza mediante la fórmula:

$$Q = C \times I \times A \quad (3.10)$$

Dónde:

- $Q$  Caudal expresado en *lts/seg*
- $I$  Intensidad de la lluvia expresada en *lts/seg/ha*
- $A$  Área de la cuenca expresada en hectáreas (*ha*)

El método supone que si sobre un área cae una precipitación con una intensidad determinada, uniforme en el tiempo y el espacio, llegará un momento en que la cantidad de agua que cae es igual a la cantidad de agua que sale del área, siempre y cuando esta sea impermeable. El tiempo en el cual alcanza la equivalencia de los volúmenes de agua que caen y los que salen es el denominado tiempo ( $T_c$ ). Aún en el caso de que la superficie fuese totalmente impermeable, existirán

perdidas por evaporación y almacenamiento en depresiones, por ello el coeficiente “C” ajusta la relación entre el volumen precipitado por unidad de tiempo y el volumen escurrido por unidad de tiempo.

Debido a lo anterior la formula racional arroja resultados aceptables solo en el caso de áreas pequeñas y con un alto grado de impermeabilidad, y no se recomienda en superficies mayores a 20 *ha*, 80% urbanizadas y con tiempos de concentración ( $T_c$ ) superiores a 15 minutos.

### 3.2.4.2 Método del hidrograma triangular

Para obtener el hidrograma unitario triangular se une el caudal cero del origen del hidrograma con el caudal pico unitario ( $q_p$ ), para un tiempo pico ( $T_p$ ); y luego el caudal pico ( $q_p$ ) se une con el valor del tiempo base ( $T_b$ ) mediante líneas rectas (Aparicio, 1989).

Si las condiciones de áreas y de duración de las lluvias del método racional son sobrepasadas, puede utilizarse este método, desarrollado por Mockus (Suarez 1993), en base a mediciones en una serie de cuencas en los Estados Unidos donde obtuvo que  $B \cong 1,67$ .  $T_p$ , para deducir la ecuación del caudal pico. Guilarte (1973) como resultado del análisis de 22 hidrogramas de igual número de cuencas situadas en Venezuela, obtuvo que  $B \cong 1,91$ , y que  $T_b \cong 2,91 T_p$

$$Q_p = \frac{(0,191 \cdot (P_e) \cdot A)}{T_p} \quad (3.11)$$

Dónde:

- $Q_p$  Caudal pico de la crecida ( $m^3/seg$ )
- $P_e$  Precipitación efectiva ( $mm$ )
- $A$  Área de la cuenca ( $km^2$ )
- $T_p$  Tiempo pico (*horas*)

El tiempo pico ( $T_p$ ) se determina de la forma siguiente:

$$T_p = \frac{T_c}{2} + T_l \quad (3.12)$$

Donde:

$T_c$  Tiempo de concentración (horas).

$T_l$  Tiempo de retardo (horas).

Guilarte propone utilizar los tiempos de retardo  $T_l$  para diferentes  $T_c$  en cuencas de Venezuela, como se muestra en la tabla 4.4.

*Tabla 3.1 Tiempo de Retardo  $T_l$  para diferentes  $T_c$  en cuencas de Venezuela (González, 2003).*

$T_c$ (horas)	0	1	2	3
$T_l/T_c$	1,00	0,82	0,72	

La representación gráfica del caudal de diseño por el método del hidrograma triangular, se muestra en la figura 3.3

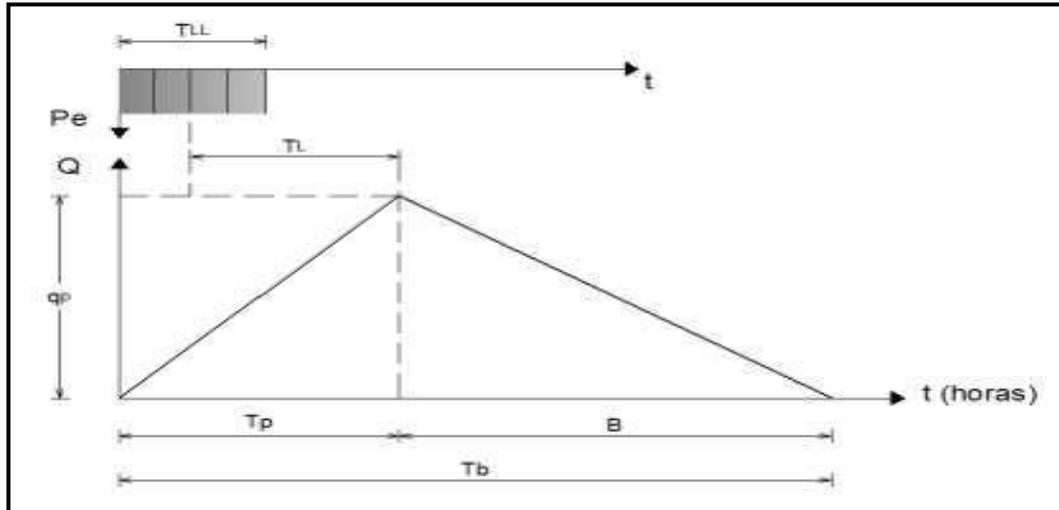


Figura 3.3 Hidrograma de forma triangular (Gonzales, 2003).

La lluvia efectiva ( $Pe$ ) se determina con la siguiente ecuación:

$$Pe = C \cdot (I) \cdot Tc \quad (3.13)$$

Donde:

- $Pe$  Lluvia efectiva (mm)
- $C$  Coeficiente de escorrentía
- $I$  Intensidad de lluvia (mm/hr)
- $Tc$  Tiempo de concentración (horas)

El tiempo base  $Tb$  del hidrograma según Guilarte es igual a:

$$Tb = 2.91 \cdot (Tp) \quad (3.14)$$

### 3.2.4.3 Método de Ven Te Chow

En este método se calcula el gasto de pico o caudal máximo para diseños de

alcantarillas y otras estructuras de drenaje pequeñas. Es aplicable a cuencas con áreas menores a  $25 \text{ Km}^2$ .

El método se fundamenta en la ecuación 3.6. Gasto o caudal pico unitario:

$$Qp = \frac{0,287 \cdot Pe \cdot A \cdot Z}{Tn} \quad (3.15)$$

Donde:

$Qp$  Caudal pico ( $(\text{m}^3/\text{seg})/\text{mm}$ )

$A$  Área de la cuenca ( $[\text{Km}]^2$ )

$Tn = Tc$  Duración de la lluvia (horas)

$Z$  Factor de reducción de pico que se calcula como una función del tiempo de retardo y la duración efectiva, usando la figura 4.3

El tiempo de retraso o retardo se calcula según Chow por la siguiente

$$Tl = 0,005 \cdot \left[ \frac{L}{\sqrt{S}} \right]^{0,64} \quad (3.16)$$

Donde:

$Tl$  Tiempo de retardo (h)

$L$  Longitud del cauce principal (m)

$S$  Pendiente del cauce principal (%)

Gasto o Caudal Pico del Hidrograma de Escurrimiento Directo, se expresa mediante la siguiente relación:

$$Op = qp \cdot Pe \quad (3.17)$$

Donde:

$Qp$  Gasto o caudal pico (m<sup>3</sup> / seg)

$qp$  Gasto o caudal pico unitario (m<sup>3</sup>/seg/mm)

$Pe$  Precipitación efectiva (mm)

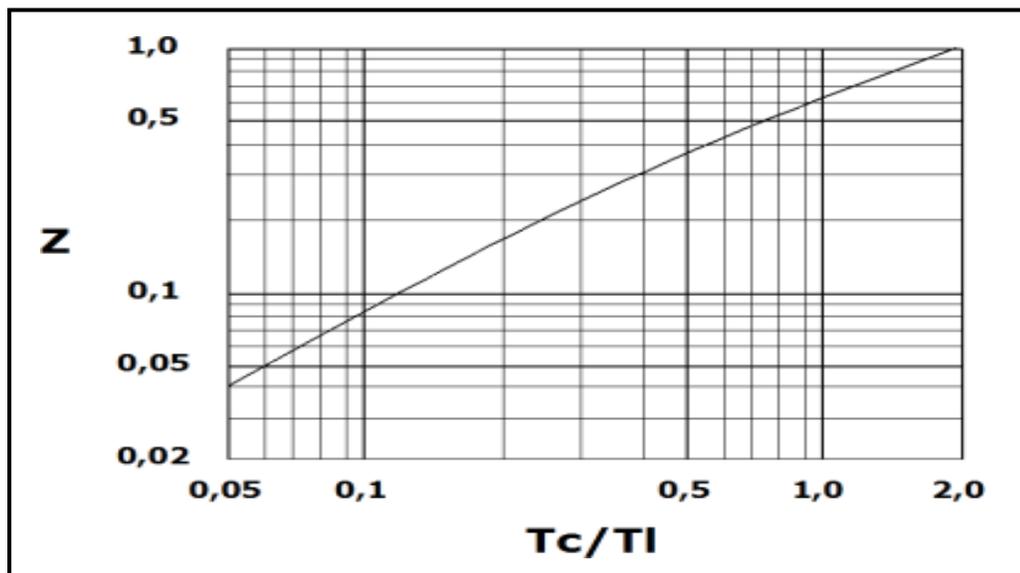


Figura 3.4 Gráfico para obtener el Factor de Reducción de Pico (Z)(González, 2003). (Corregido por los autores)

### 3.2.5 Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía (C) depende de varios factores, entre los cuales se encuentran principalmente la permeabilidad del suelo, la cobertura vegetal y la

topografía.

Los suelos suelen clasificarse según el Manual de Drenaje del Ministerio de Obras Públicas en suelos impermeables, suelos semi-permeables y suelos permeables; mientras que la cobertura vegetal se establece como ninguna vegetación, cultivos, pastos y vegetación ligera, hierba corta/grama y bosques/vegetación densa. La topografía se establece en base a la pendiente superficial de las laderas, clasificándose en pendientes pronunciadas mayores a 50%, pendientes altas entre 20% y 50%, pendientes medias entre 5% y 20%, pendientes suaves entre 1% y 5% y pendientes despreciables menores al 1%.

El procedimiento recomendado para determinar el coeficiente de escorrentía, consiste en obtener un promedio ponderado de los coeficientes parciales de cada una de las áreas que comprende la cuenca. Para esto se sigue el siguiente procedimiento:

- Se divide la cuenca en zonas homogéneas, en lo que se refiere al tipo de suelos, cobertura vegetal y pendiente.
- Se establece el valor de escorrentía para cada una de las zonas homogéneas establecidas.
- Se determina el área de cada una de las zonas homogéneas.
- Se determina el coeficiente de escorrentía como el promedio ponderado de todos los coeficientes anteriormente determinados.

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_n \cdot A_n}{(A_1 + A_2 + \dots + A_n)} \quad (3.18)$$

### 3.2.6 Cauces naturales

Los cauces naturales son aquellos que se encuentran bien definidos y son de

cierta magnitud, conformados básicamente por ríos y quebradas, quedando excluidas las cañadas, cañadotes y vaguadas. Bolinaga 1979, establece que para diferenciar un cauce e cierta magnitud dice que “puede pensarse que quebradas con más de 300 ha de área tributaria, son por lo general de cierta magnitud”.

### **3.2.6.1 Variables que intervienen en la determinación de caudales de cuencas.**

En un buen diseño deben tomarse en cuenta todas las variables que pueden intervenir en la determinación de un gasto de aguas de lluvia acumulándose, y que puede crear inconvenientes a la comunidad; sin embargo, no deja de reconocerse que ello resulta difícil de evaluar, y que aún con la mejor información disponible, existirán criterios económicos que privarán para limitar los proyectos a un determinado rango de probabilidad de ocurrencia de daños.

En general, podemos considerar los siguientes factores importantes, para efecto de diseño de un sistema de recolección de aguas de lluvia:

- Características de la zona: el tipo de superficie y sus pendientes, así como los porcentajes de construcción, son factores que influyen sobre el grado de impermeabilidad que facilita o retarda el escurrimiento de las aguas de lluvia que puedan concentrarse en un punto. Por ello, al considerar la zona a proyectarse debemos medir las áreas correspondientes a cada característica.

La superficie total a considerar en el proyecto estará constituida por el área propia, más el área natural de la hoya que drena a través de ella. Definida y medida el área a drenar, se deben determinar las diferentes características de la superficie que la constituyen.

3.2 *Coefficientes de escorrentía (Arocha, 1983)*

<b>Características de la superficie</b>	<b>Coefficientes de escorrentía</b>
Pavimentos de concreto	0,70 a 0,95
Pavimentos de asfalto	0,70 a 0,95
Pavimentos de ladrillo	0,70 a 0,85
Tejados y azoteas	0,75 a 0,95
Patios pavimentados	0,85
Caminos de grava	0,30
Jardines y zonas verdes	0,30
Praderas	0,20

- Intensidad, duración y frecuencia de lluvias: las características de las lluvias a considerar en el diseño dependen del grado de protección que se desee, lo cual, por razones económicas, se basa en la importancia del sector, en su densidad de población y en los inconvenientes de tránsito por ser arterias principales o secundarias.

La recopilación de datos pluviográficos permite conocer la frecuencia con que ha ocurrido una lluvia de determinada intensidad; por tanto, cualquier previsión que hagamos estará basada en la información disponible; y si bien éste es un fenómeno probabilístico, podrá existir un cierto rango de seguridad en cuanto a los daños o inconvenientes esperados para una determinada lluvia que supere la que tomamos

como base para el diseño. Importa por tanto, seleccionar una frecuencia de lluvias que estime razonadamente las inversiones que esto involucra y el grado de protección que ofrece (Arocha, 1983, p. 207).

- Tiempo de concentración: el tiempo de concentración se define como el tiempo máximo que tarda la partícula más alejada del área, drenando hasta el punto de recolección. Para el diseño de los colectores de aguas de lluvia en zonas urbanas, este tiempo de concentración representa la suma de dos tiempos:
  1. El tiempo que tarda la partícula más alejada en escurrir sobre la superficie.
  2. El tiempo de traslado que existe en una cierta longitud de colector, comprendida entre dos sumideros consecutivos.

El primero, tiempo de escurrimiento en la superficie, a través de cunetas, canales o sobre las zonas de escurrimiento natural, puede ser estimado o calculado para las distintas características de la superficie. En el caso de cuencas rurales, tal determinación se hace basada en medidas hechas directamente sobre el terreno, determinando la mayor distancia o recorrido de la partícula más alejada o bien por mediciones hechas en planos topográficos. En este sentido el Manual de Drenaje del Ministerio de Obras Públicas (MOP) presenta la Figura B.1 (Apéndice B), que permite estimar el tiempo de concentración.

$$T_c = 0,0195 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad (3.19)$$

Donde

- $L$  Longitud del cauce más largo (*metros*).
- $H$  Diferencia de elevación entre el punto más remoto de la cuenca y la salida de la misma (*metros*).
- $T_c$  Tiempo de concentración (*minutos*).

El tiempo que tarda el agua en escurrir por las laderas puede estimarse en base a las velocidades recomendadas en el Manual de Drenaje, en anexo A-3 y se deberán considerar tiempos de concentración no menores de cinco minutos.

El segundo o tiempo de traslado en el colector, tendrá influencia en la determinación de los caudales que se unirán en los subsiguientes sumideros, y será calculado, conocidas las características hidráulicas de éste, a fin de determinar en función de la longitud del colector y de la velocidad real de circulación el tiempo que tarda en recorrerlo.

$$T_t = \frac{L}{V} \quad (3.20)$$

Donde:

- $T_t$  Tiempo de traslado o de viaje (min).
- $L$  Longitud del Tramo (m).
- $V$  Velocidad (m/s).

Existen dos grupos mayores de factores que afectan el escurrimiento estas son las características climatológica y las características de la cuenca hidrológica. El número de factores es una indicación de la complejidad para determinar el escurrimiento con exactitud (Arocha, 1983, p. 207-208).

Para estimar el tiempo de concentración se aplica la siguiente ecuación:

$$Tc = Tc_s + Tt \quad (3.21)$$

Dónde:

$Tc$       Tiempo de concentración (min).

$Tc_s$      Tiempo de concentración superficial (min).

$Tt$       Tiempo de traslado o de viaje (min).

Para la estimación del tiempo superficial de concentración es el tiempo que tarda el agua en concentrarse en el cauce escurriendo por las laderas, la cual puede ser estimada por la siguiente tabla de velocidades recomendadas

### 3.2.7 Modelación matemática en HEC RAS

Para el análisis hidráulico, existen programas de computación que permiten modelar el comportamiento de los perfiles hidráulicos de un río, así como también, parámetros hidráulicos propios del río.

El Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos ha desarrollado el programa conocido como HEC-RAS que permite modelar el flujo del agua en ríos, el cual será utilizado en este proyecto para obtener los parámetros hidráulicos en los diferentes sitios de interés.

El modelo utiliza las ecuaciones de “Saint Venant” de la continuidad y momentum para generar los sistemas de ecuaciones que son resueltos por métodos implícitos de diferencias finitas

HEC-RAS no implementa directamente las ecuaciones de Saint Venant en su forma tradicional, sino las adapta a la forma típica del cauce y en una llanura de inundación formada por la creciente.

Las ecuaciones de Saint Venant se describen a continuación:

#### ECUACIÓN DE LA CONTINUIDAD:

Forma conservativa: 
$$\frac{\partial Q}{\partial X} + \frac{\partial A}{\partial T} = 0 \quad (3.22)$$

Forma no conservativa: 
$$V \frac{\partial Y}{\partial X} + Y \frac{\partial V}{\partial X} + \frac{\partial Y}{\partial T} = 0 \quad (3.23)$$

#### ECUACIÓN DE MOMENTUM:

Forma conservativa: 
$$\frac{1}{A} \frac{\partial Q}{\partial T} + \frac{1}{A} \frac{\partial V}{\partial X} \left( \frac{Q^2}{A} \right) + G \frac{\partial Y}{\partial X} - G(S0 - SF) = 0 \quad (3.23)$$

Forma no conservativa: 
$$\frac{\partial V}{\partial T} + V \frac{\partial V}{\partial X} + G \frac{\partial Y}{\partial X} - G(S0 - SF) = 0 \quad (3.24)$$

Dónde:

Q: Caudal (m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>)

A: Área del flujo (m<sup>2</sup>)

V: Velocidad promedio del flujo (m s<sup>-1</sup>)

Y: Calado del flujo (m)

S0: Pendiente longitudinal del fondo del lecho del canal.

SF: Pendiente de fricción.

G: Aceleración de la gravedad (m s<sup>-2</sup>)

X: Distancia en la dirección del flujo (m)

T: Intervalo de tiempo (s)

En estas ecuaciones no se considera el flujo lateral, fuerza cortante por viento, pérdidas por turbulencia.

Para llegar a la expresión de las ecuaciones de debe partir de las siguientes hipótesis

Las líneas de corrientes son aproximadamente paralelas, es decir que la distribución de presiones es hidrostática.

La pendiente del lecho es pequeña, por tanto la profundidad media perpendicular al canal es prácticamente la misma que la medida verticalmente.

La distribución de velocidades del flujo es uniforme en cada sección, despreciando las variaciones transversales de velocidad dentro de la misma.

Solo se considera la velocidad en la dirección de alineación del curso del agua.

Las pérdidas de energía se representan con las mismas expresiones de régimen permanente, como las ecuaciones de Manning o Chezy.

### **3.2.7.1 Características del modelo HEC-RAS**

Las principales características del programa son:

- Realizar el cálculo hidráulico sobre el comportamiento de ríos, canales, etc.

- Permite la edición gráfica de secciones transversales de ríos, canales, etc.
- Permite la visualización gráfica de datos y resultados.
- Permiten la modelación hidráulica en régimen permanente y no permanente de ríos y canales.

### **Parámetros hidráulicos de diseño**

Para la modelación en HEC-RAS se debe disponer de datos geométricos (secciones transversales), hidrológicos (caudales) e hidráulicos (número de Manning).

Las secciones transversales que conforman a lo largo de un cauce son obtenidas a partir de la topografía existente, la cual debe conformar por pares ordenados en el eje “y” (cotas) y en el eje “x” (abscisas), separadas cada una por una distancia determinada. Las secciones transversales se determinaron por medio del programa computacional Civil 3D, el cual consiste en hacer una franja topográfica a partir de las curvas de nivel, para con ello, por medio del comando “Alignment” formar un alineamiento o eje del cauce, que sirve para establecer las secciones transversales empleando el comando “Sample Lines” que caracteriza el ancho y la separación de las secciones.

Los datos a configurar en la geometría de las secciones son: las coordenadas de los puntos que describen a la sección (Cross Section Coordinates), la distancia hasta la siguiente sección aguas abajo (Downstream Reach Lengths), el valor de Manning y acotación del canal principal (Main Channel Bank Stations).

#### **3.2.7.2 Rugosidad de Manning**

La rugosidad de Manning se obtiene a partir de la granulometría del material

del río.

Donde es el coeficiente de Manning y es el diámetro de la partícula del lecho expresada en metros.

Este valor de Manning esta propenso a modificaciones o calibraciones debido a las irregularidades que presenta el río, la vegetación, la rugosidad superficial, tamaño de las partículas, etc.

Condición del cauce		Valores
Material considerado	Tierra	0,020
	Corte en roca	0,025
	Grava fina	0,024
	Grava gruesa	0,028
Grado de Irregularidad	Suave	0,000
	Menor	0,005
	Moderado	0,010
Variación de la Sección Transversal	Severo	0,020
	Gradual	0,000
	Ocasionalmente alternante	0,005
Efecto de las Obstrucciones	Frecuentemente alternante	0,010–0,015
	Insignificante	0,000
	Menor	0,010–0,015
	Apreciable	0,020–0,030
Vegetación	Severo	0,040 - 0,060
	Baja	0,005–0,010
	Media	0,010–0,025
	Alta	0,025–0,050
Cantidad de Meandros	Muy alta	0,050–1,000
	Menor	1,000
	Apreciable	1,150
	Severa	1,300

Figura 3.5 Criterios y valores numéricos para la ecuación de Cowan

$$N = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * m_5 \quad (3.25)$$

## **CAPITULO IV**

### **METODOLOGÍA DE TRABAJO**

Una vez planteados todos los aspectos teóricos a tomar en cuenta en esta investigación, se hace necesario establecer los lineamientos metodológicos dentro de los cuales se va a desarrollar el estudio para la solución de la problemática inicialmente planteado, y que indicará al investigador qué métodos usará para la recolección de la información.

A continuación se plantean cada uno de estos aspectos que conducen la investigación.

#### **4.1 Nivel de la investigación**

##### **4.1.1 Descriptiva**

La investigación, según su propósito, se cataloga como investigación aplicada, pues busca conocimientos con fines de aplicación inmediata a la realidad, para modificarla. Su propósito es dar solución a problemas prácticos, más que formular teorías acerca de ellos.

La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento, buscando especificar sus propiedades importantes, midiendo o evaluando diversos aspectos, dimensiones, o componentes del fenómeno a investigar.

Por otra parte, según el nivel de conocimientos a obtener de la investigación, ésta cumple con los parámetros que la definen como de tipo descriptiva, pues busca detallar la situación actual de la problemática descrita, su origen y su influencia

busca especificar, todos los componentes que comprenden el problema de investigación.

Como consecuencia de la carencia de acciones destinadas a reducir el poder erosivo del agua, y por consiguiente, a la no afección de la cotidianidad de la comunidades próximas al cauce del río Buena Vista, especialmente en el tramo a lo largo de la comunidad Bolívar 2000, de Ciudad Bolívar, de manera de describir la naturaleza del problema.

## **4.2 Diseño de la investigación**

### **4.2.1 De campo**

En el caso que ocupa la investigación, cuyo objetivo principal está referido a la evaluación hidrológica del río Buena Vista, en el tramo comprendido a lo largo de la Comunidad Bolívar 2.000, sector Menca de Leoni, Parroquia Sabanita, Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco, Estado Bolívar; donde se define el diseño de la investigación como de campo, ya que los datos se recolectan directamente del objeto de la investigación o de la realidad donde ocurren los hechos.

### **4.2.2 Documental**

Todo trabajo de campo requiere también de datos secundarios obtenidos de fuentes bibliográficas, a partir del cual se elabora el marco teórico, basándose en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes impresas, audiovisuales o electrónica.

Salvador Mercado (2003) expresa: “La investigación documental es una técnica que consiste en la selección y recopilación por medio la lectura y crítica de

documentos y materiales bibliográficos, de bibliotecas, hemerotecas, centros de documentación e información”.

De esta manera, se establece que la investigación llevada a cabo es documental puesto que se utilizaron datos de diversas instituciones y bibliográficos para la realización de dicho proyecto.

Por ello es fue necesario la recopilación de datos de aquellos documentos que aportan información imprescindible dentro del tema de estudio, como planos sobre la ubicación geográfica, dimensiones y todas las características a considerar en la investigación. Se consultó medios impresos: libros, normas, gacetas, leyes y otros materiales informativos como planos, dibujos, fotografías, entre otros; así como también por medio electrónico como internet.

### **4.3 Población de la investigación**

En la presente investigación, las unidades de análisis objeto de observación, serán la totalidad de cauces naturales en Ciudad Bolívar, pero sólo los enfocados a la óptica de esta investigación, sean pues, los que producen el fenómeno de erosión retrógrada, y que inducen al crecimiento de las cárcavas.

En la medida que se entiende por población o muestra de estudio a “la totalidad de un conjunto de elementos, seres u objetos que se desea investigar y de la cual se estudiará una fracción (la muestra) que se pretende que reúna las mismas características y en igual proporción” (Ander-Egg, 1983).

### **4.4 Muestra de la investigación**

Como anteriormente se ha indicado, el universo de estudio está integrado por la totalidad de cauces naturales de Ciudad Bolívar, que producen el fenómeno de

erosión retrógrada, y que inducen al crecimiento de las cárcavas. Dada la magnitud de la población con determinadas características similares, se tomará como muestra de estudio al río Buena Vista, en el tramo comprendido a lo largo de la Comunidad Bolívar 2.000, sector Menca de Leoni, Parroquia Sabanita, Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco, Estado Bolívar. Refiriéndonos a la muestra como “un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población” (Sampieri, Collado y Lucio, 1994).

## **4.5 Fases de la Ejecución del Proyecto**

### **4.5.1 Fase I: Planeación del trabajo**

Recopilación Bibliográfica, entrevista no estructurada y planificación del trabajo de campo. En esta fase se recopiló toda la información bibliográfica existente sobre el área a estudiar. Así mismo, se procedió con la revisión de estudios, proyectos e informes técnicos existentes, con temas similares. Se elaboró un plan de trabajo para presentar el motivo de estudio, para luego realizar la selección de las áreas de interés.

### **4.5.2 Fase II: trabajo de campo**

Ubicación Geográfica y Cartográfica, exploración de campo. Es esta fase, se realizó la exploración de campo que consistió en un reconocimiento visual de la zona para verificar la extensión, dimensiones y particularidades del tramo del río, así como su trazado y elementos que la conforman.

### **4.5.3 Fase III: procesamiento, análisis de la información y resultados**

Revisión Literaria, Procesamiento de datos, determinación del área de la cuenca, caudales, verificación de las propiedades hidrológicas de la cuenca y desarrollo de los objetivos.

#### **4.5.4 Fase IV: alternativas de solución, conclusiones y recomendaciones**

Esta fase comprende la culminación de toda la metodología aplicada para determinar el área de la cuenca analizada, determinar los caudales, así mismo, se redactaron las conclusiones y recomendaciones para culminar con la redacción del informe final. Conclusiones y recomendación, transcripción del informe final.

La intención del desarrollo de esta metodología, es ofrecer un procedimiento sistemático, que permita con un plan de trabajo lógico y práctico, diagnosticar, identificar y caracterizar el cauce, así como determinar el estado que presenta actualmente, con la finalidad de verificar la totalidad de sus características, que responda a distintos periodos de recurrencia, establecidos en las normas y a su vez sirva de guía en la realización de futuros trabajos para mejorar las condiciones de las áreas afectadas en la comunidad Bolívar 2000.

### **4.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

#### **4.6.1 Técnicas de Recolección de Datos**

Las técnicas de recolección de datos son aquellas que permiten obtener todos los datos necesarios para realizar la investigación del problema que está en estudio mediante la utilización de instrumentos que se diseñarán de acuerdo a la técnica a seguir.

#### **4.6.1.1 La observación directa**

Para la recolección de datos, se utilizó como técnica la observación directa como fuente primaria. Según Clarete, (2013):

Es una técnica que se debe emplear para relacionar el sujeto de estudio con el objeto, dotando al investigador de una teoría y un método adecuado para que la investigación tenga una orientación correcta y el trabajo de campo arroje datos exactos y confiables (p. 197).

Según Arias, (2006): “La observación directa es una técnica que consiste de observar atentamente el fenómeno, hechos o casos, tomar la información y registrarla para su posterior análisis. Es directa porque el investigador se pone en contacto personalmente con el hecho o fenómeno que trata de investigar”. (p. 22).

Para este caso en particular se utilizará esta técnica para evaluar hidrología del río Buena Vista, en el tramo comprendido a lo largo de la Comunidad Bolívar 2.000, sector Menca de Leoni, Parroquia Sabanita, Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco, Estado Bolívar, realizando mediante observación directa de las condiciones y factores que condicionan su comportamiento, además de recolectar los datos necesarios para la elaboración de los estudios concernientes.

#### **4.6.1.2 Revisión bibliográfica**

La revisión bibliográfica permitió extraer información de diversas fuentes bibliográficas. Para esta investigación se utilizaron trabajos de grado, internet, publicaciones, normas y libros. Tamayo, (2003) menciona: “La Revisión bibliográfica, es el fundamento de la parte teórica de la investigación, y permite conocer a nivel documental las investigaciones relacionadas con el problema

planteado. Presenta la teoría del problema aplicada a casos y circunstancias concretas y similares a las que se investiga”. Se revisará el material bibliográfico que aporte definiciones, describa procedimientos, plantee modelos y aporte datos necesarios y de relevancia a considerar en la investigación. Este instrumento de recolección, sirve de en la investigación, para sustentarla y complementarla con informaciones como libros, investigaciones previas y publicaciones de Internet.

#### **4.6.1.3 Entrevista no estructurada**

Según Ander-Egg Ezequiel, (1977) la entrevista no estructurada “deja una mayor libertad a la iniciativa de la persona interrogada y al encuestador, tratándose en general de preguntas abiertas que son respondidas dentro de una conversación teniendo como característica principal la ausencia de una estandarización formal” (p. 110).

Para los fines de recolectar información relacionada al objeto de estudio, se realizarán entrevistas no estructuradas a los habitantes del sector Mi Campito y trabajadores de la Zona Industrial Los Farallones, para conocer sus impresiones con respecto a las actuales condiciones en las que se encuentra el canal, además de otros datos de interés para el estudio.

#### **4.6.2 Instrumentos de Recolección de datos**

Según Arias (2012) “Es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p.54).

- Libreta de anotaciones y lápiz: Utilizada para la anotación de la información recopilada en las entrevistas no estructuradas, para tomar en cuenta cada detalle de ella y no omitir ninguna información obtenida.

- Personal Computer: Utilizada para poder acceder a cierta información digitalizada importante para la investigación, así como para el manejo de tablas y hojas de cálculo, con el objeto de facilitar la manipulación de la información.
- Cámara fotográfica: para registrar en imágenes elementos y detalles esenciales para la investigación.
- Cintas métricas: para realizar mediciones de las secciones transversales de los canales de drenaje existentes y la distribución en planta.

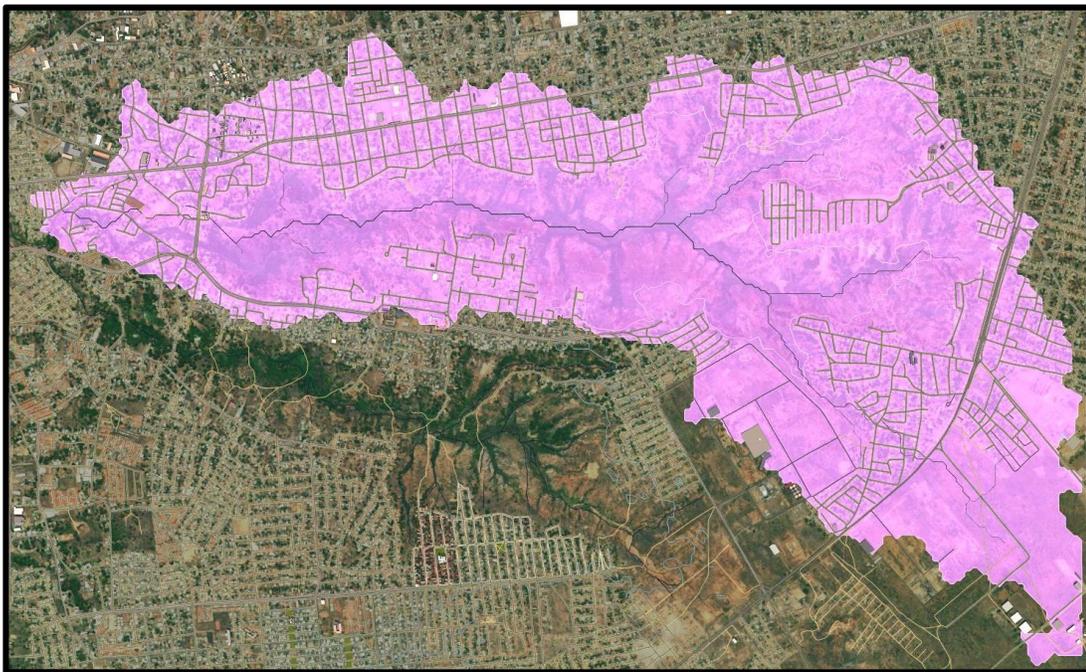
## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El presente capítulo pretende desarrollar cada uno de los objetivos planteados, de manera que se pueda entender claramente los detalles de la problemática planteada, para la evaluación hidrológica del río Buena Vista, en el tramo comprendido a lo largo de la Comunidad Bolívar 2.000, sector Menca de Leoni, Parroquia Sabanita, Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco, Estado Bolívar.

#### **5.1 Establecer el área y los parámetros morfométricos de la cuenca ubicada en la Comunidad Bolívar 2.000.**

##### **5.1.1 Área de la cuenca**



*Figura 5.1 Área de la cuenca*

Área de la Cuenca

$$A = 1.125,94 \text{ ha}$$

Geometría	
Área	11259400,0 m <sup>2</sup>
Longitud del cauce	8032,9 m
Pendiente del cauce principal	1,258 %
Elevaciones (alto/bajo)	132,100m/31,028m

Figura 5.2 Información de geometría de la cuenca.

### 5.1.2 Perímetro de la cuenca

Perímetro de la Cuenca

$$\text{Perímetro} = 21,76 \text{ km}$$

### 5.1.3 Pendiente media del cauce principal

Longitud del cauce principal:

$$L = 8032,9 \text{ m}$$

Pendiente media del cauce principal

$$S_{\text{cauce}} = 1,258 \%$$

### 5.1.4 Pendiente media de la cuenca

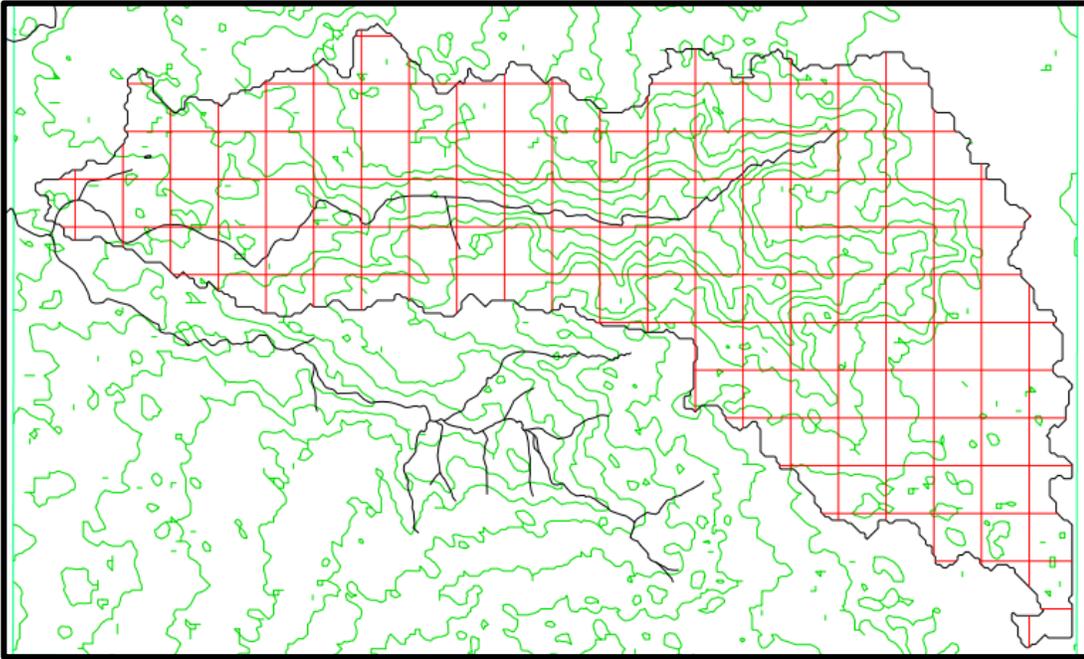


Figura 5.3 Pendiente media de la cuenca

Número de Intersecciones entre líneas horizontales y curvas de nivel:

$$n_{hor} = 170$$

Numero de intersecciones entre líneas verticales y curvas de nivel:

$$n_{vert} = 185$$

Suma de las longitudes de las líneas verticales de las cuadrículas:

$$\sum l_{vert} = 36.979,94 \text{ m}$$

Suma de las longitudes de las líneas horizontales de las cuadrículas:

$$\sum l_{hor} = 38.007,80 \text{ m}$$

Equidistancia entre curvas de nivel:

$$e = 10 \text{ m}$$

Pendiente Vertical:

$$P_{vert} = \frac{185 \times 10}{36979,9} = 0,0500 = 5\%$$

Pendiente horizontal;

$$P_{hor} = \frac{170 \times 10}{38007,8} = 0,0447 = 4,4$$

Pendiente media de la cuenca:

$$P_m = \frac{5\% + 4,47\%}{2} = 4,735\%$$

### 5.1.5 Factor de escorrentía ponderado de la cuenca

Área de la cuenca: 1.125,94 ha

Tabla 5.1 Cálculo del Coeficiente de escorrentía ponderado

Área	Área de la Cuenca (ha)	Coeficiente "c"	A x c
Vialidad	135,12 ha	0,95	128,36
Zona Residencial	596,76 ha	0,65	387,89
Laderas con pasto	394,08 ha	0,40	157,63
Sumatoria .....			637,88

Coeficiente "c" ponderado:

$$c = \frac{637,88}{1.125,94} = 0,598 = 0,6$$

### 5.1.6 Período de retorno

De acuerdo a las normas INOS el período de retorno a considerar para canalizaciones de cursos naturales, ríos y quebradas es 50 años o más. Tomándose en el caso del presente estudio 50 años como periodo de retorno.

## 5.2 Determinar el caudal máximo de diseño para el período de retorno considerado.

### 5.2.1 Determinación del tiempo de concentración

Determinación del Tiempo de concentración de la cuenca a través de la escorrentía 1, considerando el tiempo de concentración superficial en la ladera y el tiempo de viaje en el canal rectangular de concreto.

Tiempo de concentración superficial

Longitud de escurrimiento en metros  $L = 8.032,90 \text{ m}$

Diferencia de elevación en metros  $H = 101,07 \text{ m}$

Pendiente media de la cuenca  $Pm = 4,735 \%$

$$\mathbf{Tcs = 0,0195 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0,385}}$$

$$\mathbf{Tcs = 0,0195 \left( \frac{8.032,9^3}{101,07} \right)^{0,385}}$$

$$\mathbf{Tcs = 106,75 \text{ min}}$$

Escurrecimiento por laderas con pasto o vegetación ligera con pendientes entre 0 y 5% ( $V = 40 \text{ m/seg}$ )

$$T_{cs} = \frac{8.032,9 \text{ m}}{40 \text{ m/min}}$$

$$T_{cs} = 200,82 \text{ min}$$

### 5.2.2 Determinación de la intensidad de lluvia.

Para un tiempo de concentración o duración de lluvia de 200 minutos y un período de retorno de 50 años no está tabulado un valor de intensidad de lluvia en los registros IDF para la región, dado que a partir de los 60 minutos de duración la curva IDF se hace constante tomamos el valor en este punto, se estima de acuerdo al Manual de Drenaje una intensidad de lluvia de 230 l/seg/ha.

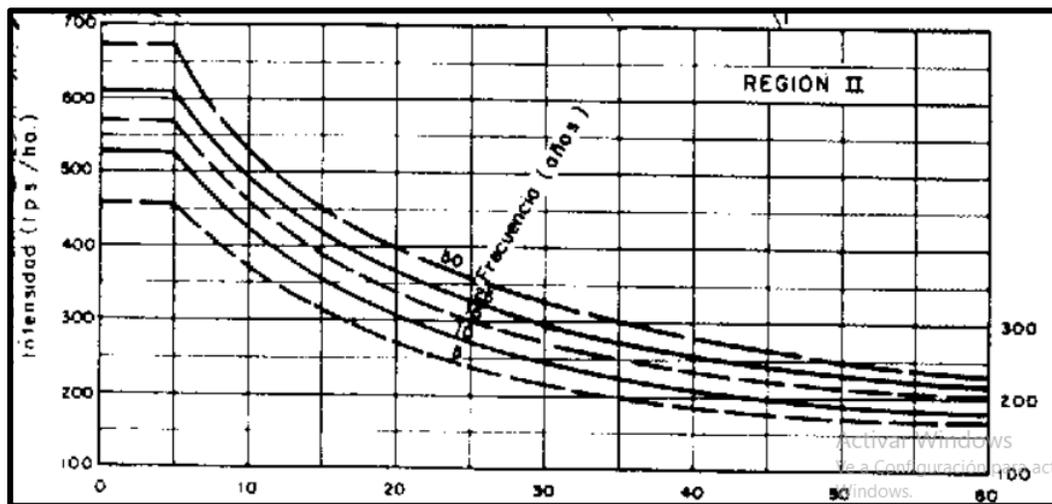


Figura 5.4 Curvas IDF Región de Guayana (Manual de Drenaje)

### 5.2.3 Determinación de los caudales de diseño

#### 5.2.3.1 Método Racional

$$C = C * I * A$$

$$C = 0,6 * 230 \frac{lps}{ha} * 1.125,94 ha$$

$$C = 155.379,72 lps$$

$$C = 155,38 m^3$$

### 5.2.3.2 Método del Hidrograma Triangular

De acuerdo con la tabla (3.1) para un tiempo de concentración de 200 minutos, valor que se encuentra entre 2 y 3 hora la relación  $Tl/Tc = 0,72$ , por lo tanto  $Tl = 0,72Tc$ .

$$Tl = 144 \text{ minutos} = 2,4 \text{ hr}$$

De acuerdo con la ecuación 3.12:

$$TP = \frac{200}{2} + 144 = 244 \text{ min} = 4,067 \text{ hr}$$

$$I = 230 \frac{lps}{ha} * \frac{3600 \text{ seg} \cdot \text{hr}}{10.000 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}} = 82,80 \text{ l/m}^2/\text{hr} = 82,80 \text{ mm/hr}$$

Cálculo de la precipitación efectiva mediante la ecuación (3.13):

$$Pe = 0,60 (82,80 \text{ mm/hr}) * \frac{200 \text{ min}}{60 \text{ min/hr}} = 165,6 \text{ mm}$$

$$Tb = 2,91 * (4,067 \text{ hr}) = 11,835 \text{ hr}$$

$$\text{Área de la cuenca} = 1.125,94 \text{ ha} = 11,259 \text{ km}^2$$

El caudal pico ( $Qp$ ), según Guilarte (1973), viene dado por la ecuación (3.11):

$$Q_p = \frac{0,191 * 165,6 \text{ mm} * 11,259 \text{ km}^2}{4,067 \text{ hr}} = 87,563 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 5.2.3.3 Método de Chow Longitud del cauce principal:

Pendiente media del cauce principal  $S = 1,258 \%$

Longitud del cauce principal  $L = 8.032,9 \text{ m}$

Área de la cuenca  $1.125,94 \text{ ha} = 11,259 \text{ km}^2$

#### Precipitación efectiva ( $Pe$ )

$$Pe = 0,60 (82,80 \text{ mm/hr}) * \frac{200 \text{ min}}{60 \text{ min/hr}} = 165,6 \text{ mm}$$

Tiempo de retardo ( $Tl$ ) según la ecuación (3.16):

$$Tl = 0,005 * \left( \frac{8032,9}{1,258^2} \right)^{0,64} = 1,456 \text{ hr}$$

$$\frac{Tc}{Tl} = \frac{3,33}{1,456} = 2,2$$

Según la figura 3.3, el valor de  $Z$  es:

$$Z = 1$$

$$Q_p = \frac{0,287 * 165,6 \text{ mm} * 11,259 \text{ km}^2 * 1}{3,33 \text{ hr}} = 160,69 \text{ m}^3/\text{s}$$

Utilizaremos como valor de caudal de diseño el promedio de los valores obtenidos

$$Qp = \frac{155,38 \frac{m^3}{s} + 87,563 \frac{m^3}{s} + 160,69 \frac{m^3}{s}}{3} = 134,54 \frac{m^3}{s}$$

### 5.3 Evaluar las diferentes variables hidráulicas del sistema.

#### 5.3.1 Modelación Hidráulica Con Hec-Ras

A continuación se presenta la modelización del río que servirá para la obtención de los parámetros hidráulicos como: nivel máximo de agua, velocidades en el canal principal y márgenes, pendiente de energía, número de Froude, área hidráulica, número de Reynolds.

##### Configuración Geométrica

La información geométrica base para iniciar el modelamiento hidráulico del tramo de estudio fue obtenida mediante dos software externos a HEC RAS, Infracore y AutoCAD Civil 3D, en el primero se obtuvo toda la topografía y en el segundo se hizo uso de esta para extraer las líneas de muestreo del área de interés y exportarlas a HEC RAS.

##### Coefficiente de Manning

Material	Tierra	N0	0,02
Irregularidad	Moderado	N1	0,01
Variaciones de forma y tamaño	Frecuente	N2	0,01
Obstrucciones	Apreciables	N3	0,02
Vegetación	Media	N4	0,01
Meandro	105,69/103	M5	1

$$N = (0,02+0,01+0,01+0,02+0,01) * 1$$

$$N = 0,07$$

Junto a la información geométrica y coeficientes de Manning, se indica al software hacer la simulación para un flujo permanente igual a  $134,54 \text{ m}^3$ , el cual entra al sistema aguas arriba en la progresiva 100, con la condición en la entrada y salida del sistema de tirante igual al tirante crítico. Posteriormente se corre para un régimen de flujo mixto, dando como resultado lo siguiente

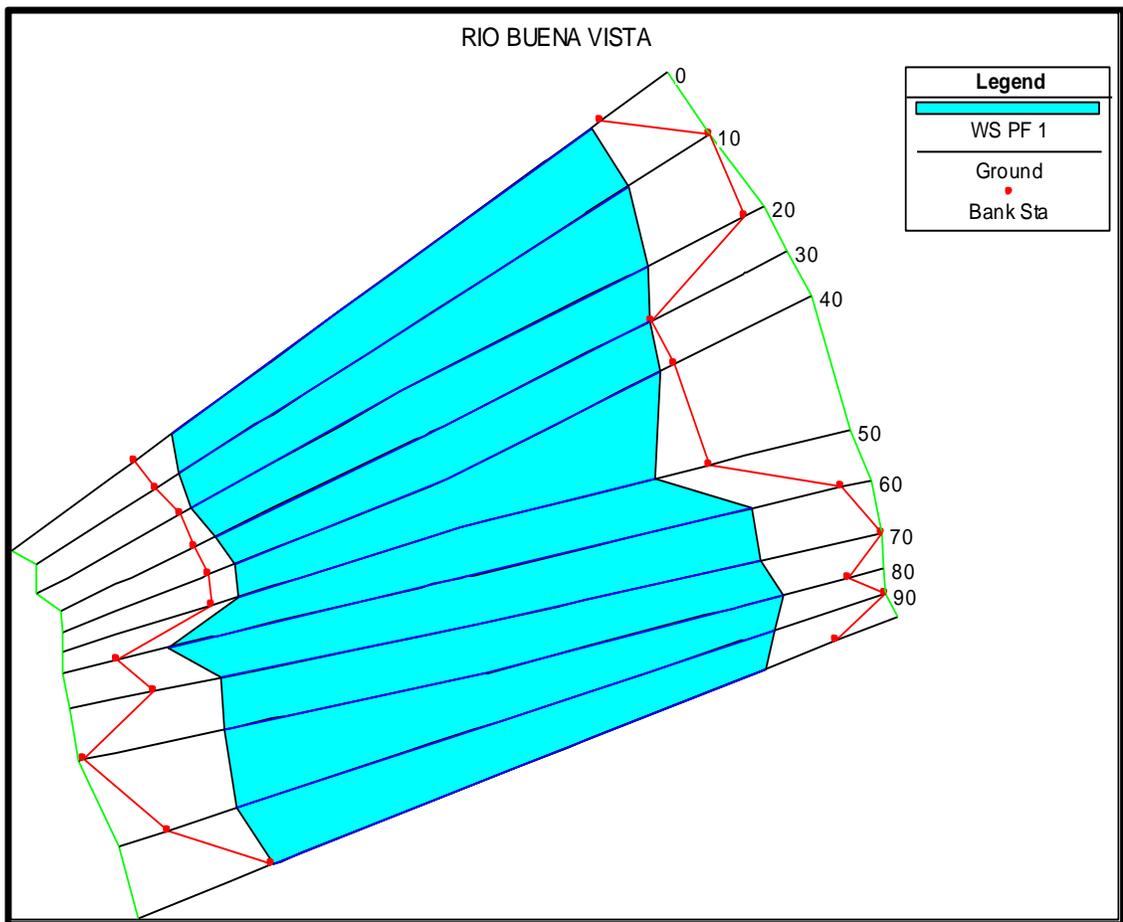


Figura 5.5 Área de inundación.

Secciones se muestran vistas desde la sección 0 aguas abajo, avanzando aguas arriba hasta llegar a la sección 100, inicio del tramo.

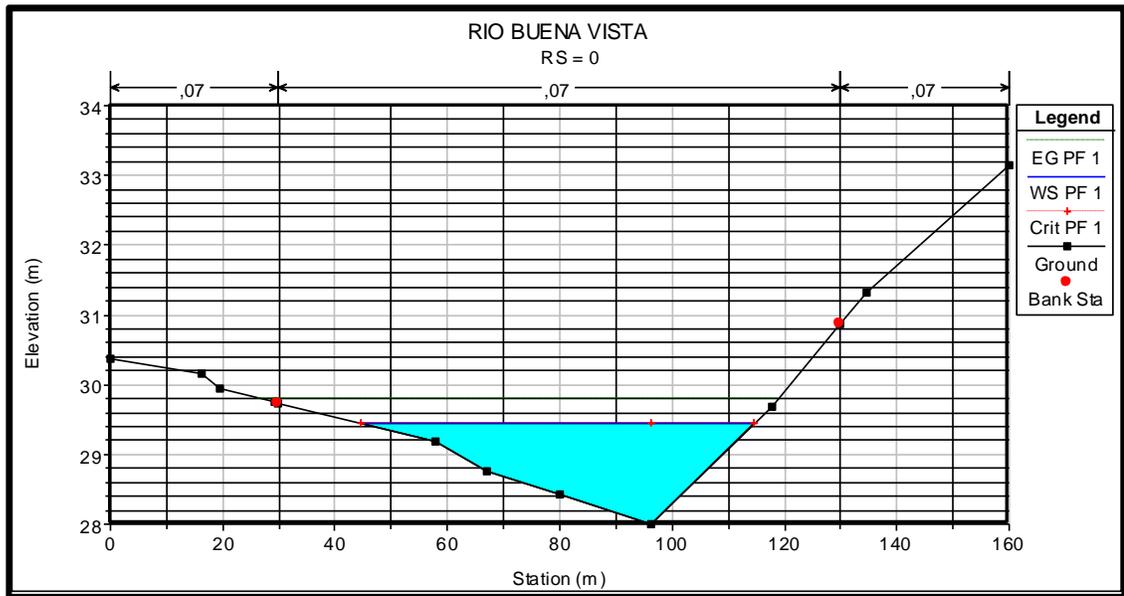


Figura 5.6 Sección de río, progresiva 0 mts.

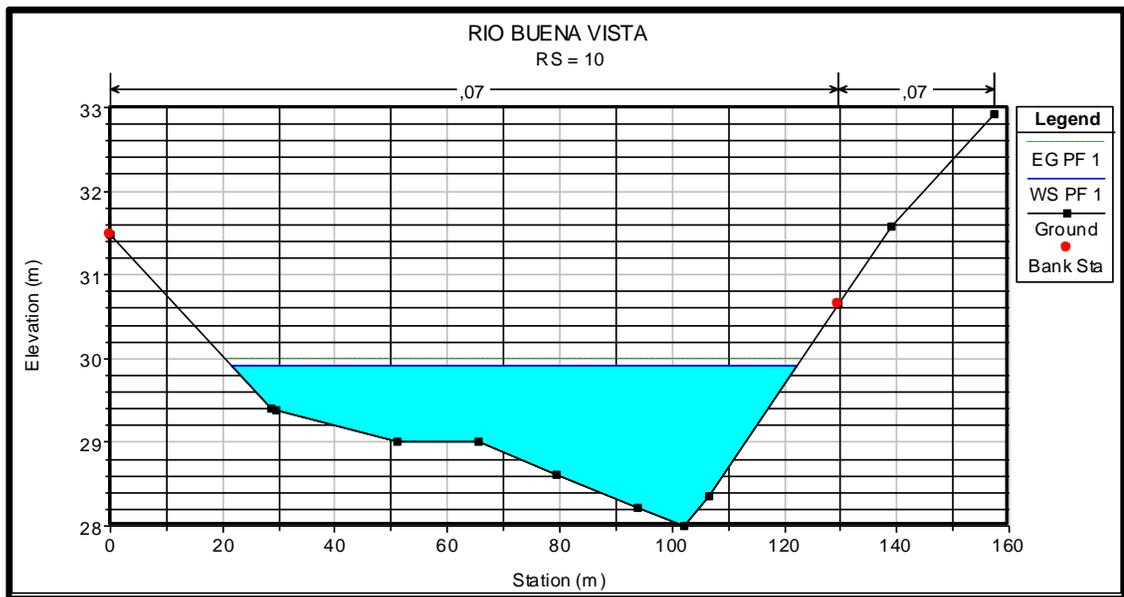


Figura 5.7 Sección de río, progresiva 10 mts.

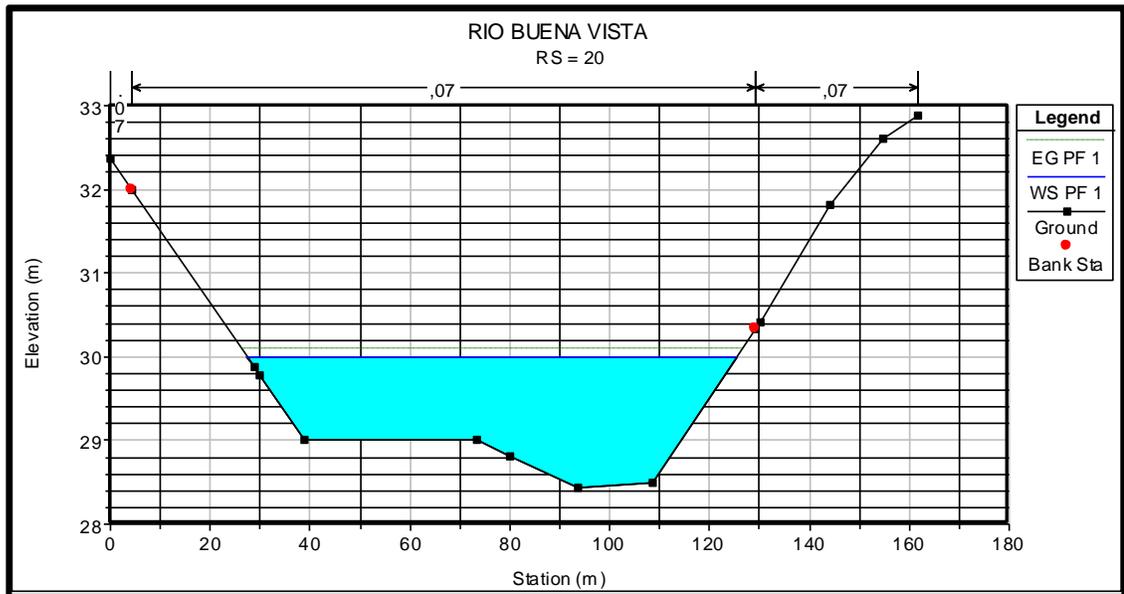


Figura 5.8 Sección de río, progresiva 20 mts.

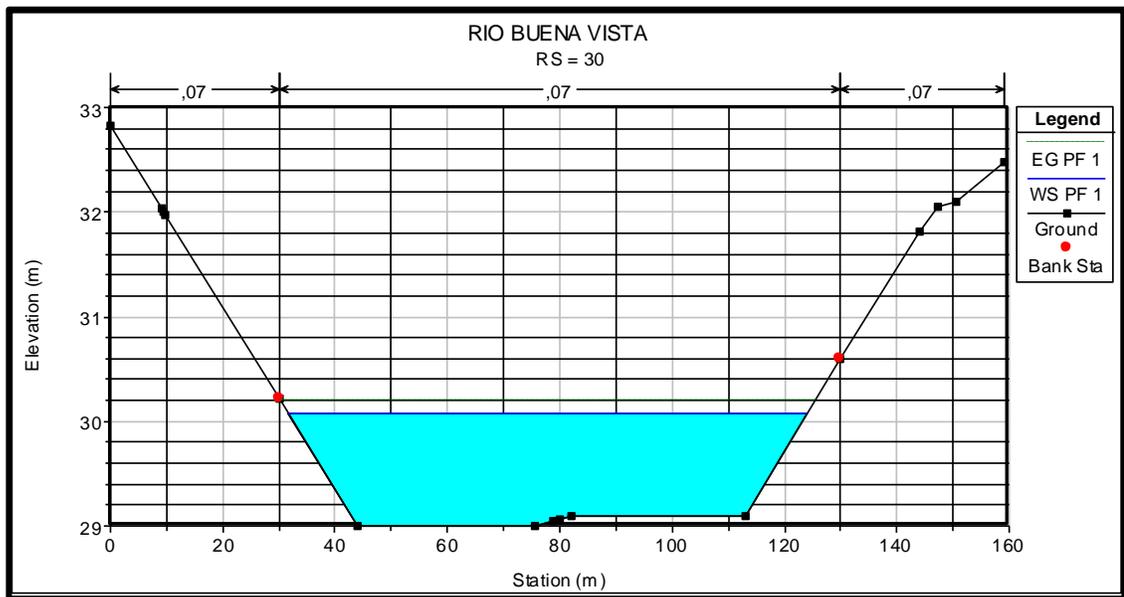


Figura 5.9 Sección de río, progresiva 30 mts.

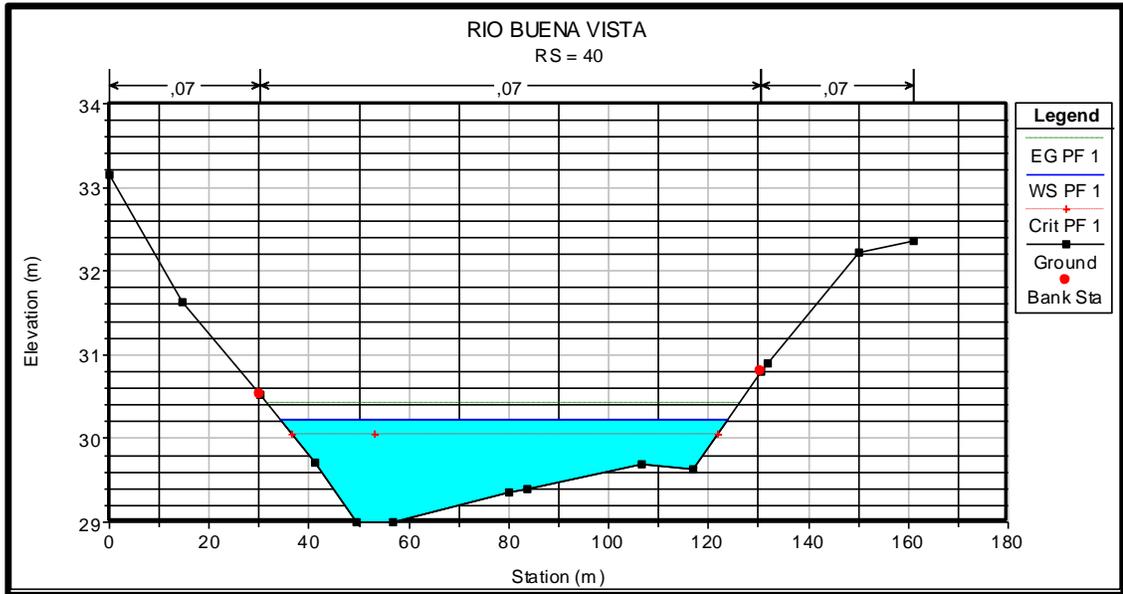


Figura 5.10 Sección de río, progresiva 40 mts.

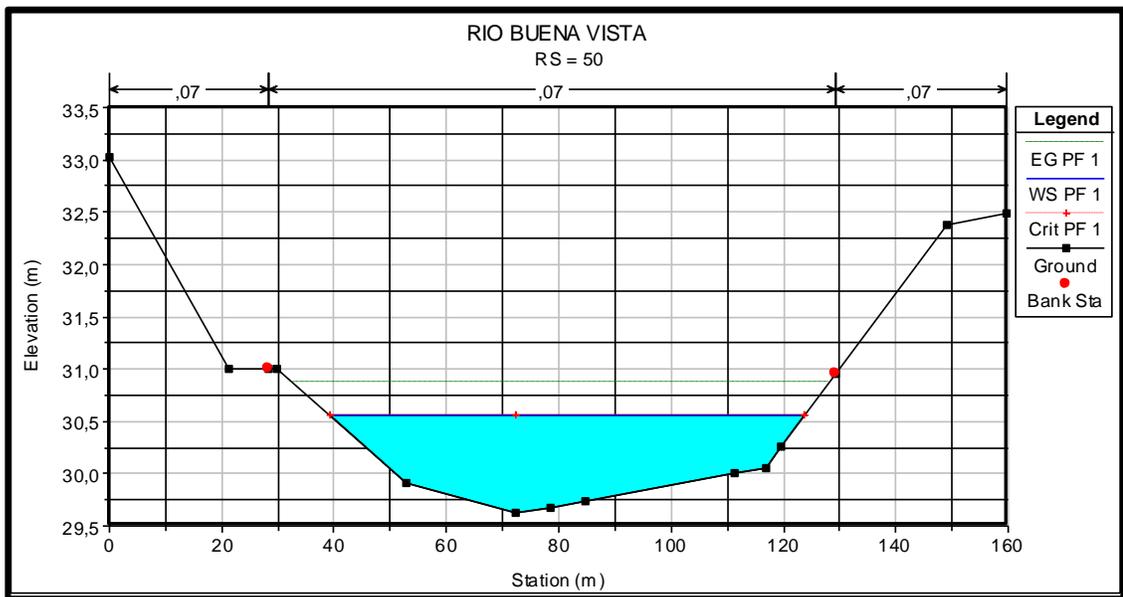


Figura 5.11 Sección de río, progresiva 50 mts.

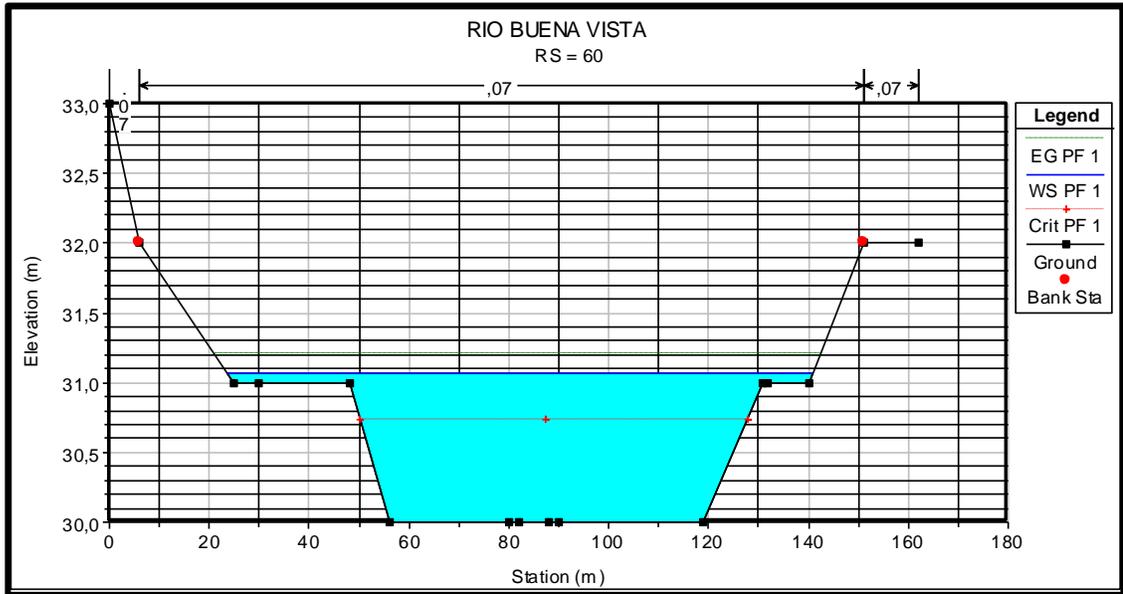


Figura 5.12 Sección de río, progresiva 60 mts.

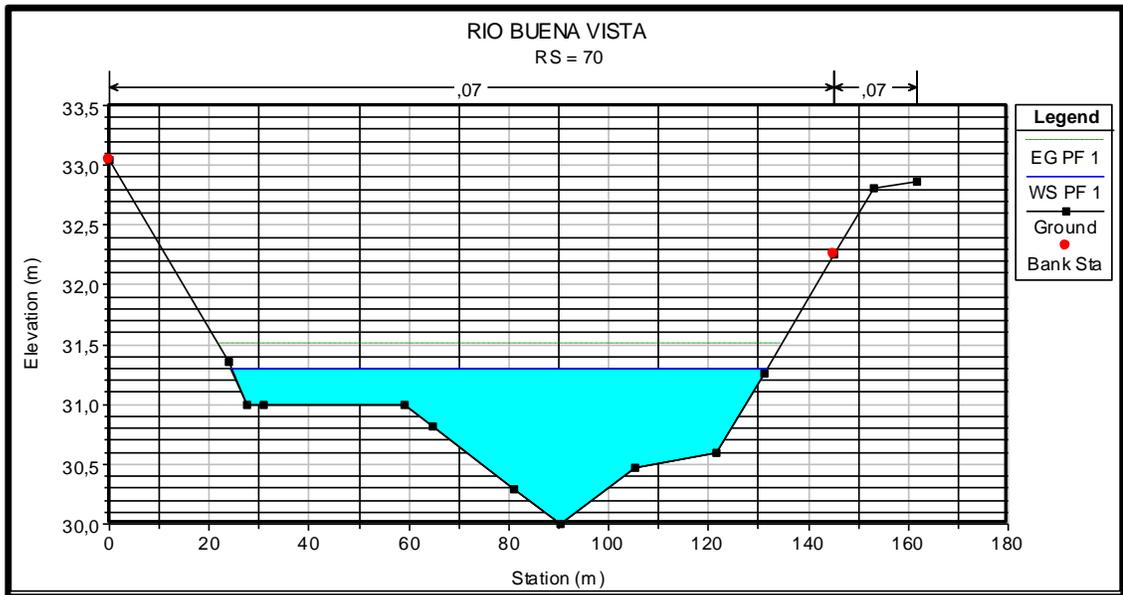


Figura 5.13 Sección de río, progresiva 70 mts.

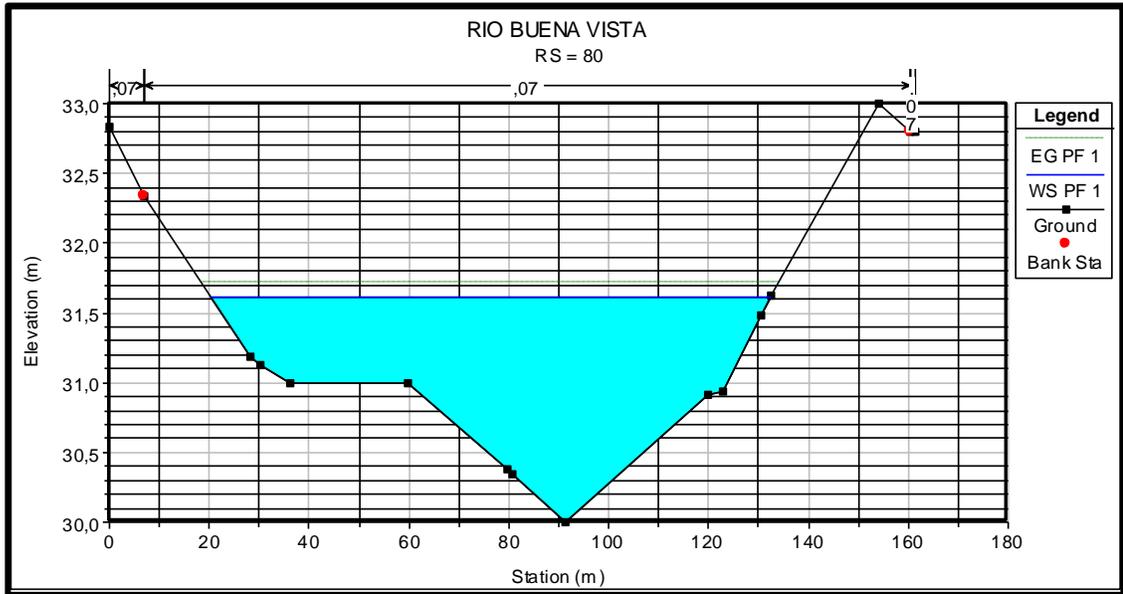


Figura 5.14 Sección de río, progresiva 80 mts.

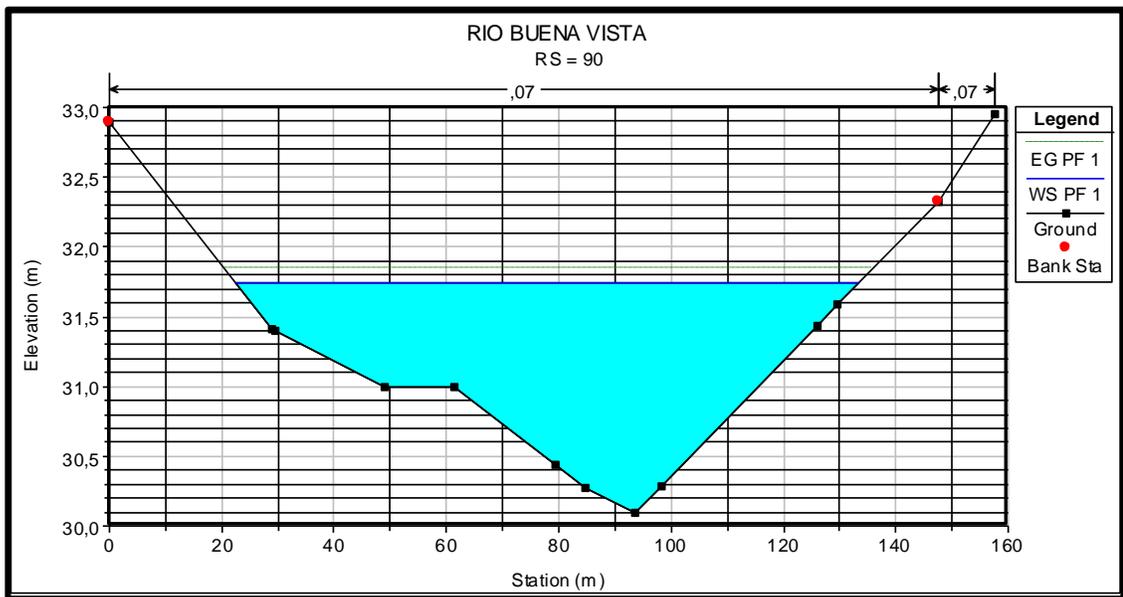


Figura 5.15 Sección de río, progresiva 90 mts.



HEC-RAS Plan: PLAN River: EJE RIO BUENA VI Reach: EJE RIO BUENA VI Profile: PF 1												
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
EJE RIO BUENA VI	100	PF 1	134,54	30,48	31,87	31,65	32,03	0,022381	1,75	76,83	103,54	0,65
EJE RIO BUENA VI	90	PF 1	134,54	30,09	31,74		31,85	0,012810	1,44	93,35	110,87	0,50
EJE RIO BUENA VI	80	PF 1	134,54	30,00	31,61		31,72	0,012771	1,43	93,90	112,24	0,50
EJE RIO BUENA VI	70	PF 1	134,54	30,00	31,30		31,51	0,036293	1,99	67,45	107,45	0,80
EJE RIO BUENA VI	60	PF 1	134,54	30,00	31,07	30,74	31,21	0,022052	1,66	81,08	117,09	0,64
EJE RIO BUENA VI	50	PF 1	134,54	29,62	30,56	30,56	30,88	0,055947	2,50	53,83	84,59	1,00
EJE RIO BUENA VI	40	PF 1	134,54	29,00	30,23	30,05	30,42	0,026203	1,94	69,26	89,87	0,71
EJE RIO BUENA VI	30	PF 1	134,54	29,00	30,07		30,21	0,015070	1,63	82,67	92,39	0,55
EJE RIO BUENA VI	20	PF 1	134,54	28,43	30,00		30,09	0,008127	1,32	101,96	98,19	0,41
EJE RIO BUENA VI	10	PF 1	134,54	28,00	29,92		30,00	0,008167	1,31	102,80	100,59	0,41
EJE RIO BUENA VI	0	PF 1	134,54	28,00	29,44	29,44	29,81	0,054726	2,68	50,24	69,96	1,01

Figura 5.18 Resultados de modelación hidráulica del tramo.

Claramente se puede apreciar que no existe una gran pérdida de energía, el flujo presenta ser de tipo subcrítico en todo su tramo al tener valores de Froude menores a 1; siendo ser el máximo valor de 1 ubicado en la sección de progresiva 50 m, debido a un cierto estrechamiento; las velocidades en todo el tramo varían de 1,31m/s a 2,50m/s

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. La cuenca en estudio presenta un área general de 1.125,94 *ha* que drenan hacia la zona de interés, en el tramo comprendido a lo largo de la comunidad Bolívar 2000, Parroquia La Sabanita, Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco del estado Bolívar.
2. La cuenca general presenta un perímetro de 21.760 m, una pendiente media de 4,73% y el cauce principal presenta una longitud total de 8032,90 *metros* y una pendiente media de 1,26%.
3. La escorrentía ponderada de la cuenca se estimó en  $C = 0,60$ .
4. Para el tipo de obra en zona urbana el Período de retorno se consideró de 50 años, con tiempos de concentración de 200 minutos, considerándose una intensidad de lluvia sobre la cuenca de 230 *l/seg/ha*.
5. El caudal promedio considerado considera los caudales por el método Racional, el Método del Hidrograma Triangular y el método de Chow, el cual para la cuenca es de 134,54  $m^3/seg$
6. A Través de las secciones circula la totalidad del flujo mostrando cotas de la superficie del agua entre 31,87 msnm y 29,92 msnm, velocidades medias entre 2,50m/s y 1,31 m/s, áreas hidráulicas desde 53,83  $m^2$  hasta 102,8  $m^2$ , anchos de inundación entre 117,09 m y 84,53 m y valores para el numero desde 0,41 hasta un máximo de uno, lo que denota que se está en presencia de un tipo de flujo subcritico.

## **Recomendaciones**

- 1.** Se recomienda estudiar, analizar y disponer de elementos que encaucen adecuadamente las aguas pluviales de escorrentía en el lado este del tramo a fin de evitar el debilitamiento que estas ejercen sobre el borde del cauce dado su alta velocidad de circulación
- 2.** Se recomienda llevar a cabo obras de protección de taludes a lo largo del tramo de estudio
- 3.** Se recomienda realizar la verificación de cauces de agua existentes en la ciudad, para evitar que sucedan percances que pongan en riesgo vidas humanas.
- 4.** Se recomienda realizar trabajos de mantenimiento permanente a los cursos de agua presentes en la ciudad para evitar que los desechos y la basura originen obstrucción a la circulación de las aguas pluviales

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aparicio M, Francisco J. (1992). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. (1ra Reimpresión). Editorial Limusa. México.
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica*. (6ta ed.). Espíteme. Caracas-Venezuela. p.54.
- Arocha Ravelo, Simón (1983). *Cloacas y Drenajes*. Ediciones Vega, Caracas, Venezuela.
- Claret, A. (2009). *Cómo Hacer y Defender una Tesis*. Texto, C.A. Caracas. p.145.
- Hernández, R.; Fernández, C. y Baptista, P. (1999). *Metodología de la Investigación*. Segunda Edición. Editorial Mc. Graw Hill, México. P. 71.
- Ministerio de Obras Públicas (1967). *Manual de Drenaje*. Caracas, Venezuela.
- Vargas, Z. (2009). *La investigación aplicada. Una forma de conocer las realidades con evidencia científica*. Revista Educación. Vol 33 N° 1. Universidad de Costa Rica.
- Ven Te Chow (1994). *Hidráulica de Canales Abiertos*. Mc. Graw Hill, Santa Fé de Bogotá. Colombia

---

---

**Estudiantes**

---

---

**Asesor Académico**

**Asesor Industrial**

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO UNIVERSITARIO  
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano  
**Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ**  
Vicerrector Académico  
Universidad de Oriente  
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.



Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

  
JUAN A. BOLANOS CURVELO  
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

# Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

**Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009) :** "Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización."

---

**Guevara Junior**  
**Autor 1**

---

**Hernández Evixy**  
**Autor 2**

---

**TUTOR**  
**Enylus Rondón**