

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



**ANÁLISIS DE LA SENSIBILIDAD DE LOS MÉTODOS DE
MEDICIÓN DE VELOCIDAD DEL FLUJO EN CORRIENTES
FLUVIALES: CASO RÍO CARIS ENTRE LAS COORDENADAS
(E408449; N 929022); (E 408414; N 928987) MUNICIPIO
INDEPENDENCIA ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO PRESENTADO
POR LOS BACHILLERES
GONZÁLEZ R., STEFANY
DEL V. Y URBINA G.,
JOSÉ R. PARA OPTAR AL
TÍTULO DE INGENIERO
GEÓLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, ENERO DEL 2019



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

ACTA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, titulado: “ANÁLISIS DE LA SENSIBILIDAD DE LOS MÉTODOS DE MEDICIÓN DE VELOCIDAD DEL FLUJO EN CORRIENTES FLUVIALES: CASO RÍO CARIS ENTRE LAS COORDENADAS (E408449; N 929022); (E 408414; N 928987) MUNICIPIO INDEPENDENCIA ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA..”, presentado por los bachilleres, **GONZÁLEZ R., STEFANY DEL V.** de cédula de identidad No **25.427.727** Y **URBINA G., JOSÉ R.** de cédula de identidad No **21.087.431** respectivamente; como requisito parcial para optar al título de **INGENIERO GEÓLOGO** ha sido **APROBADO** por el jurado integrado por los profesores de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente.

Nombre:

Prof. Dafnis Echeverría

(Asesor)

Prof(a). Zulimar Gámez

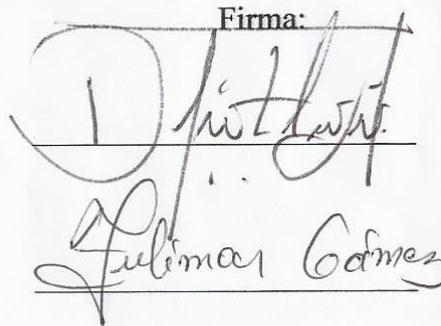
(Jurado)

Prof(a). José Simón González

(Jurado)

Prof. Javier Ramos.
Jefe de Dpto. de Ing. Geológica.

Firma:





Prof. Francisco Monteverde
Director de la Escuela de Ciencias de la Tierra

En Ciudad Bolívar, a los 22 días del mes de Enero del 2019.

DEDICATORIA

Quiero dedicarle este logro primeramente a Dios nuestro Omnipotente, que es el guía de todos mis pasos, quien me dota de fortaleza y sabiduría para seguir luchando por alcanzar todos los objetivos que me proponga en mi trayecto de vida, solo él puede hacerlo posible.

A mis padres que han sido mi mayor ejemplo de lucha y constancia, brindándome su granito de arena con paciencia y tolerancia, siempre a mi lado dándome aliento para llegar hasta donde me encuentro ahora, mostrándome que no hay imposibles cuando se tiene fé y perseverancia. Ellos son mi gran tesoro y fuente de inspiración para lograr mis éxitos.

A mi hermano y familiares, quienes son el complemento de mi vida, ellos saben muy bien que este triunfo es el reflejo de lo que quiero que ellos logren.

Dedico este triunfo a mi querido abuelo Elulio, a él le hubiese encantado celebrar este gran momento conmigo, siempre estarás presente en mi vida como mi ángel protector.

A todas aquellas personas que me han brindado su apoyo incondicional en los momentos más importantes de mi vida, aquellos que llegan a convertirse en una segunda familia, ellos quienes valoran y le dan el verdadero sentido a la palabra amistad.

GONZÁLEZ R., STEFANY DEL V.

A mi madre por estar ahí incondicionalmente en todos los momentos y situaciones que atravesé en la vida universitaria hasta el día de hoy me sigue apoyando. Mis abuelos por estar ahí brindándome la palabra exacta y el consejo preciso para tomar las decisiones. A mis hermanos, los cuales han estado ahí para escucharme y que con sus ocurrencias hemos pasado momentos que son difíciles de olvidar. A toda mi familia que directa o indirectamente me han apoyado en todo momento y a mis amigos y compañeros de clases con los que he pasado estos años, y hemos compartido momentos de alegría más de una vez. Por ultimo a mi novia por apoyarme en toda mi carrera universitaria, por estar conmigo en las buenas y en las malas.

URBINA G., JOSÉ R.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer primero a Dios por haber llenado de sabiduría nuestras vidas y mostrarnos el camino correcto.

A todos lo que hicieron posible la realización de la presente tesis de grado: Al Ingeniero Dafnis Echeverría asesor de la tesis por su apoyo incondicional al desarrollo de este trabajo con sus amplios conocimientos.

A la Ingeniera Zulimar Gámez por brindarnos su ayuda en todo momento, por sus comentarios, sugerencias y tiempo brindado, siendo estas de gran aporte y utilidad.

Por ultimo le agradecemos a nuestros padres por brindarnos su apoyo económicamente para la realización de esta investigación.

GONZÁLEZ R., STEFANY DEL V.

URBINA G., JOSÉ R.

RESUMEN

El análisis de la sensibilidad de los métodos de medición de velocidad del flujo en corrientes fluviales; caso río Caris del municipio Independencia, estado Anzoátegui, Venezuela. Se realizó en un tramo de su cuenca media, siendo uno de los ríos más importantes del sur del citado estado, drenando sus aguas cargadas de sedimentos en el río Orinoco, del citado municipio. Se considera la localización de la zona previamente al estudio de mediciones de velocidad, los materiales y equipos utilizados para esta tesis fue por medio de flotadores, tubo Pitot y correntómetro para así calcular y analizar los caudales presentes mediante cálculos matemáticos y estadísticos. Esta investigación comprende un desarrollo progresivo de diferentes etapas que inicia desde la recopilación bibliográfica y revisión cartográfica hasta el procesamiento de los datos de sensibilidad obtenidos en campo, elaboración de plano topográfico y secciones transversales; además de análisis de los resultados que permiten integrar todas las variables. Se realizaron 3 tipos de mediciones de velocidad antes mencionada, donde primeramente se usaron los flotadores, se soltaron 3 desde la sección (a) hasta la sección (b) aforada a lo largo del área de estudio manteniendo una distancia constante de 35m, tomando en cuenta tiempo y distancia para cada uno de ellos. En segundo lugar, el tubo Pitot donde solo se usó en la sección (b) introduciendo en la vertical y midiendo su altura manteniendo una distancia constante de 7m partiendo desde la ribera izquierda. Tomando en cuenta el tiempo de 60s. Por último, el correntómetro donde también se utilizó en la sección (b) introduciendo en la vertical y midiendo sus revoluciones durante un minuto manteniendo una distancia constante de 7m. Obteniendo resultados, los flotadores con velocidad promedio de 1,67 m/s, el correntómetro 0.0975 m/s y el tubo Pitot de 2.63 m/s. Evaluando además el caudal aportado de la cuenca para periodos de retorno 25 y 50 años que aportaron 46945.058 m³/s y 51945.262 m³/s.

CONTENIDO

| | Página |
|--|--------|
| ACTA DE APROBACIÓN..... | ii |
| DEDICATORIA..... | iii |
| AGRADECIMIENTOS..... | v |
| RESUMEN..... | vi |
| CONTENIDO..... | vii |
| LISTA DE FIGURAS..... | x |
| LISTA DE TABLAS..... | xii |
| LISTA DE APÉNDICES..... | xiii |
| LISTA DE ANEXOS..... | xiv |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| CAPÍTULO I..... | 3 |
| SITUACIÓN A INVESTIGAR..... | 3 |
| 1.1 Planteamiento del problema..... | 3 |
| 1.2 Objetivos de la investigación..... | 5 |
| 1.2.1 Objetivo general..... | 5 |
| 1.2.2 Objetivos específicos..... | 5 |
| 1.3 Justificación de la investigación..... | 6 |
| 1.4 Alcance de la investigación..... | 6 |
| 1.5 Limitaciones de la investigación..... | 6 |
| CAPÍTULO II..... | 7 |
| GENERALIDADES..... | 7 |
| 2.1 Ubicación geográfica del área de estudio..... | 7 |
| 2.2 Acceso al área de estudio..... | 7 |
| 2.3 Geología regional..... | 8 |
| 2.4 Vegetación..... | 11 |
| 2.5 Aspectos pedogenéticos..... | 12 |
| 2.6 Hidrografía..... | 13 |
| 2.7 Forma del relieve regional..... | 13 |
| 2.8 Caracterización climatológica del área de estudio..... | 14 |
| 2.8.1 Temperatura..... | 16 |
| 2.8.2 Humedad relativa..... | 16 |
| 2.8.3 Insolación solar..... | 17 |
| 2.8.4 La precipitación..... | 17 |
| 2.8.5 Evaporación..... | 18 |
| CAPÍTULO III..... | 19 |
| MARCO TEÓRICO..... | 19 |
| 3.1 Antecedentes..... | 19 |
| 3.2 Fundamentos teóricos..... | 20 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2.3 Medición de caudal | 21 |
| 3.2.3.1 Aforo volumétrico | 21 |
| 3.2.3.2 Aforo de cañerías en pozos de agua | 22 |
| 3.2.3.3 Aforo utilizando estructuras aforadoras..... | 23 |
| 3.2.2.4 Aforo por sección y velocidad..... | 31 |
| 3.2.3 Aforo de medianos y grandes ríos..... | 37 |
| 3.2.4 Instrumentos para medición de corrientes | 42 |
| 3.2.5 Elementos geométricos para canales abiertos | 45 |
| 3.2.6 Determinación del caudal de drenaje de la cuenca | 45 |
| 3.2.6.1 Método racional | 45 |
| 3.2.6.2 Método de Hidrograma | 47 |
| 3.2.6.3 Método del Hidrograma Triangular | 49 |
| 3.2.7 Modelamiento hidráulico del flujo | 53 |
| 3.2.8 Socavación | 54 |
| 3.2.8.1 Socavación general..... | 55 |
| CAPÍTULO IV | 56 |
| METODOLOGÍA DE TRABAJO | 56 |
| 4.1 Nivel o tipo de la investigación | 56 |
| 4.2 Diseño de la investigación..... | 56 |
| 4.2.1 Investigación documental..... | 56 |
| 4.2.2 Investigación de campo | 56 |
| 4.3 Población y muestra de la investigación..... | 57 |
| 4.3.1 Población de la investigación | 57 |
| 4.3.2 Muestra de la investigación | 58 |
| 4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 58 |
| 4.4.1 Técnicas de recolección de datos | 59 |
| 4.4.1.1 Revisión y análisis documental..... | 59 |
| 4.4.1.2 Observación directa..... | 59 |
| 4.4.2 Instrumentos de recolección de datos | 59 |
| 4.5 Flujograma de la metodología de trabajo..... | 60 |
| 4.6 Procedimiento para el logro de los objetivos | 61 |
| 4.6.1 Recopilación de la información y reconocimiento de campo | 61 |
| 4.6.2 Estado actual del río Caris en el tramo evaluado..... | 61 |
| 4.6.3 Toma de datos de velocidad de flujo de corrientes..... | 61 |
| 4.6.4 Caracterización geomorfológica de la cuenca y del cauce | 62 |
| CAPÍTULO V | 63 |
| ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS | 63 |
| 5.1 Condiciones morfométricas actuales en el área de estudio del río Caris..... | 63 |
| 5.2 Características geomorfológicas del tramo en estudio del río Caris. | 65 |
| 5.3. Caudal de diseño admitido en la cuenca alta del río Caris para distintos periodos de retornos 25 y 50 años..... | 70 |
| 5.4. Protocolos de medición de velocidades del río Caris manipulando correntómetro, flotadores y tubo pitot..... | 73 |

| | |
|--|-----|
| 5.5. Variación de las mediciones de velocidades de flujo del agua en función a los distintos instrumentos y diferentes condiciones de medición..... | 75 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 78 |
| Conclusiones | 78 |
| Recomendaciones..... | 79 |
| REFERENCIAS | 80 |
| APÉNDICES | 84 |
| ANEXOS..... | 111 |

LISTA DE FIGURAS

| | | Página |
|------|---|--------|
| 2.1 | Ubicación relativa del área de estudio..... | 7 |
| 2.2 | Vía de acceso del área de acceso vista en imagen Landsat..... | 8 |
| 2.3 | Extensión geográfica de la Formación Mesa..... | 10 |
| 2.4 | Vegetación de bosque de galería..... | 11 |
| 2.5 | Vegetación de sabana arbustiva de la cuenca del río Caris..... | 12 |
| 2.6 | Paisaje de Mesa disectada típica de las subcuencas de los afluentes del río Caris..... | 14 |
| 2.7 | Paisaje de colinas y montículos de la cuenca del río Caris..... | 14 |
| 2.8 | Clasificación climática según Köppen, W (1936)..... | 15 |
| 3.1 | Aforo Volumétrico..... | 22 |
| 3.2 | Vertedero fabricado con mampostería sobre río Segura, Murcia España..... | 24 |
| 3.3 | Partes del vertedero..... | 25 |
| 3.4 | Vertedero en funcionamiento..... | 25 |
| 3.5 | Vertedero de pared delgada..... | 27 |
| 3.6 | Vertedero de pared gruesa..... | 27 |
| 3.7 | Vertedero rectangular..... | 29 |
| 3.8 | Vertedero triangular..... | 29 |
| 3.9 | Vertedero trapezoidal (Cipolletti)..... | 30 |
| 3.10 | Vertedero circular..... | 31 |
| 3.11 | Sección transversal..... | 32 |
| 3.12 | Vista de planta y perfil de velocidad en una vertical..... | 33 |
| 3.13 | Curvas isotaqueas en sección transversal..... | 33 |
| 3.14 | Flotadores..... | 35 |
| 3.15 | Distintas partes del equipo de aforo transportado con mochila o con caja de madera..... | 36 |
| 3.16 | Representación esquemática de a) un río b) un canal..... | 39 |
| 3.17 | Perfiles de velocidades de una sección cualquiera..... | 40 |
| 3.18 | Distribución de la velocidad en una sección de un canal trapezoidal Revestido..... | 41 |
| 3.19 | Molinete tipo Price..... | 42 |
| 3.20 | Curva de calibración del molinete..... | 42 |
| 3.21 | Vertederos de pared delgadas..... | 45 |
| 3.22 | Hidrograma típico aislado. (Fuente: Aparicio, 2001)..... | 47 |
| 3.23 | Hidrograma unitario triangular (Fuente: Mc-Cuen, 1985)..... | 50 |
| 3.24 | Representación gráfica del Hidrograma Unitario Triangular como la suma de dos triángulos A_1 y A_2 (Fuente: Mc-Cuen, 1985)..... | 51 |
| 4.1 | Flujograma de la investigación..... | 60 |
| 5.1 | Cuenca del río Caris hasta la zona de estudio..... | 63 |

| | | |
|------|--|----|
| 5.2 | Naturaleza meandrante y dendrítica del río Caris en las adyacencias del área de estudio. (IGVSB, 2010)..... | 66 |
| 5.3 | Tramo recto a sinuoso entre los tramos de meandros del río Caris (IGVSB, 2010)..... | 67 |
| 5.4 | Imagen de satélite landsat de la cuenca media del río Caris, se observa drenaje dendrítico (Google Earth, 2018)..... | 67 |
| 5.5 | Sección Transversal 1 del tramo evaluado del río Caris de izquierda a derecha | 68 |
| 5.6 | Sección Transversal 2 del tramo evaluado del río Caris de izquierda a derecha | 68 |
| 5.7 | Sección Transversal 3 del tramo evaluado del río Caris de izquierda a derecha | 68 |
| 5.8 | Sección Transversal 4 del tramo evaluado del río Caris de izquierda a derecha | 69 |
| 5.9 | Sección Transversal 5 del tramo evaluado del río Caris de izquierda a derecha | 69 |
| 5.10 | Sección Transversal 6 del tramo evaluado del río Caris de izquierda a derecha | 69 |
| 5.11 | Sección Transversal 7 del tramo evaluado del río Caris de izquierda a derecha | 70 |
| 5.12 | Curvas IDF para la región hidrológica II..... | 71 |
| 5.13 | Hidrograma Unitario Triangular SCS de la cuenca media y alta del río Caris..... | 72 |
| 5.14 | Medición de velocidades con el tubo pitot en el centro de la sección (b) del río Caris..... | 76 |
| 5.15 | Medición de velocidades con el correntómetro en el centro de la sección (b) del río Caris..... | 76 |
| 5.16 | Medición de velocidades con flotadores en el centro de la sección (a) punto inicial del río Caris..... | 76 |
| 5.17 | Medición de velocidades con flotadores esperando en la sección (b) punto final del río Caris..... | 77 |
| 5.18 | Separaciones entre secciones (a) punto inicial y (b) punto final del río Caris..... | 77 |

LISTA DE TABLAS

| | Página |
|--|--------|
| 2.1 Resumen estadístico de temperatura (°C), período 2000 – 2011, estación Ciudad Bolívar..... | 16 |
| 2.2 Resumen estadístico de humedad relativa (%), período 2000 – 2011, estación Ciudad Bolívar..... | 17 |
| 2.3 Resumen estadístico de insolación (hr), período 2000 – 2011, estación Ciudad Bolívar..... | 17 |
| 2.4 Resumen estadístico de precipitación (mm), período 2000 – 2011, estación Ciudad Bolívar..... | 18 |
| 2.5 Resumen estadístico de evaporación (mm), período 2000 – 2011, estación Ciudad Bolívar..... | 18 |
| 5.1 Parámetros morfométricos de la cuenca media y alta del río Caris | 64 |
| 5.2 Coeficientes de escorrentía (Fuente: Benítez, 1980)..... | 65 |
| 5.3 Determinación del coeficiente de escorrentía ponderado para toda la cuenca..... | 65 |

LISTA DE APÉNDICES

| | Página |
|--|--------|
| Apéndice A fotos de los instrumentos utilizados para la sensibilidad de los métodos de medición de velocidad del flujo de corriente..... | 85 |
| A.1 Correntómetro..... | 86 |
| A.2 Flotadores..... | 86 |
| A.3 Tubo Pitot..... | 86 |
| Apéndice B. Datos climatológicos..... | 87 |
| B.1 Resumen climatológico años 2000, 2001 y 2002, Estación: Ciudad Bolívar, (Servicio de Meteorología FAV)..... | 88 |
| B.2 Resumen climatológico año 2003, 2004 y 2005, Estación: Ciudad Bolívar (Servicio de Meteorología FAV)..... | 89 |
| B.3 Resumen climatológico año 2006, 2007 y 2008 Estación: Ciudad Bolívar (Servicio de Meteorología FAV)..... | 90 |
| B.4 Resumen climatológico, período año 2009 a 2011, Estación: Ciudad Bolívar (Servicio de Meteorología FAV)..... | 91 |
| Apéndice C Datos de sensibilidad (correntómetro, flotadores y tubo pitot)..... | 92 |
| C.1 Resumen de lecturas y resultados del correntómetro..... | 93 |
| C.2 Resumen de lecturas y resultados de los flotadores..... | 94 |
| C.3 Resumen de lecturas y resultados del tubo pitot..... | 95 |
| Apéndice D Modelamiento del tramo evaluado de la cuenca media del río Caris..... | 96 |
| D.1 Perfil Longitudinal del eje axial de la cuenca media del río Caris..... | 97 |
| D.2 Perfil Longitudinal del cauce principal de la cuenca media del río Caris..... | 98 |
| D.3 Sección de aforo de la E 408414; N 928987 de la cuenca media del río Caris..... | 99 |
| D.4 Sección transversal de la E 408414; N 928987 de la cuenca media del río Caris con velocidades puntuales | 99 |
| D.5 Perfil vertical de velocidad 1 del tramo evaluado del río Caris de izquierda a derecha l..... | 100 |
| D.6 Perfil vertical de velocidad 2 del tramo evaluado del río Caris de izquierda a derecha | 100 |
| D.7 Perfil vertical de velocidad 3 del tramo evaluado del río Caris de izquierda a derecha | 101 |
| D.8 Perfil vertical de velocidad 4 del tramo evaluado del río Caris de izquierda a derecha | 101 |
| D.9 Perfil vertical de velocidad 5 del tramo evaluado del río Caris de izquierda a derecha | 102 |

| | |
|--|-----|
| D.10 Perfil vertical de velocidad 6 del tramo evaluado del río Caris de izquierda a derecha | 102 |
| D.11 Perfiles verticales de velocidades del tramo evaluado del río Caris de izquierda a derecha..... | 103 |
| D.12 Secciones Transversales de velocidad del tramo evaluado del río Caris de izquierda a derecha en conjunto a los perfiles verticales de velocidades.... | 104 |
| Apéndice E Datos del levantamiento topográfico de las sección transversal..... | 105 |
| E.1 Coordenadas y cotas de la sección transversal levantada topográficamente..... | 106 |
| Apéndice F comparaciones de los resultados de los métodos de medición.... | 107 |
| F.1 Resumen de comparación de resultados de velocidades y desviación estándar de flotadores, correntómetro y del tubo Pitot..... | 108 |
| F.2 Resumen de comparación de resultados de desviación estándar de flotadores y correntómetro..... | 108 |
| Apéndice G Hojas cartográficas..... | 109 |
| G.1 Representación cartográficas de los límites del municipio independencia, estado Anzoátegui, 7441 y 7442 pertenecientes a IGVSBS, 2010..... | 110 |

LISTA DE ANEXOS

- A. Plano topográfico del tramo del río Caris en su cuenca media

INTRODUCCIÓN

El caudal es la cantidad de agua que fluye por unidad de tiempo en un conducto abierto o cerrado como un río, riachuelo, acequia, una canal o una tubería.

La hidrometría permite medir, determinar el caudal del agua que fluye sobre algunas de estas estructuras donde ejemplos aplicados a esto podrían verse en la entrada o salida de agua en una planta de tratamiento, la que se consume en una ciudad, industria, etc.

Es de suma importancia conocer el caudal que fluye por una determinada fuente ya que ese caudal fluctúa según las épocas del año y las condiciones meteorológicas.

Existen distintos instrumentos que permiten medir el caudal pasante en un cauce, los cuales presentan distintos niveles de exactitud y condiciones de operación. Entre ellos encontramos sistemas convencionales, como: correntómetros, flotadores y tubos de Pitot, sistemas donde se interviene el cauce, como: vertederos y canaletas, sistemas modernos como los ADP y metodologías de aforo químico.

Los sistemas fluviales de régimen permanente tales como los ríos de los llanos orientales de Venezuela, incluyendo los del sur de los estados Monagas y Anzoátegui están en un proceso constante de variaciones en la morfología de su cauce y riberas, lo cual es ocasionado a su vez por las fluctuaciones de los caudales líquidos y sólidos que se mueven en el cauce. Es decir, que existe una variación constante de la energía del río.

En vista de esta situación, el río Caris sufre en algunos tramos fluctuaciones de caudal según las épocas del año que a su vez modifica significativamente la morfología de su trayectoria y afectando las actividades antrópicas que se realizan en sus adyacencias. Se ha planteado como motivo de estudio en la presente investigación análisis de la sensibilidad de los métodos de medición de velocidad del flujo en corrientes fluviales: caso río Caris entre las coordenadas (E408449; N 929022); (E 408414; N 928987), municipio Independencia, estado Anzoátegui, Venezuela.

Esta investigación se estructura en cinco (5) capítulos: En el capítulo I se presenta el planteamiento del problema, los objetivos, justificación, alcance y limitaciones del estudio. El capítulo II corresponde a las generalidades respecto al área de estudio como ubicación geográfica y características físico naturales. El marco teórico se muestra en el capítulo III. La metodología empleada para la realización de la investigación se desarrolla en el capítulo IV. El capítulo V presenta el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en cada una de las etapas de la metodología aplicada.

Finalmente se exponen las conclusiones y recomendaciones más relevantes como consecuencia final del estudio para dar cumplimiento a los objetivos planteados.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

Las inundaciones ocasionadas por el desbordamiento de los ríos son fenómenos naturales que ocurren con cierta frecuencia en todo el planeta. Cada año durante los periodos de lluvias intensas se presentan muchos estragos a nivel mundial, dejando pérdidas económicas, escasez de alimento, de energía, agua y, peor aún, pérdidas de vidas humanas (Tucci, 2006).

Además, las inundaciones son considerada como el evento natural que mayores estragos causan a nivel mundial, por lo que se ha convertido en un problema en aumento que preocupa a la población en general, (Suárez, 2008).

Sin embargo, la presencia de agua es vital para las diversas comunidades humanas, de casi cualquier etnia, han elegido las riberas de los ríos como fuente de agua dulce para su abastecimiento propio, para los cultivos, para saciar la sed de sus animales, como fuente de materia prima como agregado para material de construcción, etc.

Venezuela no es una excepción de esta situación, y a todo lo ancho y largo del país podemos observar muchísimas poblaciones y grupos humanos, de pequeña y gran magnitud, ubicados o arraigados en las riberas de los ríos a lo largo de toda su trayectoria. La ubicación estratégica de estos grupos humanos ha permitido que muchas actividades antrópicas de carácter productivo (agricultura, ganadería, etc.) se desarrollen también en las adyacencias de estas corrientes de agua dulce (Bejarano y Reyes, 2017)

No obstante, todos los ríos de la zona tropical, están sometidos a variaciones estacionales de períodos de lluvia y períodos de sequía que de alguna manera condicionan los ascensos y descensos de los niveles del agua, de sus caudales y de las velocidades de las corrientes. Subsecuentemente, tal variabilidad hidrológica genera también una variación en el régimen de erosión, transporte de sedimentos y depositación de los mismos, produciéndose significativos cambios en las características geomorfológicas del río (Bejarano y Reyes, 2017).

En el estado Anzoátegui, a orillas del río Caris se desarrollan innumerables actividades vinculadas a la agricultura y a la ganadería. Sin embargo, dicho río transcurre en gran parte de su recorrido con un alineamiento meandrante, caracterizado por presentar erosiones profundas en las riberas exteriores del cauce en las curvas y depositación de sedimentos en la parte interior de la ribera en dichas curvas. En vista de esa situación se hace necesario la estabilización de estos cauces, sobre todo, en los tramos que el hombre ha intervenido sus riberas para actividades productivas (Bejarano y Reyes, 2017).

En efecto, se plantea como problemática de investigación la necesidad de conocer con mayor detalle lo referente a la sensibilidad de los métodos de medición del flujo del río Caris, de este modo se plantea las siguientes interrogantes de investigación:

¿Cuáles son las características geomorfológicas del tramo en estudio del río Caris?

¿Cuáles son las condiciones morfométricas actuales en el área de estudio del río Caris?

¿Cómo establecer el caudal de diseño admitido en la cuenca alta del río Caris para distintos periodos de retornos?

¿Cuáles son los protocolos de medición de velocidades del río Caris manipulando correntómetro, flotadores y tubo Pitot?

¿Cómo son las variaciones de las mediciones de velocidades de flujo del agua en función a los distintos instrumentos y diferentes condiciones de medición?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Analizar la sensibilidad de los métodos de medición de velocidad del flujo en corrientes fluviales: caso río caris entre las coordenadas (E408449; N 929022); (E 408414; N 928987) municipio Independencia, estado Anzoátegui, Venezuela.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Describir las condiciones morfométricas de la cuenca.
2. Caracterizar morfométricamente el tramo en estudio del río Caris
3. Determinar el caudal de diseño aportado de la cuenca alta del río Caris para períodos de retornos de 25 y 50 años.
4. Definir los protocolos de medición de velocidad del río utilizando correntómetro, flotadores y tubo Pitot.
5. Establecer las variaciones de las mediciones de velocidad con los distintos instrumentos y diferentes condiciones de medición.

1.3 Justificación de la investigación

El río Caris constituye una importante fuente de agua para el abastecimiento de los sectores que se dedican a la agricultura.

Debido al flujo presente en el área de estudio se emplearán algunos métodos de medición de sensibilidad de corriente, para así conocer sus distintas variaciones en el tramo.

Tales circunstancias impulsan o motivan la ejecución de la presente investigación con la finalidad conocer y relacionar los datos que se obtengan.

1.4 Alcance de la investigación

Para el desarrollo de la presente investigación se amerita en primera instancia las características geomorfológicas del tramo en estudio del río Caris, del mismo modo la descripción de las condiciones morfométricas de la cuenca. También entrará dentro del alcance de la investigación la determinación del caudal de diseño aportado de la cuenca alta del río Caris para períodos de retornos de 25 y 50 años para luego proceder con la definición de los protocolos de medición de velocidad del río utilizando correntómetro, flotadores y tubo Pitot. Finalmente, implementar las diferentes variaciones y condiciones de las mediciones de velocidad mediante los distintos instrumentos.

1.5 Limitaciones de la investigación

1. Falta de información bibliográfica del área en estudio.
2. Aumento del volumen del caudal en época de inundación (invierno), dificultando poder recolectar o tomar datos en campo.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

La zona de estudio está ubicada en el sur del estado Anzoátegui, pertenece a la hidrografía del municipio Independencia, estado Anzoátegui, Venezuela (Figura 2.1). Según los paralelos la ubicación geográfica del tramo medio del río está comprendida entre las coordenadas del Sistema Universal Mercator (UTM): E408449; N 929022 y E 408414; N 928987 (huso: 20, elipsoide de referencia: GRS-80, Datum horizontal: Regven, Datum vertical: Nivel medio del mar).

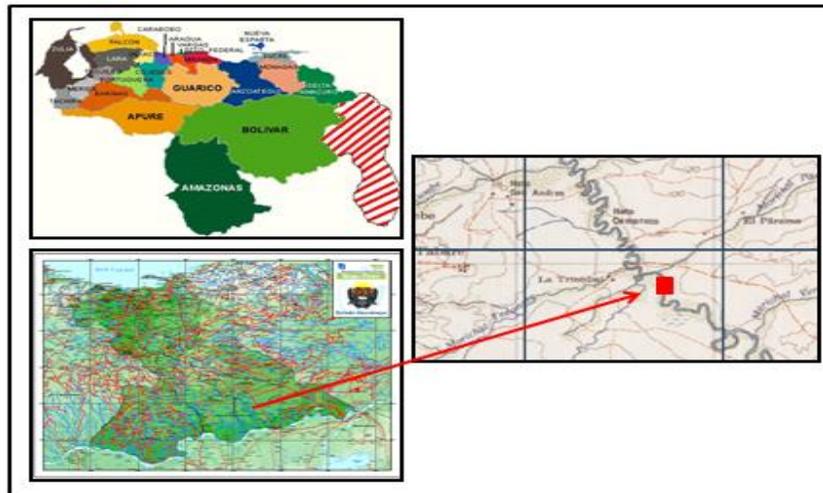


Figura 2.1 Ubicación relativa del área de estudio.

2.2 Acceso al área de estudio

La principal vía de acceso a la zona es a través de la carretera asfaltada. Iniciando en Ciudad Bolívar, cruzando el puente Angostura hasta la Ciudad de Soledad, se continúa

el recorrido de 35 km aproximadamente en sentido Noroeste por la Troncal 16 hasta el cruce de vías en la estación de servicio Morón donde sigue el recorrido en sentido suroeste en dirección hasta la población de Tabaré. Sin embargo, al cruzar el puente sobre el río Caris se cruza en dirección sur por un camino de tierra (trilla) una distancia de unos 2 km hasta el acceso directo al sitio de estudio en las riberas del mencionado río (Figura 2.2).



Figura 2.2 Vía de acceso a la zona de estudio en imagen satelital Landsat (Google Earth, 2018).

2.3 Geología regional

La geología regional en el municipio Independencia, está constituida principalmente por dos unidades geológicas bien definidas. Dichas unidades son: Formación Mesa y la Provincia Geológica de Imataca. La geología del área de estudio se reduce estrictamente a la Formación Mesa.

Según González de Juana et al, (1980) fue designada como los sedimentos jóvenes que cubren las masas de Venezuela oriental. No se ha designado una sección tipo, debido a que la formación aflora en casi todas las mesas, con secciones representativas.

En particular se han mencionado, la Mesa de Guanipa (Anzoátegui), la Mesa de Tonoro y Santa Bárbara (Monagas). Se extiende por los llanos centro-orientales y orientales (estados Guárico, Anzoátegui, Monagas). Se encuentran algunos afloramientos en los estados Sucre y Bolívar, inmediatamente al sur del río Orinoco.

En la Formación Mesa, la conformación es mayoritariamente de arenas no consolidadas, provenientes del Cuaternario, y aún más jóvenes son los depósitos sedimentarios originados por las inundaciones periódicas generadas por las crecientes del río. En montañas y colinas se observan areniscas, arcillas, margas, lutitas, calizas y limolitas, además de concreciones de hierro, grava y cuarcitas. En los límites Norte y Sur de la Mesa de Guanipa (González de Juana et al, 1980). La Formación Mesa consiste de arenas de grano grueso y gravas, con cementos ferruginosos cementados y muy duros; conglomerado rojo a casi negro, arenas blanco-amarillentas, rojo y púrpura, con estratificación cruzada; además contiene lentes discontinuos de arcilla fina arenosa y lentes de limolita. En la Mesa de Tonoro se observan capas lenticulares de conglomerado, arenas, y algunas arcillas. Al noroeste de Santa Rosa existe una capa lenticular de conglomerado, de 25 m de espesor, con delgadas intercalaciones de arenas (Figura 2.3).

En la Formación Mesa se han encontrado fósiles de agua dulce, asociados con arcillas ligníticas y restos de madera silicificada. En Santa Bárbara de Maturín, la parte superior (76 m) consiste en gravas con intercalaciones de arenas y arcilla roja y amarillo intenso: la parte inferior (60 m) formada por clásticos finos (arenas gris y blanco, intercaladas con arenas arcillosas y arcillas gris abigarradas). Al suroeste de Maturín, la Formación Mesa está compuesta por arcillas moteadas y abigarradas, con nódulos sin arena. En los llanos centro orientales, la formación, está constituida por arenas no compactadas (González de Juana et al, 1980).

Los sedimentos de la Formación Mesa, gradan de norte a sur, de más gruesos a más finos al alejarse de las cadenas montañosas del norte; desde la parte central de Monagas al macizo de Guyana, gradan de más finos a más gruesos. En la sección de río Cristalino, río La Palencia, río del Medio, Caripito y Las Parcelas, la formación está constituida por conglomerados con elementos líticos redondos, tipo pudinga, de tamaño grande, aproximadamente 0.15 metros de diámetro, en una matriz arcillo-arenosa de color gris claro a amarillo (González de Juana et al, 1980).

Según González de Juana et al, (1980), la Formación Mesa es producto de una sedimentación fluvio-deltáica y paludal, resultado de un extenso delta que avanzaba hacia el este en la misma forma que avanza hoy el delta del río Orinoco. El mayor relieve de las cordilleras septentrionales desarrolló abanicos aluviales que aportaban a la sedimentación clásticos de grano más grueso, mientras que desde el sur el aporte principal era de arenas. En la zona central, postuló la existencia de ciénagas. González de Juana et al, (1980), considera que los sedimentos de la formación representan depósitos torrenciales y aluviales, contemporáneos con un levantamiento de la Serranía del Interior.

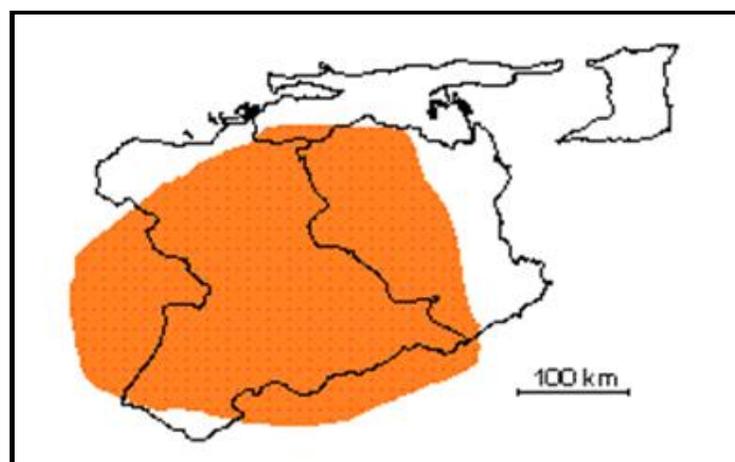


Figura 2.3 Extensión geográfica de la Formación Mesa (PDVSA Intevep, 2001).

2.4 Vegetación

La vegetación es de tipo arbustiva muy densa, cuyo componente floral es de tipo tropical de bosque de galería con elevada humedad, relacionados a sedimentos de tipos arenosos y arcillosos caracterizados por árboles de mediana altura. Entre las especies vegetales dominantes se encuentran la paja peluda, púas, enredaderas, morichales, merey, chaparro, manteco, guaritoto, bejucos, entre otros.

Desde un punto de vista general, en el entorno circundante, la característica particular de vegetación tipo sabana. Finalmente, en las zonas bajas donde el nivel freático alcanza la superficie, a lo largo de las zonas húmedas, específicamente en los márgenes del río Caris y sus afluentes, se encuentra otra cobertura vegetal que son las arborescencias de tipo selvático a los que se denominan Bosques de Galería, los cuales se caracterizan por poseer árboles de moderada a gran altura (Figura 2.4 y 2.5).



Figura 2.4 Vegetación de bosque de galería predominante en las riberas del río Caris.



Figura 2.5 Vegetación de sabana arbustiva de la cuenca del río Caris.

Según la clasificación climática de Köppen la zona de estudio conforme a este sistema de clasificación es característica de los llanos centrales por el relieve entre plano y ondulado por lo cual le corresponde un clima de bosque húmedo tropical y sabanas (herbazales).

Sin embargo, de acuerdo al sistema de clasificación de Holdridge el bio-clima de la zona es del tipo Bosque seco tropical de sabana (bs-T).

2.5 Aspectos pedogenéticos

Por lo general, los suelos dominantes son en primer lugar los pertenecientes al orden Ultisol, caracterizados por ocurrir en diferentes ámbitos bioclimáticos, presentándose en distintos tipos de paisajes (montaña, lomerío, planicie y peniplanicie) originándose a partir de los sedimentos de la formación Mesa.

Estos suelos exhiben un avanzado desarrollo pedogenético, son superficiales a muy profundos de colores predominantes, marrón oscuro a marrón rojizo en superficie y en profundidad marrón amarillento a rojo, de textura arenosa en superficie y franco arcillosa, franco arcilloso arenosa a arcillosa en profundidad, mezclada localmente con

contenidos variables de esqueletos gruesos. En el lecho del río Caris predominan los suelos de granulometría arenosa.

2.6 Hidrografía

La hidrografía de la zona de estudio está constituida fundamentalmente por el tramo en estudio de la cuenca media del río Caris en el cual drenan varios afluentes:

El tramo en estudio del río Caris se encuentra en el municipio Independencia, aun cuando sus nacientes y afluentes provienen de morichales y quebradas de régimen permanente e intermitente que conforman la cuenca y ocupan parte de los municipios adyacentes como Simón Rodríguez y San José de Guanipa.

Aunque la naturaleza meandrante del río Caris permite inferir un nivel de madurez caracterizado por su baja pendiente, la cuenca del río Caris se presenta como de tipo dendrítico en toda su extensión.

2.7 Forma del relieve regional

El área de interés de este trabajo se ubica dentro de la unidad morfológica denominada Mesas disectadas (Figura 2.6).

Las pendientes de estas tierras están entre el 1 % y el 5 % con presencia de escarpes casi verticales en los bordes.



Figura 2.6 Paisaje de Mesa disectada típico de las sub-cuencas de los afluentes del río Caris.

Las colinas y montículos son, en parte, residuos erosionales sobre la penillanura y también, parcialmente una antigua topografía que sobresale a través de la capa sedimentaria donde llanuras aluviales lavadas cubren zonas extensas (Figura 2.7). Las arenas sueltas cubren áreas muy grandes, se presentan además guijarros ferruginosos en las depresiones y cauces fluviales, factibles de ser utilizados en la construcción de caminos.



Figura 2.7 Paisaje de colinas y montículos en la cuenca del río Caris.

2.8 Caracterización climatológica del área de estudio

Según la clasificación climática de Köppen es la diversidad fisiográfica del territorio nacional y su ubicación latitudinal la que determinan la existencia de 13 zonas

climática distintas en Venezuela. La zona de estudio conforme a este sistema de clasificación es característica de los llanos orientales por el relieve entre plano y ondulado por lo cual le corresponde un clima de bosque húmedo tropófito y sabanas (herbazales). Los factores que determinan este tipo climático son la baja latitud que le confiere temperaturas altas durante todo el año, la altitud sobre el nivel del mar que la ubican en el piso tropical, la distribución anual de las lluvias que definen dos períodos y la influencia de los vientos (Figura 2.8).

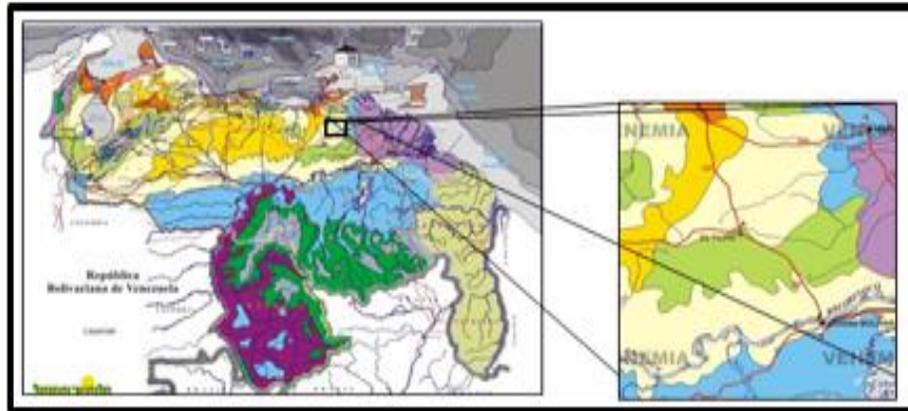


Figura 2.8 Clasificación climática del área de estudio según Köppen, W., 1936 (Venemia.com).

El bio-clima de la zona es del tipo Bosque seco tropical de sabana (bs-T). Para la clasificación climática de este tramo del río Caris en su cuenca media, se utilizaron también los datos de las variables climatológicas registradas en la estación meteorológica de Ciudad Bolívar estado Bolívar, correspondiente al período de años del 2000 al 2011 (apéndices A.1, A.2 y A.3), por ser esta la estación en funcionamiento más cercana a la zona en estudio, aunque no pertenezca al estado Anzoátegui cubre un área de 100 Km a la redonda por lo cual abarca el área de estudio, además de ser una estación de tipo C1 (registra precipitación, evaporación, temperatura, insolación solar y humedad relativa).

Dicha estación se encuentra ubicada en el aeropuerto de esta Ciudad y es manejada por la Fuerza Aérea Venezolana (FAV).

2.8.1 Temperatura

El período evaluado de la temperatura estipulado (al igual que en el resto de las variables climatológicas) está comprendido entre el 2000 y 2011 (11 años), la temperatura media normal en el área es de 27,6 °C, siendo la temperatura máxima media de 33,1 °C y la mínima media de 24,1 °C. abril y octubre son los meses más calurosos mientras que enero y diciembre son los menos cálidos (Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Resumen estadístico de la temperatura (°C), período: 2000 al 2011.
Estación Ciudad Bolívar (FAV, 2016).

| °C | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Máx. | 32,5 | 32,6 | 34,2 | 35,4 | 33,1 | 32,3 | 32 | 32,6 | 32,3 | 34,1 | 33 | 33,4 | 33,1 |
| Med. | 26,8 | 27,2 | 28,1 | 29,1 | 28,2 | 27,9 | 27,9 | 27,5 | 27,7 | 28,3 | 27,8 | 27,1 | 27,6 |
| Mín. | 23,2 | 23,2 | 23,4 | 24,5 | 24,4 | 24,3 | 24,2 | 24,5 | 24,8 | 24,7 | 24,5 | 24,1 | 24,2 |

2.8.2 Humedad relativa

La humedad en la atmósfera se distribuye por dos procesos, uno representado por la espontánea difusión del vapor del agua en el espacio, y el otro por el transporte que hace la atmósfera y por la circulación de esta. La humedad relativa media del área alcanza el 79,2 %. Las humedades máximas ocurren en los meses julio y noviembre mientras que las mínimas en los meses de marzo y abril (Tabla 2.2).

Tabla 2.2 Resumen estadístico de la humedad relativa (%), período: 2000 al 2011. Estación Ciudad Bolívar (FAV, 2016).

| % | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Total |
|-------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|-----|------|-----|-------|
| Media | 78,7 | 75,3 | 72,7 | 72,6 | 75,1 | 84 | 84,7 | 79,1 | 82,3 | 80 | 82,4 | 83 | 79,2 |

2.8.3 Insolación solar

La variación temporal de la insolación solar depende del movimiento anual aparente del sol, nubosidad, las precipitaciones y el estado de transparencia de la atmosfera, el área de estudio recibe una insolación solar media de 7,6 horas. La insolación solar media alcanza sus mayores registros en los meses de febrero, abril y octubre; mientras que los mínimos valores de insolación ocurrieron en el mes de julio (Tabla 2.3).

Tabla 2.3 Resumen estadístico de la insolación solar (Horas), período: 2000 al 2011. Estación Ciudad Bolívar (FAV, 2016).

| Horas | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Total |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| Media | 7,7 | 8,2 | 7,8 | 8 | 7,1 | 7,1 | 6,7 | 7,6 | 7,9 | 8 | 7,9 | 7,3 | 7,6 |

2.8.4 La precipitación

En el registro climático de la estación La Viuda cuya precipitación data de los años 1971 al 2002 (31 años) se observa que las máximas precipitaciones ocurren durante los meses de junio con un valor promedio de 102,65 mm, julio con 133,23 mm y el mes de agosto con 154,882 mm, siendo este el mes más lluvioso. El período de mínimas precipitaciones se desarrolla durante los meses de enero con un valor promedio de 16,68 mm, febrero con 15,04 mm y el mes de marzo con un promedio de 9,92 mm siendo este el mes más seco.

Ahora bien, considerando los registros de precipitación de la estación Ciudad Bolívar, se observa que la precipitación media fue de 1.049,0 mm, presentándose el mes de julio como el más lluvioso para el período climático lluvioso y siendo febrero y abril los meses más secos del año (Tabla 2.4).

Tabla 2.4 Resumen estadístico de la precipitación (mm), período: 2000 al 2011. Estación Ciudad Bolívar (FAV, 2016).

| mm | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Total |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| Media | 38 | 7 | 49 | 27 | 132 | 163 | 165 | 124 | 106 | 96 | 107 | 35 | 1.049 |

2.8.5 Evaporación

La evaporación en la zona es elevada con un valor medio de 1.801,0 mm. Los meses de mayor evaporación son marzo y abril lo cual se debe a las altas temperaturas, la mayor cantidad de horas de brillo solar y baja humedad relativa. Por otra parte, la evaporación registra sus valores más bajos durante los meses de junio y diciembre (Tabla 2.5).

Tabla 2.5 Resumen estadístico de la evaporación (mm), período: 2000 al 2011. Estación Ciudad Bolívar (FAV, 2016).

| mm | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Total |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| Media | 159 | 153 | 208 | 215 | 146 | 99 | 129 | 164 | 136 | 153 | 126 | 113 | 1.801 |

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes

Para el desarrollo del este trabajo de investigación, es necesario buscar antecedentes para conocer más sobre el área de estudios o de características y métodos a emplear. Algunas de las investigaciones que aportarán información a este trabajo son los siguientes:

Bejarano y Reyes (2017), elaboraron un trabajo de grado titulado **“PROPUESTA DE INGENIERÍA BÁSICA DE LA PROTECCIÓN DE LOS TALUDES DE LAS RIBERAS DE UN TRAMO DEL RÍO CARIS EN SU CUENCA MEDIA, MUNICIPIO INDEPENDENCIA, ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA.”** Dicho trabajo tuvo como objetivo principal Efectuar la ingeniería básica de la protección de los taludes marginales de un tramo del río Caris en su cuenca media, con propósitos de encauzamiento, en el municipio Independencia, estado Anzoátegui, Venezuela. Esta investigación metodológicamente significa un aporte valioso como guía del presente estudio.

Bejarano, M. (2000), elaboró un trabajo de grado titulado **“ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO E HIDRODINÁMICO DEL SECTOR BARRANCAS EN EL RÍO ORINOCO, ESTADO MONAGAS, VENEZUELA”**. Dicho trabajo tuvo como objetivo principal describir las condiciones del flujo en cuanto a su velocidad, caudal y niveles, así como también caracterizar texturalmente los sedimentos del lecho de dicho sector. Esta investigación metodológicamente significa un aporte valioso como guía del presente estudio.

3.2 Fundamentos teóricos

3.2.1 La Hidrometría

Es una de las partes más importantes de la Hidráulica, porque se ocupa de medir, registrar, calcular y analizar los volúmenes de agua que circulan en una sección transversal de un río, canal o tubería, por unidad de tiempo (Lux, 2010).

Se define la Hidrometría como la parte de la Hidráulica que tiene por objeto medir el volumen de agua que pasa por unidad de tiempo dentro de una sección transversal de flujo.

Las determinaciones de caudal se realizan para diversos fines: sistemas de abastecimiento de agua, obras de riego, estudios de drenajes, instalaciones hidroeléctricas, etc., (Lux, 2010).

3.2.2 Medición del agua

Según Lux (2010):

Es la cuantificación del caudal de agua que pasa por la sección transversal de un río, canal o tubería. También se le conoce como aforo.

La medición del agua resulta de la necesidad de brindar mayor control sobre su uso y distribución. Dicha medición se realiza a través de medidores de flujo, los cuales son dispositivos que utilizan diferentes principios mecánicos o físicos para permitir que un flujo de agua pueda ser cuantificado.

3.2.3 Medición de caudal

Según Nickisch (2008):

El grado de exactitud en la medición de un curso de agua depende del esfuerzo que se ponga en realizar la tarea y de los elementos de que se disponga.

La selección del método dependerá del volumen a medir, de las condiciones bajo las cuales deben efectuarse las medidas y de la exactitud requerida.

El equipo o los elementos de que se disponga para aforar juegan un rol importante.

Existen distintos métodos:

1. Aforo volumétrico.
2. Aforo de cañerías en pozos de agua.
3. Aforo utilizando estructuras aforadoras.
4. Aforo por sección y velocidad.
5. Aforo químico.
6. Aforo utilizando fórmulas empíricas.

3.2.3.1 Aforo volumétrico

Se emplea por lo general para caudales muy pequeños y se requiere de un recipiente de un volumen conocido para coleccionar el agua (Figura 3.1). El caudal resulta de dividir el volumen de agua que se recoge en el recipiente entre el tiempo que transcurre en coleccionar dicho volumen (Lux, 2010).

$$Q = \frac{V}{T} \quad (3.1)$$

Dónde:

Q= Caudal (L/S)

V= Volumen (L)

T= Tiempo (S)

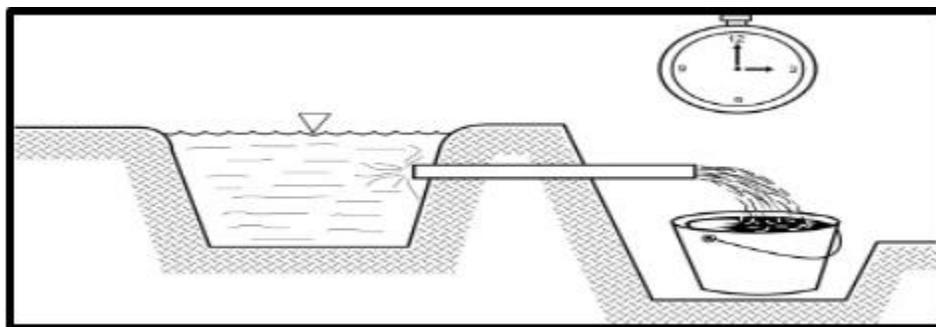


Figura. 3.1 Aforo Volumétrico (Sandoval, 2010).

3.2.3.2 Aforo de cañerías en pozos de agua

Según Nickisch (2008):

Cuando se necesita aforar cañerías horizontales, estén total o parcialmente llenas, se utilizan las siguientes fórmulas:

Para caño totalmente lleno el caudal se obtiene con la fórmula:

$$Q = \text{Sup} \times \text{Vel} \quad (3.2)$$

Dónde:

Q= Caudal (m³/s)

Sup= Superficie transversal del caño (m²)

Vel= Velocidad media del caño (m/s)

La superficie se obtiene con la fórmula:

$$\text{Sup} = 3,1416 \times \phi^2 / 4 \quad (3.3)$$

ϕ = Diámetro del caño (m).

Y la velocidad para caño horizontal:

$$V = \sqrt{[g * X^2 / (2 * Y)]} \quad (3.4)$$

Mientras que para caño vertical:

$$V = \sqrt{(2 * g * H)} \quad (3.5)$$

3.2.3.3 Aforo utilizando estructuras aforadoras

- Vertederos: La medición del caudal de las corrientes naturales nunca puede ser exacta debido a que el canal suele ser irregular y por lo tanto es irregular la relación entre nivel y caudal. Los canales de corrientes naturales están también sometidos a cambios debidos a erosión o depósitos. Se pueden obtener cálculos más confiables cuando el caudal pasa a través de una sección donde esos problemas se han limitado (Lux, 2010).

Los vertederos pueden ser definidos como simples aberturas, sobre los cuales un líquido fluye.

El término se aplica también a obstáculos en el paso de la corriente y a las excedencias de los embalses, (Figura 3.2).

Los vertederos son por así decirlo orificios sin el borde superior y ofrecen las siguientes ventajas en la medición del agua:

- 1) Se logra con ellos precisión en los aforos
- 2) La construcción de la estructura es sencilla
- 3) No son obstruidos por materiales que flotan en el agua
- 4) La duración del dispositivo es relativamente larga

Los vertederos son utilizados, intensiva y satisfactoriamente en la medición del caudal de pequeños cursos de agua y conductos libres, así como en el control del flujo en galerías y canales, razón por la cual su estudio es de gran importancia (Lux, 2010).



Figura. 3.2 Vertedero fabricado con mampostería sobre río Segura, Murcia España.

- Terminología de los vertederos:

1. Cresta (L) Se denomina al borde horizontal, también llamado umbral.

2. Contracción Lo constituyen los bordes o caras verticales.
3. Carga (H) Es la altura alcanzada por el agua a partir de la cresta del vertedero.

Debido a la depresión de la lámina vertiente junto al vertedero, la carga H debe ser medida aguas arriba, a una distancia aproximadamente igual o superior a $4H$ (Figura. 3.3 y 3.4).

4. Ancho (B) Ancho del canal de acceso al vertedero.

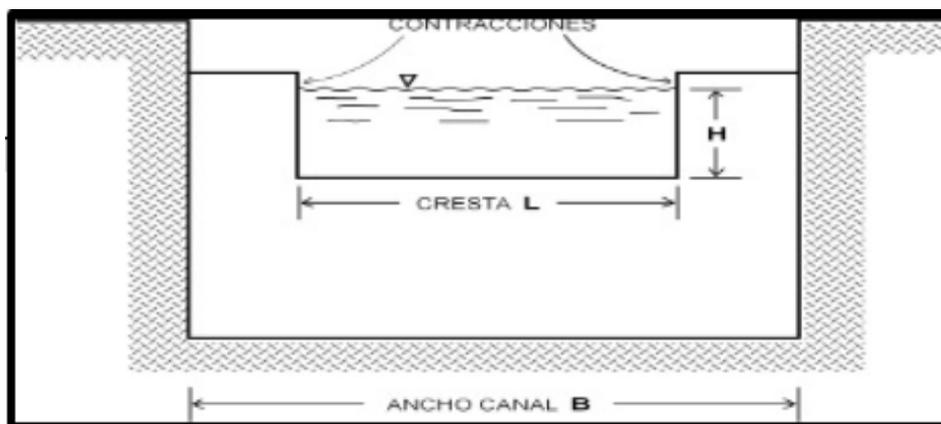


Figura. 3.3 Partes del vertedero. (Sandoval, 2010).



Figura. 3.4 Vertedero en funcionamiento. (Sandoval, 2010).

- Clasificación de los vertederos: Según Lux, (2010); Los vertederos presentan los más diversos comportamientos siendo muchos los factores que sirven de base para su clasificación:

1) Forma:

1. Simples: rectangulares, triangulares, etc.
2. Compuestos: secciones combinadas como los trapezoidales.

2) Espesor de la pared:

1. Vertederos de pared delgada: fabricados de placas o madera biselada.
2. Vertederos de pared gruesa: con $e \geq 0.66H$

3) Longitud de la cresta:

1. Vertederos sin contracciones laterales: $L = B$
2. Vertederos con contracciones: $L < B$

- Vertederos de pared delgada: También conocidos como vertederos de cresta delgada o pared aguda (Figura 3.5). Son los vertederos contruidos de una hoja de metal, de otro material de pequeño espesor o de madera biselada, de tal manera que el chorro salte con libertad conforme deja la cara aguas arriba del vertedero (Lux, 2010).

Debe haber una poza de amortiguación o un canal de acceso aguas arriba para calmar cualquier turbulencia y lograr que el agua se acerque al vertedero lenta y suavemente.

El vertedero debe tener el extremo agudo del lado aguas arriba para que la corriente fluya libremente. El medidor de la altura de carga (H), debe instalarse detrás de la escotadura a una distancia mayor o igual a $4H$ para que no se vea afectado por la curva de descenso del agua a medida que se acerca a la misma (Lux, 2010).

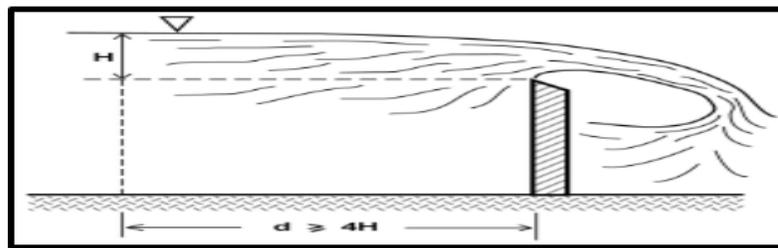


Figura. 3.5 Vertedero de pared delgada (Sandoval, 2010).

- Vertederos de pared gruesa

También llamada vertedero de cresta ancha. (Figura 3.6) Un vertedero es considerado de pared gruesa, cuando la cresta es suficientemente gruesa para que en la vena adherente se establezca el paralelismo de los filetes (Lux, 2010).

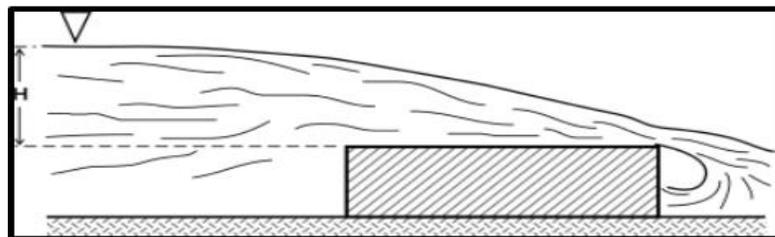


Figura. 3.6 Vertedero de pared gruesa (Sandoval, 2010).

- **Clasificación de los vertederos de pared delgada**

Según Lux (2010): Existen diferentes tipos de vertederos según la forma geométrica que se obligue a adoptar a la sección de la vena líquida que circula por la escotadura, siendo los más comunes:

1. Rectangular
2. Triangular (con escotadura en v)
3. Trapezoidal (también llamado vertedero de cipolletti)
4. Circular

1. Vertedero rectangular

El vertedero rectangular es uno de los más sencillos para construir y por este motivo es uno de los más utilizados.

Es un vertedero con una sección de caudal en forma de rectángulo con paredes delgadas, de metal, madera o algún polímero resistente (Figura 3.7), con una cresta biselada o cortada en declive, a fin de obtener una arista delgada (Lux, 2010).

La precisión de la lectura que ofrece está determinada por su nivel de error que oscila entre un 3 y 5 %.

La ecuación más utilizada, según De Azevedo y Acosta en el Manual de Hidráulica, es la de Francis:

$$Q = 1.84 (L - (0.1 n H)) H^{3/2} \quad (3.6)$$

Dónde:

Q = Caudal que fluye por el vertedero, en m³/s

L = Ancho de la cresta, en m

H = Carga del vertedero, en m

n = Número de contracciones (0, 1, o 2)

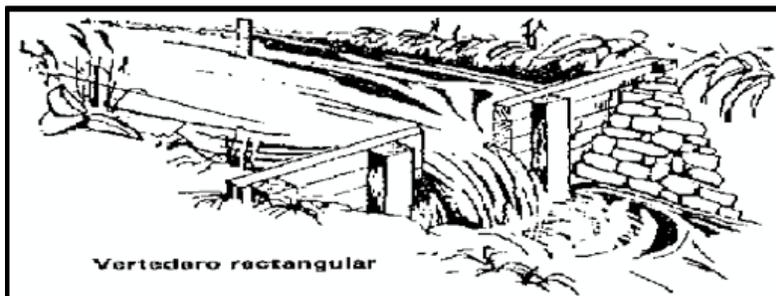


Figura. 3.7 Vertedero rectangular.

2. Vertedero triangular

Los vertederos triangulares permiten obtener medidas más precisas de las alturas de carga (H) correspondientes a caudales reducidos. Por lo general son construidos de placas metálicas (Lux, 2010). En la práctica únicamente se utilizan los que tienen forma isósceles, siendo los más usuales los de 90° . Para estos vertederos se adapta la fórmula de Thomson obteniendo caudales en m^3/s , (Figura 3.8).

$$Q = 1.4 H^{5/2} \quad (3.7)$$

Para obtener caudales en l/s se realiza la conversión a la fórmula descrita anteriormente:

$$Q = 0.014 H^{5/2} \quad (3.8)$$

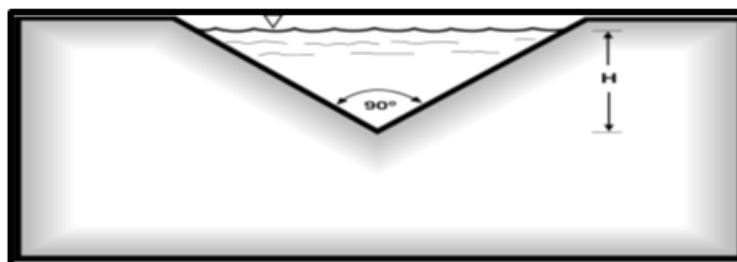


Figura. 3.8 Vertedero triangular (Sandoval,2010).

3. Vertedero trapezoidal

Es un vertedero como su nombre lo indica con forma trapezoidal en su abertura, también conocido como vertedero Cipolletti en honor a su inventor, el Ingeniero italiano Cesare Cipolletti (Lux, 2010).

Cipolletti procuró determinar un vertedero que compensara el decrecimiento del caudal debido a las contracciones laterales por medio de las partes triangulares del vertedero, con la ventaja de evitar la corrección en los cálculos (Lux, 2010).

Para estas condiciones, el talud será 1:4 (1 horizontal para 4 vertical). Este vertedero es de construcción más dificultosa que los dos anteriores, razón por la cual es menos utilizado (Figura 3.9). Para el cálculo del caudal se utiliza frecuentemente la fórmula de Francis para m^3/s .

$$Q = 1.859 L H^{3/2} \quad (3.9)$$

Aplicando conversión para obtener caudales en l/s:

$$Q = 0.01859 L H^{3/2} \quad (3.10)$$

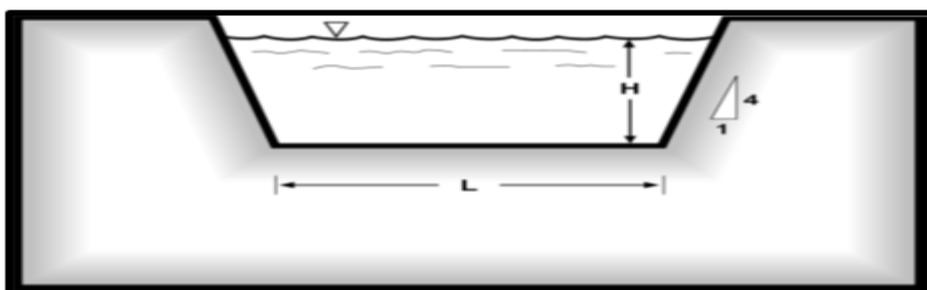


Figura. 3.9 Vertedero trapezoidal (Cipolletti) (Sandoval, 2010).

4. Vertedero circular

Su utilización es menos común que los anteriores, (Figura 3.10). Presentando como ventajas: la facilidad en su construcción, así como no requerir el nivelamiento de su cresta debido a su forma geométrica (Lux, 2010).

Para este tipo de vertederos De Azevedo y Acosta en el Manual de Hidráulica presenta la siguiente ecuación en unidades métricas, dando caudales en m^3/s .

$$Q = 1.518 D^{0.693} H^{1.807} \quad (3.11)$$

Y al requerir caudales en l/s se tiene la siguiente fórmula:

$$Q = 0.01518 D^{0.693} H^{1.807} \quad (3.12)$$

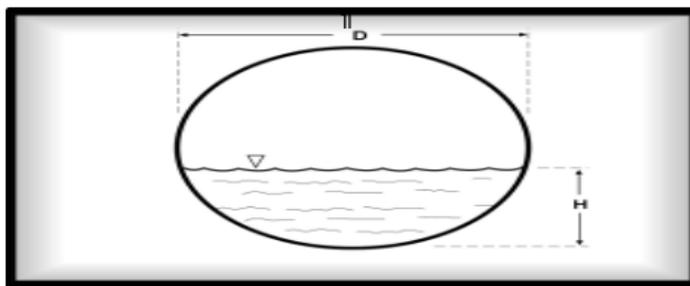


Figura. 3.10 Vertedero circular (Sandoval, 2010).

3.2.2.4 Aforo por sección y velocidad

Según Nickisch (2008):

Se determina la sección (S) y la velocidad del área (V) donde se afora (concepto ya visto anteriormente). La sección por medio de sondeos y la velocidad por flotadores o molinetes, donde se utiliza la fórmula general:

$$Q = S \times V \quad (3.13)$$

Esto permite el aforo de cursos de agua de variada magnitud: ríos, arroyos, canales, etc., donde para determinar la sección transversal de la corriente se debe demarcar sus límites: contorno del cauce y su parte superior por la superficie del agua (Figura 3.11):



Figura. 3.11 sección transversal. (Nickisch, 2008).

La determinación de la velocidad se realiza en la misma sección transversal, cuando se trabaja con molinete hidrométrico, o puede hallarse en un tramo determinado del curso de agua, cuando se trabaja con flotadores. En este caso (de los flotadores) hay que relevar varias secciones transversales para poder determinar la sección transversal media (Nickisch, 2008).

Es de suma importancia para el hidrometrista conocer la distribución de las velocidades en la sección de aforo, cuya distribución no es uniforme.

Normalmente, va aumentando de las orillas hacia el centro, y en un mismo vertical va creciendo a partir de la superficie hacia abajo hasta alrededor de 0,2 (20 %) de la profundidad, para luego ir decreciendo hasta el fondo (Figura 3.12):

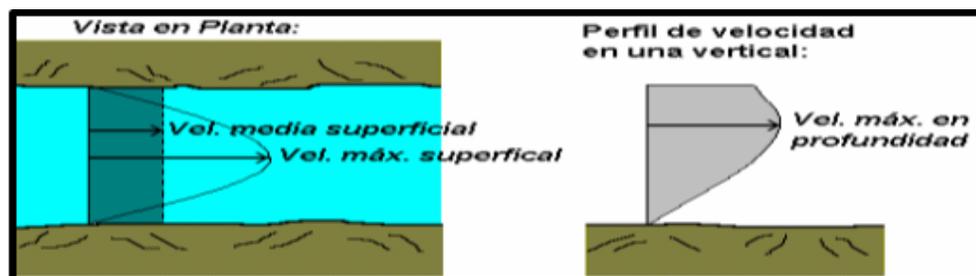


Figura. 3.12 Vista de planta y perfil de velocidad en una vertical. (Nickisch, 2008.)

El punto de máxima velocidad se encuentra generalmente en las proximidades del centro del cauce y a 0,2 de la profundidad. Si se unen todos los puntos de igual velocidad se obtienen las curvas isotaqueas (Figura 3.13):

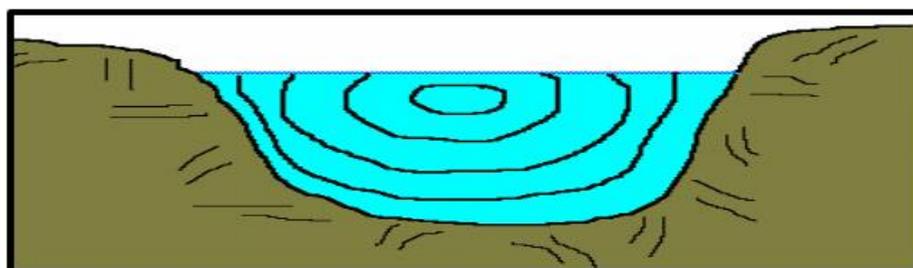


Figura. 3.13 Curvas isotaqueas en sección transversal. (Nickisch, 2008).

Que permiten planificar los trabajos de relevamiento de campo con mayor precisión.

- **Aforos con flotadores**

Según Nickisch (2008):

Es un método muy utilizado en determinaciones expeditivas. Es sencillo y prácticamente no requiere equipo especial alguno.

Es preciso tener en claro que se debe realizar aforos con flotadores:

1. En aquellos casos en que por circunstancias imprevistas sea imposible realizar el aforo por métodos más confiables.
2. Cuando es posible utilizar los datos en forma aproximada.
3. Cuando la premura impide hacer el aforo por otro método (caso de una onda de crecida, por ejemplo).

El tramo donde se va a realizar el aforo debe ser lo más recto y uniforme posible, libre de cualquier obstáculo que pueda frenar a los flotadores (ramas de árboles, vegetación acuática, etc.), y cuya longitud sea no menor a seis veces el ancho del cauce.

Al ser este un caso especial en que para la determinación de la velocidad del agua se trabaja en un cierto tramo del curso, no específicamente en una sección, hay que tomar como sección de escurrimiento la media del tramo (Nickisch, 2008).

Hay que delimitar claramente la sección de entrada y la de salida, con la longitud que las separa.

La velocidad media del tramo se determinará de acuerdo al tipo de flotador usado: superficiales o sumergidos.

Los flotadores superficiales dan directamente la velocidad superficial, que para transformarla en velocidad media de la vertical hay que afectarla por un coeficiente:

$$V_{\text{media vertical}} = 0,85 \times V_{\text{media superficial}} \quad (3.14)$$

Esto hay que corroborarlo, ya que no siempre es constante ese coeficiente (varía entre 0,80 y 0,95).

El flotador puede ser una simple madera o una botella lastrada, teniendo el inconveniente de que cuando hay viento durante las mediciones, éstas pueden verse afectadas, por ello la mayor parte del flotador debe estar hundida (Nickisch, 2008).

En el caso de los flotadores sumergidos, compuestos por un flotador superficial unido a una pantalla, de tal manera que la misma ofrezca una resistencia uniforme a la corriente horizontal del agua, o también pueden ser listones de maderas lastradas, no deben afectarse por el coeficiente anterior, pues ya lo llevan implícito (Figura 3.14). Éstos andan muy bien en canales o cauces uniformes, no para superficies de fondo irregulares donde los flotadores pueden trancarse:

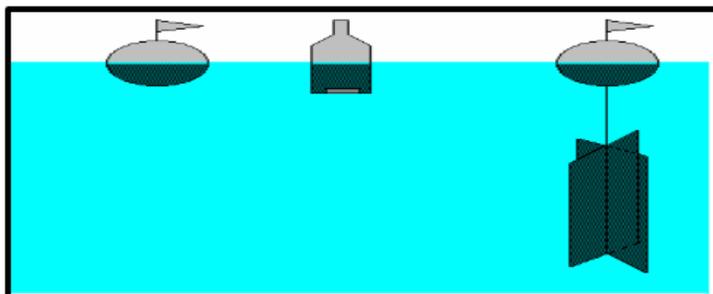


Figura. 3.14 Flotadores. (Nickisch. 2008).

- **Aforos con molinete hidrométrico**

Este método, como el de flotadores, se fundamenta en la expresión $Q = S \times V$, pero en este caso la velocidad se puede determinar en distintos puntos trabajando sobre la misma sección transversal S con un aparato que se denomina molinete hidrométrico (Nickisch, 2008).

Este es un equipo que contabiliza las revoluciones que efectúa la hélice al ser sumergida en una corriente de agua (Figura 3.15). La velocidad se obtiene mediante una curva de calibración que relaciona las revoluciones por segundo con la velocidad.

Esta curva de calibración es única para cada aparato y para cada hélice (Nickisch, 2008).

Básicamente están compuestos por:

1. Un sistema accionante: hélice o rotor.
2. Un interruptor: mecánico o magnético.
3. Un sistema de señal: acústico/sonoro o eléctrico digital.
4. Un sistema de sujeción: barras o cable y contrapeso.

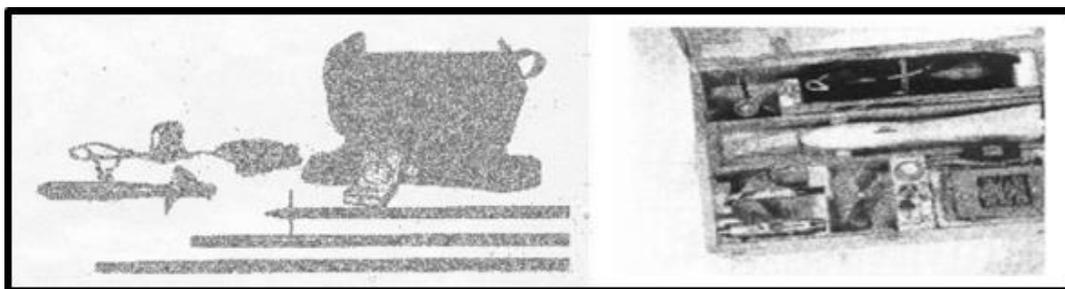


Figura. 3.15 Distintas partes del equipo de aforo transportado con mochila o con caja de madera (Nickisch 2008).

Los molinetes comunes de trabajo en nuestra zona son de hélice, con eje horizontal, cuyo contacto puede ser mecánico o magnético.

Acusan el número de revoluciones por impulsos eléctricos manejados por un interruptor, que es accionado por la hélice.

Se denomina contacto mecánico cuando el interruptor es accionado directamente, o sea que es necesario un contacto físico. Normalmente es un platino preparado para que después de 10 o 20 vueltas de la hélice se cierre y active el circuito eléctrico (Nickisch, 2008).

En el caso del contacto magnético, el cierre del circuito eléctrico es efectuado por el pasaje de un imán soldado al núcleo de la hélice (por cada vuelta de la hélice da uno o dos impulsos eléctricos).

La ventaja que tiene este último sistema es que al estar el interruptor en un compartimento estanco no requiere mantenimiento, y al no tener contacto físico, no tiene influencia de roce (frenado) ante las bajas velocidades de la corriente de agua (Nickisch, 2008).

3.2.3 Aforo de medianos y grandes ríos

3.2.3.1 Aforo de corrientes

La medición de la velocidad en una corriente, la información geométrica de la sección donde se mide y el registro de los valores de nivel del agua, proporcionan la base para determinar el volumen que pasa por el cauce en la unidad de tiempo; a este proceso de cuantificación se le da el nombre de aforo y se puede aplicar tanto en ríos como en canales (Villa, 2006).

Para evitar confusiones, es conveniente en este punto definir las referencias de uso común asociadas con la dirección del flujo en una corriente: aguas arriba. Se refiere a todo lo que se localiza en una dirección contraria a la de la corriente, tomando como referencia alguna sección de control o cualquier tramo de interés; aguas abajo, es todo lo que se encuentra más allá de la sección en dirección coincidente con la corriente (Villa, 2006).

Los límites laterales serán referenciados como margen izquierda y margen derecha, si nos colocamos con la espalda apuntando hacia la dirección aguas arriba y nuestra visual hacia aguas abajo.

3.2.3.2 Estimación del gasto en estado permanente

Si se considera el estado permanente como condición del flujo en un tramo de río o canal, la expresión del gasto, es decir, el volumen por unidad de tiempo, se define con el apoyo de la expresión:

$$Q = V * A \quad (3.15)$$

Donde; Q es el gasto, en m³ /s; V es la velocidad representativa del flujo, en m/s; y A el valor de área de la sección del río o canal que es perpendicular a la dirección de la velocidad del flujo, en m² (Villa, 2006).

El valor de área de la sección de un río o canal se obtiene tanto de sus características geométricas, como del nivel del agua en diferentes tiempos. Las características geométricas se pueden determinar por nivelación diferencial en la sección seleccionada para llevar a cabo el aforo. Esta nivelación se tendrá que hacer cada vez que se presente un evento de escurrimiento de importancia (también se les conoce como avenidas, y no necesariamente implica desborde e inundación), ya que la sección podrá cambiar considerablemente.

La medición del nivel se puede hacer a través de una escala, de un limnómetro, y si se trata de un registro continuo, de un limnógrafo (Figura 3.16), (Villa, 2006).

Cabe mencionar que cuando en una sección se considera el fondo de un río o canal como referencia, el nivel recibe el nombre de tirante; si la referencia es la superficie del agua, entonces se trata de la profundidad.

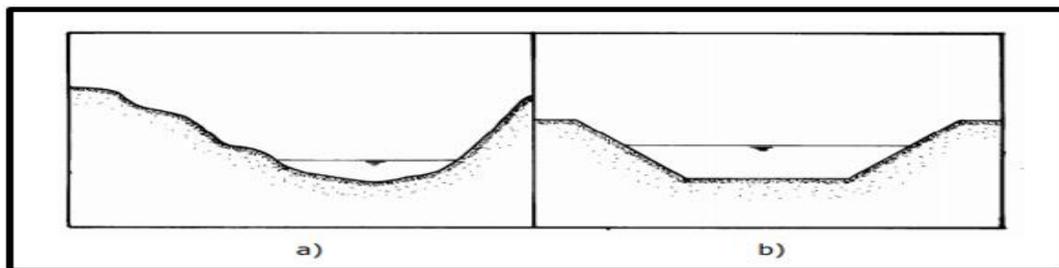


Figura. 3.16 Representación esquemática de a) un río b) un canal (Breña, 2006).

3.2.3.3 Distribución de la velocidad en una corriente en perfil y sección

La velocidad en una corriente varía tanto en perfil como en sección. En el perfil, la velocidad cambia rápidamente desde el valor cero en las fronteras rígidas como son las paredes y la plantilla, hasta valores de velocidad máxima, que se encuentra entre el 90 y 95 % del tirante (Villa, 2006).

Según la teoría de la capa límite, la distribución de la velocidad tiende a ser logarítmica en un conducto a superficie libre; de modo que serán de interés para la medición de la velocidad los siguientes valores porcentuales del tirante o de profundidad, (Figura 3.17), (Dingman, 1994):

1. Si el tirante es mayor a 0.80 m, entonces se medirá la velocidad en el 20% y en el 80% del tirante, obteniendo la velocidad media por la relación:

$$\bar{V} = \frac{(V_{0.2} + V_{0.8})}{2} \quad (4.16)$$

2. Si el tirante es menor que 0.80 m, entonces se considera el 40% del tirante como el punto donde se debe medir la velocidad media.
3. El valor de velocidad máxima se ubica por arriba del 85% del tirante.

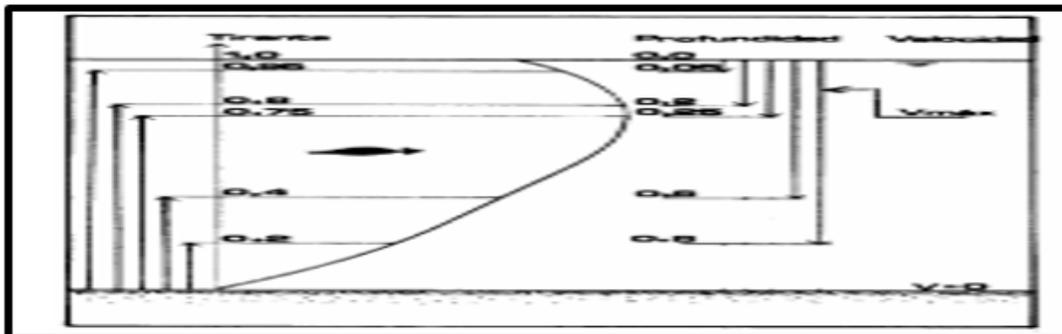


Figura. 3.17 Perfiles de velocidades de una sección cualquiera (Breña, 2006).

En el caso en que se realice la medición a partir de la superficie del agua, entonces los valores anteriores sólo cambiarán por el complemento; es decir, se restará al 100% del tirante, el valor porcentual mencionado para cada caso.

En la sección transversal de una corriente, la velocidad también muestra diferentes patrones en la distribución de la velocidad, lo que depende básicamente de las condiciones que se presenten en el río o canal (Villa, 2006).

Si el flujo es simétrico, entonces los valores máximos se encontrarán en la parte central de la sección, en las proximidades de la superficie del agua; conforme aumenta la profundidad, la velocidad disminuye, siendo afectada la distribución por la forma geométrica de las fronteras sólidas de las paredes y de la plantilla (Villa, 2006).

Figura 3.18 se muestra una representación esquemática de la distribución de velocidad en una sección de un canal trapecial revestido.

Al respecto es oportuno describir las diferencias entre tirante y profundidad. El tirante es la distancia que se mide desde el fondo de una sección o canal hasta la

superficie libre del agua, mientras que la profundidad es la distancia que hay entre la superficie libre del agua y los porcentajes del tirante establecidos para definir la velocidad media (Villa, 2006).

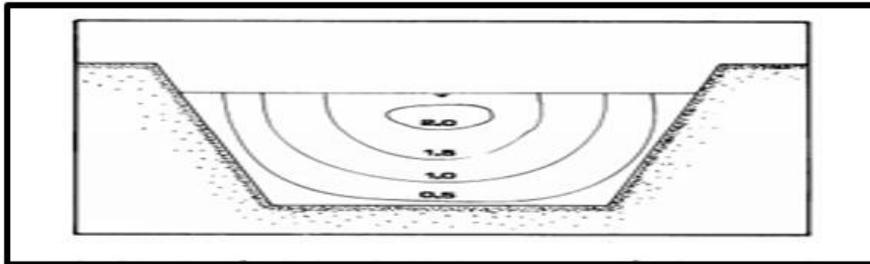


Figura. 3.18 Distribución de la velocidad en una sección de un canal trapecial Revestido (Breña, 2006).

3.2.3.4 Selección de la sección de aforo

Según Villa (2006):

La sección de aforo o de control debe cumplir con ciertas características para que sea considerada como confiable. A continuación, se presentan las características que deben satisfacer algunas de las secciones más representativas:

1. De preferencia, el flujo debe converger de forma gradual en el sentido aguas abajo;
2. Se deben evitar los tramos donde sea factible la presencia de curvas de remanso;
3. Las pendientes de la sección de control deben de ser pequeñas;
4. La sección de control deberá estar lo más alejada posible de curvas;
5. Las obstrucciones en la sección deberán de ser mínimas;
6. Se tratará de evitar colocar la sección en tramos donde se formen vórtices o remolinos.

3.2.4 Instrumentos para medición de corrientes

3.2.4.1 Métodos del molinete

El más común de estos instrumentos es el tipo Price, el cual está provisto de una hélice o rueda de aspas o copas que gira impulsada por la velocidad de la corriente y a partir de un transductor eléctrico, indica el número de revoluciones con que gira la hélice (Villa, 2006). Esta velocidad angular se traduce a velocidad del agua (en m/s), utilizando una fórmula de calibración que previamente se ha determinado para cada instrumento en particular (Figura 3.19 y 3.20).

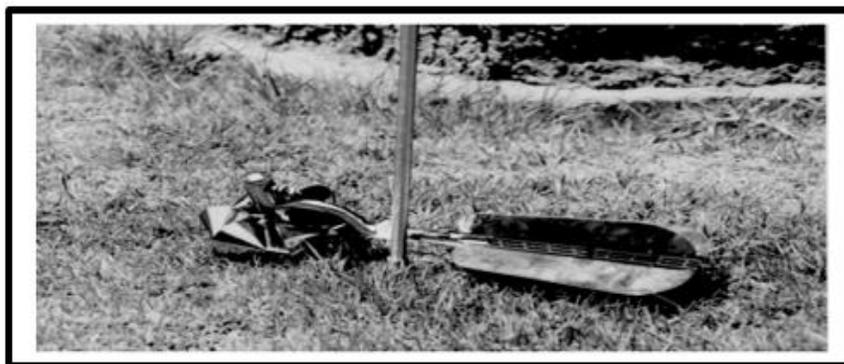


Figura. 3.19 Molinete tipo Price (Breña, 2006).

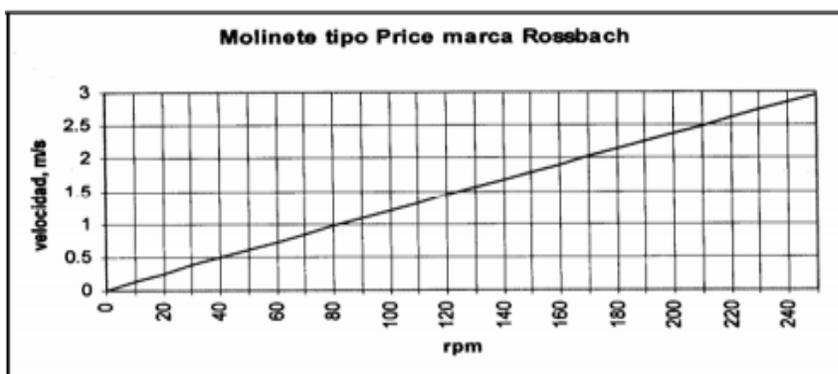


Figura. 3.20 Curva de calibración del molinete (Breña, 2006).

3.2.4.2 Tubo Pitot y de Prandtl

El tubo de Pitot y el de Prandtl son similares en forma. Ambos requieren de un manómetro (que puede ser de columna de mercurio) y la diferencia estriba en que el tubo de Pitot se conecta solo a una de las ramas del manómetro, quedando la otra expuesta a la presión atmosférica.

En el caso del tubo de Prandtl, las dos ramas del manómetro se conectan al instrumento (Villa, 2006).

La diferencia de presiones que se registre servirá para estimar la velocidad (estos instrumentos también se utilizan en conductos a presión) que se obtiene de la expresión siguiente:

$$V = C_v \sqrt{2 g \Delta h (\rho_m - \rho) / \rho} \quad (3.17)$$

Donde; V es la velocidad del flujo; C_v es el coeficiente de velocidad, con valores que oscilan entre 0.01 y 1.03 (si se coloca el instrumento paralelo a las líneas de corriente, entonces el coeficiente se puede considerar igual a 1).

g es la constante de aceleración gravitacional; ρ_m es a densidad del líquido del manómetro; ρ es la densidad del agua; y Δh es la diferencia de presiones registrada entre las dos ramas del manómetro (Villa, 2006).

3.2.4.3 Métodos de flotadores

Una forma muy simple de estimar la velocidad en una corriente pequeña es colocar en la superficie objetos que floten. Primero se define la distancia que recorrerá el flotador; en el extremo aguas arriba se suelta, y se mide el tiempo

transcurrido en alcanzar el extremo que corresponde a aguas abajo. Esto se repite las veces que sea necesario.

Al ser una estimación de la velocidad en la superficie, se podrá afectar el valor de velocidad medido por un factor de 0.85 (Dingman, 1994) para aproximarlo a la velocidad media, es decir: $\bar{V} = 0.85 V_{\text{media}}$ (Villa, 2006).

3.2.4.4 Método de dilución de tinta y trazadores

Al verter una tinta o trazador en una corriente en un punto determinado, la concentración de la tinta cambiará conforme se desplaza, y será posible detectar el cambio de concentración en una sección de muestreo localizada aguas abajo (Villa, 2006).

De acuerdo con Dingman (1994), se deben cumplir con los siguientes requerimientos para las sustancias a utilizar: *f*

1. Deben ser fácilmente solubles;
2. La concentración en el agua debe de ser baja; *f*
3. No deben de reaccionar químicamente ni deben de ser absorbidas por otras sustancias incluidas dentro del agua de la corriente; *f*
4. Debe de ser fácilmente detectable; *f*
5. No debe de ser un producto riesgoso para el operador ni para las formas de vida que dependen del cuerpo de agua; *f*
6. Su costo debe ser accesible.

Una opción adecuada de tinta o trazador que no provoca daños es el cloruro de sodio, ya que puede ser fácilmente detectado y su costo es reducido.

3.2.5 Elementos geométricos para canales abiertos

Las formas que se utilizan con más frecuencias para los canales abiertos son; la circular, rectangular, trapezoidal y triangular (Figura 3.21).

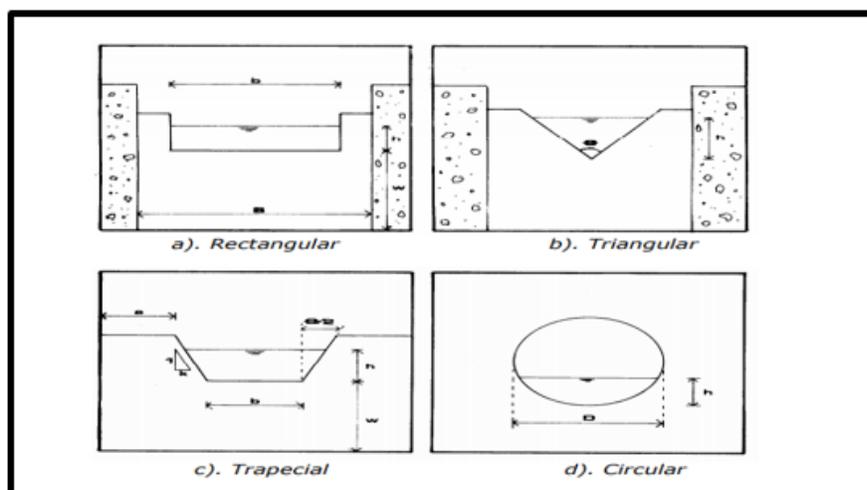


Figura. 3.21 Vertederos de pared delgadas (Breña, 2006).

3.2.6 Determinación del caudal de drenaje de la cuenca

3.2.6.1 Método racional

Debido a la falta de información hidrometeorológica en determinadas zonas, se plantean métodos de cálculo empíricos en base a observaciones y parámetros determinados de acuerdo a las características geomorfológicas y de cobertura vegetal de la zona donde se ubica el proyecto.

El método racional es uno de estos métodos empíricos utilizados para el cálculo de caudales de diseño. Este método es uno de los modelos más antiguos de la relación lluvia-escorrentía. Su origen se remonta a 1851 ó 1889, de acuerdo con diversos

autores. Este modelo toma en cuenta, además del área de la cuenca, la altura o intensidad de precipitación y es hoy en día muy utilizado, particularmente en el diseño de drenajes urbanos (Aparicio, 1989).

Aparicio, (2001) expresa que suponiendo que en una cuenca impermeable se hace caer uniformemente una lluvia de intensidad constante durante un largo tiempo; al principio, el gasto que sale de la cuenca será creciente con el tiempo, pero llegará un momento en el que se alcance un punto de equilibrio, es decir, en el que el volumen de entrada por unidad de tiempo y por la lluvia sea el mismo que el gasto de salida de la cuenca.

Aparicio, (2001) manifiesta también, que el tiempo que transcurre entre el inicio de la lluvia y el establecimiento del gasto de equilibrio se denomina tiempo de concentración, y equivale al tiempo que tarda el agua en pasar del punto más alejado hasta la salida de la cuenca.

Aparicio, (1989) afirma que, para la estimación del tiempo de concentración en un determinado punto o sitio de una cierta cuenca, se usa la fórmula siguiente:

$$T_C = 0,0195(L^3/H)^{0,385} \quad (3.18)$$

En donde T_C es el tiempo de concentración en minutos, L la longitud en metros, desde el sitio de nacimiento del cauce en estudio hasta el sitio de considerado y H la diferencia de elevación en metros, entre el inicio del cauce principal y el sitio considerado. (Aparicio, F. 1989).

Bolinaga, (1979), afirma que el método supone que, si sobre un área determinada cayese una precipitación de intensidad uniforme en el tiempo y en el espacio, llegara un momento en que la cantidad de agua que cae equivale a la que

sale del área, siempre y cuando esta sea impermeable. El cálculo se hace con la siguiente fórmula:

$$Q_P = C \cdot I \cdot A_c / 360 \quad (3.19)$$

Donde:

Q_P : es el gasto máximo en m^3/s ;

I : intensidad de la lluvia en mm/hr para una duración igual al tiempo de concentración (T_c) del área tributaria;

A_c : el área tributaria en hectáreas;

C : el coeficiente de escorrentía (Bolinaga, 1979)

3.2.6.2 Método de Hidrograma

Si se mide el gasto (que se define como el volumen de escurrimiento por unidad de tiempo) que pasa de manera continua durante todo un año por una determinada sección transversal de un río y se grafican los valores obtenidos contra el tiempo, se obtendría una gráfica como la presentada en la Figura 3.22.

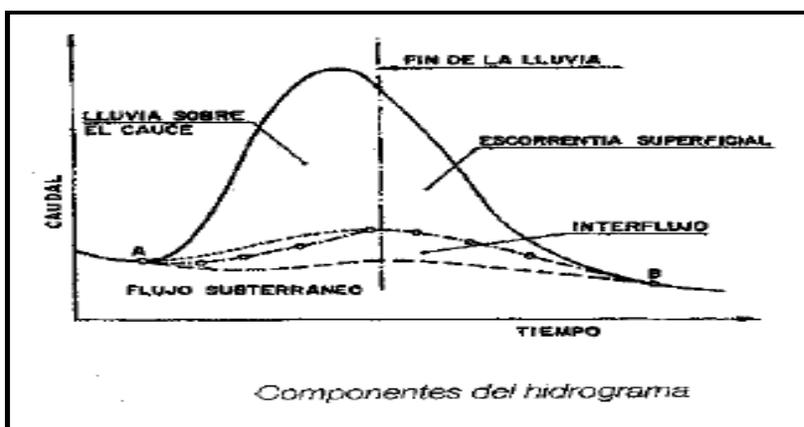


Figura. 3.22 Hidrograma típico aislado (Aparicio, 2001).

El hidrograma final de escurrimiento de una cuenca es el resultado de la sumatoria de todos los hidrogramas parciales de las sub-cuencas infinitesimales que la conforman, modificados por efecto del almacenamiento, mientras se baja a través de la superficie de la cuenca y de sus cauces. Si las características físicas de una cuenca tales como su forma, tamaño, cobertura y pendientes, permanecen constantes, las lluvias efectivas de características semejantes producirán hidrogramas de forma similar y magnitudes de gastos proporcionales a dichas lluvias.

Estas observaciones pueden expresarse así; si sobre una misma cuenca ocurriesen dos tormentas distribuidas en forma similar en el espacio y en el tiempo, los hidrogramas resultantes de cada una de ellas serán de la misma forma, con la única diferencia de que los gastos serán proporcionales a la respectiva lámina escurrida.

La duración efectiva de la precipitación que realmente genera escurrimiento, es factor fundamental por, cuanto si ella se incrementa se alargará el hidrograma y se reducirá su pico o viceversa. En consecuencia, aun manteniendo todos los factores constantes, existe un hidrograma para cada duración efectiva de la lluvia. Basándose en el concepto anterior, se estableció la definición de hidrograma unitario para una duración efectiva dada de la lluvia de una determinada cuenca, como aquél cuya lámina escurrida es 1 mm.

En la cuenca resulta casi imposible encontrar tormentas con una distribución más o menos uniforme sobre una cuenca. Imposibilidad que se acentúa a medida que la extensión de ella se hace mayor.

La obtención de un hidrograma unitario para cuencas con registros pluviométricos es sencilla.

Para obtener el hidrograma total generado por una tormenta base se seguirán los siguientes pasos:

1. Se calcula la lluvia efectiva y se la divide en intervalos de tiempo t_u de intensidad aproximadamente constante.
2. Se calcula el hidrograma unitario tal que su duración t_h sea igual a t_u .
3. Se multiplican los gastos del hidrograma unitario por la lluvia total efectiva de cada intervalo.
4. Se suman los hidrogramas obtenidos en 3, desplazados entre si t_u . Esta suma será el hidrograma total (Bolinaga, 1979).

3.2.6.3 Método del Hidrograma Triangular

La característica más resaltante del Hidrograma Unitario Adimensional del SCS es que tiene un volumen de escorrentía acumulado del 37.5% hasta el gasto máximo q_p , para un tiempo al pico T_p . Este hidrograma puede ser representado por un hidrograma triangular equivalente en las mismas unidades, el cual tiene en su lado ascendente hasta el gasto pico q_p un volumen de escorrentía acumulado del 37.5%.

La Figura 3.23 representa el Hidrograma Triangular Unitario obtenido por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (U. S. Soil Conservation Service), en donde:

q_p = caudal unitario pico en $m^3/s.mm$

A = área de la cuenca en km^2

T_p = tiempo al pico en horas = $0.67T_c$

T_c = tiempo de concentración en horas

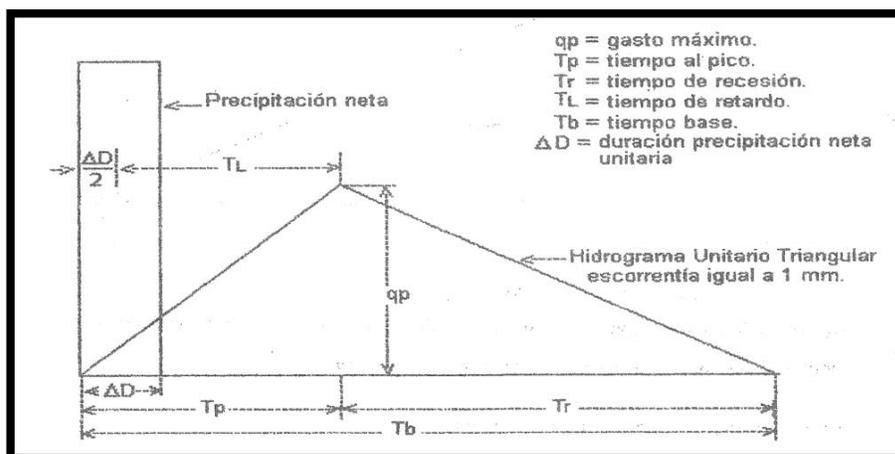


Figura. 3.23. Hidrograma unitario triangular (Mc-cuen, 1985).

Encontrándose que:

$$q_p = 0.208 \cdot A/T_p \text{ (m}^3\text{/s.mm)} \quad (3.20)$$

Conociendo la precipitación efectiva: P_e (mm) podemos obtener el caudal pico (m^3/s), aplicando la expresión:

$$Q_p = q_p \cdot P_e \text{ (m}^3\text{/s)} \quad (3.21)$$

También se conoce que el valor de:

$$AD = T/7.5 \text{ (min)} \quad (3.22)$$

$$T_p = T/1.5 \text{ (min)} \quad (3.23)$$

Para el tiempo base del hidrograma T_b se tiene la siguiente ecuación:

$$T_b = T_p + T_r \quad (3.24)$$

El tiempo de ocurrencia del pico a su vez puede ser expresado en función de la duración de la precipitación neta unitaria y el tiempo de retardo:

$$T_p = (AD/2) + T_L \quad (3.25)$$

El Hidrograma Unitario Triangular equivalente, puede ser representado a su vez por dos triángulos denominados A_1 y A_2 .

Tomando como base que el volumen de escorrentía en el triángulo A_1 es del 37.5%, se tiene que el volumen de escorrentía en el triángulo A_2 es de 62.5% (Figura 3.24).

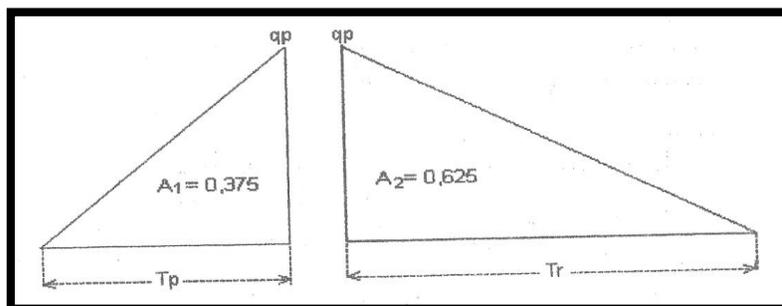


Figura. 3.24 Representación gráfica del Hidrograma Unitario Triangular como la suma de dos triángulos A_1 y A_2 (Mc-cuen. R.,1985).

De acuerdo con la geometría de los triángulos tenemos:

$$\text{Área del triángulo } A_1 = (T_p + q_p) / 2 \quad (3.26)$$

$$\text{Área del triángulo } A_2 = (T_r + q_p) / 2 \quad (3.27)$$

Resolviendo las ecuaciones (3.26) y (3.27) se tiene la siguiente relación entre T_r y T_p :

$$T_r = 1.67 T_p \quad (3.28)$$

Sustituyendo la ecuación (12) en la ecuación (8) tenemos área el tiempo base:

$$T_b = 2.67 T_p \quad (3.29)$$

Por definición el volumen total de escorrentía Q bajo la curva del Hidrograma Unitario Triangular es igual a 1 mm y podemos expresarlo como sigue:

$$Q = (q_p/2) (T_p + T_r) \quad (3.30)$$

$$q_p = 2Q / (T_p + T_r) \quad (3.31)$$

Efectuando un cambio de variable:

$$K = 2 / (1 + T_r/T_p) \quad (3.32)$$

Tenemos que:

$$q_p = KQ/T_p \quad (3.33)$$

El caudal (Q) está en unidades de mm y el tiempo T_p en horas. Realizando la conversión de unidades de mm/hora a $m^3/s/mm$, incluyendo el área de drenaje A en km^2 , la ecuación (3.33) se transforma en:

$$q_p = KQ / 3.6 T_p \quad (3.34)$$

Sustituyendo se obtiene un valor de $K = 0.75$, entonces la ecuación (3.34) se transforma en:

$$q_p = 0.208 A / T_p \quad (3.35)$$

q_p en unidades de $m^3/s/mm$.

Dado que el volumen de escorrentía en el lado ascendente del Hidrograma Unitario Triangular, es igual al del lado curvilíneo del Adimensional, se concluye que el factor de gasto pico 0.208 de la ecuación (3.35) es válido para el Hidrograma Triangular Adimensional de SCS.

Cualquier modificación en el Hidrograma Unitario Adimensional que conlleve cambios en el porcentaje del volumen de escorrentía bajo su rama ascendente producirá variaciones en el factor de forma asociado al Hidrograma Unitario Triangular, y por lo tanto el tiempo de recesión T_r y la constante K también cambiará.

Para las cuencas analizadas por el SCS, el factor del gasto pico varió desde un valor de 0.258 en zonas de pendiente empinada, hasta un valor de 0.129 en terrenos muy planos.

De lo anterior, se deduce que, si se utiliza un Hidrograma Unitario Adimensional diferente al derivado por el SCS, el factor de gasto pico cambia de valor y, por consiguiente, dicho caudal será distinto del que se obtiene con la ecuación (3.35) (Mc-cuen,1985).

3.2.7 Modelamiento hidráulico del flujo

Los modelos que permiten estudiar cauces fluviales mediante la aproximación unidimensional y régimen permanente gradualmente variado son lo más extensamente utilizados por su sencillez y amplia difusión. Entre ellos destaca el

modelo HEC RAS del Centro de Ingeniería Hidráulica del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (Hydraulic Engineering Center of U.S. Army Corps of Engineers -HEC-USACE). Este modelo ha ido evolucionando con el tiempo y aumentando sus capacidades, de manera que permite representar ríos con cambio de régimen, secciones compuestas irregulares, puentes, pasos bajo vías, uniones etc. A su vez posee cómodas interfaces gráficas para representar la geometría y ver los resultados, comparando distinta hipótesis de funcionamiento, y realizar informes. Su limitación principal es la de sus hipótesis principales: régimen permanente e unidimensional.

HEC RAS es un programa de uso libre, el cual puede ser bajado a través de la página web: www.hec.usace.army.mil. El programa permite calcular redes fluviales y permite considerar elementos especiales como puentes, alcantarillas, compuertas, tubos, etc.

El estudio para un río determinado se llama un proyecto, y en cada proyecto puede haber diversos planes, siendo cada plan una combinación de una geometría determinada con unas condiciones de flujo dadas (caudales y condición de contornos) (Misaico, 2014).

3.2.8 Socavación

La erosión, por su escala de acción espacial, puede distinguirse entre erosión general del fondo y erosión local. La primera se puede explicar por la acción de un flujo de agua sobre el fondo del cauce. Afecta a tramos largos del cauce y sería la única o primordial en un cauce recto y libre de singularidades, como obstáculos. La erosión local, en cambio, se explica por la acción de un flujo más complejo, que en una sección recta de la corriente (horizontal o vertical) requeriría una descripción

bidimensional de las velocidades. Se presenta asociada a singularidades como obstáculos o a sectores curvos del cauce (CVC-TECMIN., 2007).

3.2.8.1 Socavación general

La determinación de las profundidades de erosión general (o erosión natural o decreciente) que sufre un cauce natural ante la ocurrencia de una crecida es un tema de gran importancia en la ingeniería. El cálculo aproximado de la forma y dimensiones que adquiere la sección transversal erosionada resulta de utilidad como elemento de ayuda. Para la toma de decisiones en lo referente al diseño de obras de cruce a través del cauce, tales como puentes, tuberías, túneles subfluviales, etc. Existen múltiples y variadas metodologías para calcular la erosión general, aunque la gran mayoría de las mismas resulta de naturaleza puramente empírica, es decir, sin el sustento teórico que permita justiciar los planteos fundamentales.

Una de las posibilidades para el cálculo de la erosión general es la aplicación de modelos numéricos para cómputos morfológicos. En general, estos modelos se basan en la solución numérica de las ecuaciones generales del movimiento de agua con transporte de sedimentos. Los mismos se aplican a un tramo de cauce que incluya la sección en cuestión y los algoritmos internos resuelven el sistema para la hidrógrafa de diseño con condiciones iniciales y de contorno dadas. Existen varios modelos matemáticos para cálculos morfológicos, tales como HEC2SR, HEC-6, MOBED y FLUVIAL, entre otros, sin embargo, para la aplicación, calibración y explotación de estos modelos es necesario disponer de una cantidad de información importante e inversiones significativas en software, hardware, entrenamiento de personal y soporte técnico. Todos estos requerimientos muchas veces son difíciles de satisfacer, y por ello resulta de interés el empleo de los métodos semi-empíricos para la estimación de la erosión general (Farías, et al 2003).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Nivel o tipo de la investigación

4.2 Diseño de la investigación

4.2.1 Investigación documental

Según el autor (Arias, 2012), define: la investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas, como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos.

Arias, (2012) señala que “La investigación documental es un proceso en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica, e interpretación de datos secundarios”. De acuerdo con las características que presenta el estudio, según el diseño de la investigación es de tipo documental y de campo, ya que se utilizarán y analizarán los datos hidrológicos captados y registrados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH), además se apoyará en la consulta, uso y análisis de material cartográfico existente de la zona en cuestión, que serán parte de las bases teóricas del estudio, siendo este el primer paso de la estrategia documental.

4.2.2 Investigación de campo

Parella y Martins, (2006), define: La Investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos.

Sin manipular o controlar las variables. Estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural. El investigador no manipula variables debido a que esto hace perder el ambiente de naturalidad en el cual se manifiesta.

Claro está, en una investigación de campo también se emplean datos secundarios, sobre todo los provenientes de fuentes bibliográficas, a partir de los cuales se elabora el marco teórico. No obstante, son los datos primarios obtenidos a través del diseño de campo, los esenciales para el logro de los objetivos planteados.

4.3 Población y muestra de la investigación

4.3.1 Población de la investigación

Se entiende por población “El conjunto finito o infinito de elementos con características comunes, para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda limitada por el problema y por los objetivos del estudio” (Arias, 2012).

La población o universo a estudiar, se concibe como el espacio de donde se extraerá la muestra que se va a utilizar en la investigación. En este sentido, Balestrini, (2006), expresa que: “una población o universo puede estar referido a cualquier conjunto de elementos de los cuales pretendemos indagar y conocer sus características, o una de ellas, y para el cual serán válidas las conclusiones obtenidas en la investigación”.

En el presente caso se considerará como población de la investigación todas las características y materiales del lecho del cauce y riberas de un tramo del río Caris, así como también las características del flujo presente.

4.3.2 Muestra de la investigación

La muestra es un “subconjunto representativo de un universo o población” (Morlés, 2010).

Sin embargo, no todos los datos resultan útiles para llevar a cabo un trabajo de investigación. Lo que se busca al emplear unos datos es que, observando una porción relativamente reducida de unidades, se obtengan conclusiones semejantes a las que lograríamos si estudiáramos el universo total. Cuando una muestra cumple con esta condición, es decir, cuando nos refleja en sus unidades lo que ocurre en el universo, la llamamos muestra representativa. Sus conclusiones son susceptibles de ser generalizadas al conjunto del universo, aunque para ello debemos añadir un cierto margen de error en nuestras proyecciones. Casi todas las muestras que se utilizan en las investigaciones son datos representativos (Arias, 2012).

Los datos de la presente investigación serán considerados de igual tamaño que la población por considerarse esta de dimensiones finitas y mensurables.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para obtener información relevante proveniente de la realidad objeto de estudio será necesario utilizar distintos instrumentos de recolección, como lo define Sabino, (2006): “Un instrumento de recolección de datos, en un principio es cualquier recurso del que se vale un investigador para acercarse a fenómenos y extraer de ellos información”.

En tal sentido, y en relación a los objetivos definidos en el presente estudio ubicado en un contexto de investigación proyectiva, se utilizarán diversas técnicas de recolección de datos para cumplir con las metas propuestas.

4.4.1 Técnicas de recolección de datos

4.4.1.1 Revisión y análisis documental

La revisión literaria, permitirá extraer las bases teóricas y los antecedentes del problema de investigación, sirviendo como herramientas documentales que sustenten el trabajo propuesto, como lo expresa Tamayo, (2004): “la revisión Literaria es el fundamento de la parte teórica de la investigación y permite conocer a nivel documental las investigaciones relacionadas con el problema planteado”.

4.4.1.2 Observación directa

Tamayo, (2004), define observación directa como: “Aquella en la cual el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación”

Mediante la observación directa, se hará un reconocimiento visual del área de estudio a fin de verificar las condiciones en las que se encuentra en cuanto a la topografía, vegetación, condiciones de las riberas, e infraestructuras civiles presentes en el sector.

4.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Entre los instrumentos relevantes utilizados para la captación de datos y el desarrollo de la investigación se tienen:

1. Equipo topográfico (teodolito, mira, cinta métrica, brújula, GPS, entre otros.)
2. Equipo de computación: Programas de aplicación (AutoCAD, Word, Excel, Power Point, etc.)

3. Equipos hidráulicos: (flotadores, correntómetro, tubo Pitot)

4.5 Flujograma de la metodología de trabajo

A fin de realizar la investigación con mayor eficiencia y cumplir con los objetivos propuestos para la elaboración del proyecto factible antes mencionado en el río Caris, municipio Independencia, estado Anzoátegui., se plantean las siguientes actividades (Figura 4.1):

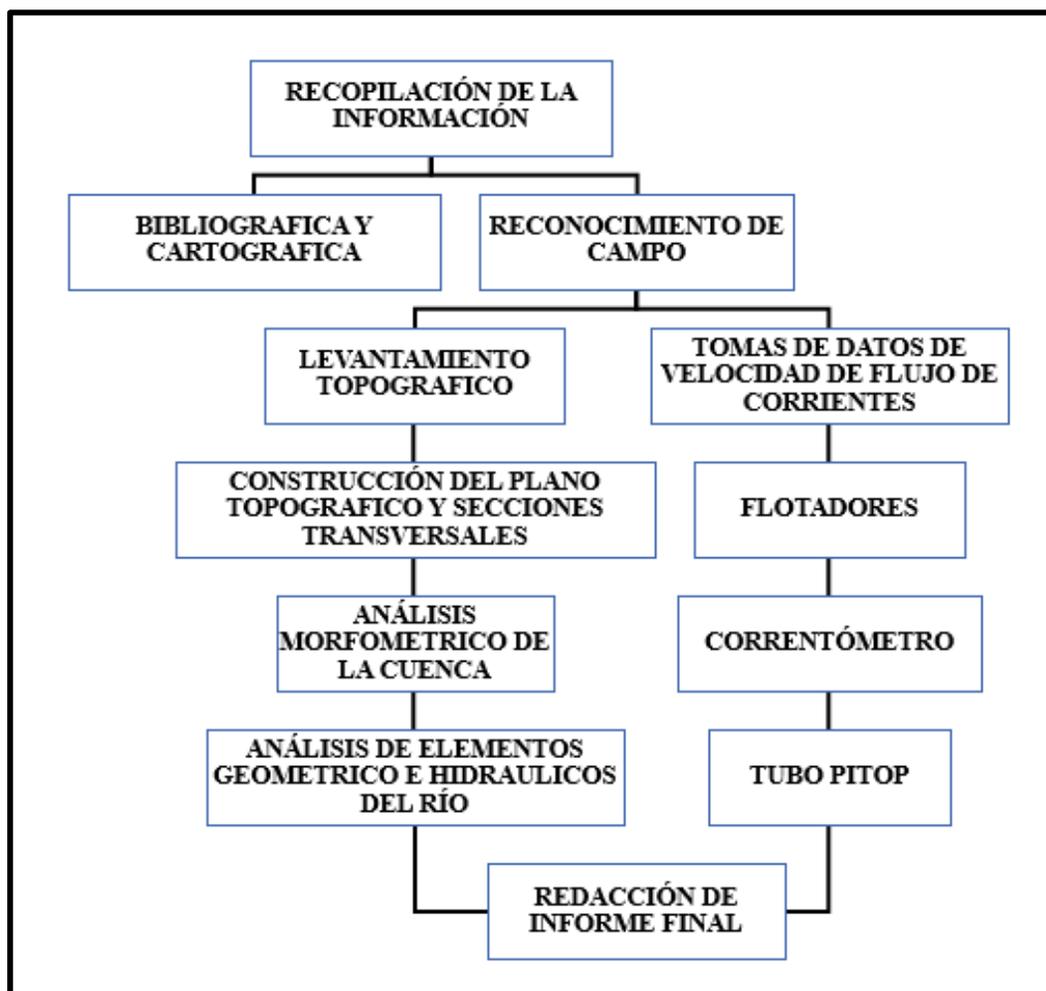


Figura. 4.1 Flujograma de la investigación.

4.6 Procedimiento para el logro de los objetivos

A continuación, se describirá la metodología que ha sido esquematizada en el flujograma antes presentado.

4.6.1 Recopilación de la información y reconocimiento de campo

Esta actividad comprendió la recopilación y consulta de toda la información tanto bibliográfica como cartográfica existente del área de estudio, que sirve de base en la elaboración de la investigación.

En la parte bibliográfica fueron revisados trabajos de investigación y libros relacionados al tema de estudio, información extraída en la biblioteca de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar. Además de trabajos de investigación publicados en la web referentes a esta investigación. En cuanto a la inspección en campo, esta se realiza para la selección del área definitiva de trabajo y la escogencia de la mejor estrategia para la ejecución de las actividades en campo.

4.6.2 Estado actual del río Caris en el tramo evaluado

Se efectuará el reconocimiento en campo de las condiciones en que se encuentra el cauce del río Caris en la zona evaluada.

4.6.3 Toma de datos de velocidad de flujo de corrientes

En primer lugar, se efectuará un recorrido del lecho en estudio del río Caris. Posteriormente se les realizará las mediciones respectivas para obtener la sensibilidad de la velocidad mediante los flotadores, correntómetro y tubo pitot; dichos datos fueron recolectados el 25 de julio del 2018.

4.6.4 Caracterización geomorfológica de la cuenca y del cauce

Para el logro de este objetivo se determinarán los parámetros morfométricos de la cuenca utilizando para ello las cartas de la serie 7441 y 7442 de escala 1:100000 y 1:25000 emitidas por la Dirección de Cartografía Nacional correspondientes a la zona de estudio. En ella se delimitará la cuenca del río Caris y se medirán y calcularán su área, perímetro, longitud del cauce, longitud axial, pendiente de la cuenca y del cauce, factor forma y coeficiente de compacidad.

Por otra parte, en campo se realizará un levantamiento topográfico taquimétrico con Nivel Abney, mira taquimétrica, cinta métrica y jalón apoyado en puntos cuyas coordenadas se determinarán con GPS. El levantamiento topográfico se realiza para determinar las coordenadas UTM y las cotas de varios puntos (colineales) que estarán ubicados a lo largo de líneas imaginarias trazadas perpendicularmente al eje del cauce de la quebrada (denominadas secciones transversales) y separadas entre 35 metros entre ellas aproximadamente. Estas cotas y coordenadas se representarán en el plano y permitirán la interpolación y trazado de las curvas de nivel topográfico.

Con esta información se construirá el plano topográfico de la zona en estudio, las secciones transversales del cauce y el perfil longitudinal. Todos estos productos del levantamiento topográfico serán analizados para describir la geomorfología de la zona en estudio.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

A continuación, se mostrarán los productos o informaciones generadas a partir de los datos obtenidos y procesados según la metodología planteada en el capítulo anterior.

5.1 Condiciones morfométricas actuales en el área de estudio del río Caris

Para describir los parámetros morfométricos, hidrológicos e hidráulicos de la cuenca. En ese sentido, se delimitó la cuenca en Google Earth 2018 ubicando la coordenada (E 408449; N 929022), del río Caris municipio Independencia Estado Anzoátegui, Venezuela a escala 1:100000 la cual se presenta a continuación en la Figura 5.1.

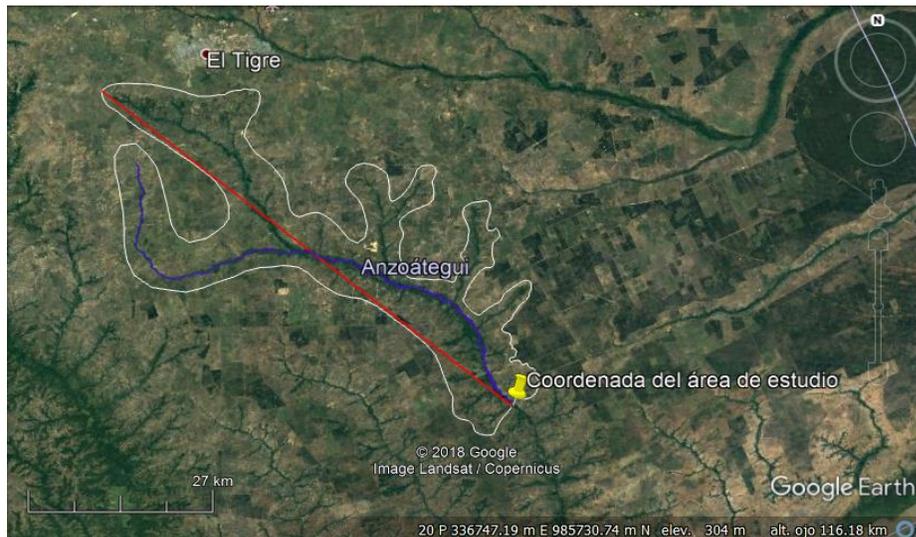


Figura. 5.1 Cuenca del río Caris hasta la zona de estudio.

Basándose en la Figura 5.1 de la cuenca se presenta en la Tabla 5.1 los parámetros morfométricos de la cuenca:

Tabla 5.1 Parámetros morfométricos de la cuenca media y alta del río Caris.

| Variable | Origen o Fórmula | Valor | Unidad | Interpretación |
|-----------------------------------|-------------------------------------|-------|-----------------|------------------------------|
| Área (A) | Del plano | 991 | Km ² | Cuenca pequeña |
| Perímetro (P) | Del plano | 338 | Km | |
| Ancho (An) | $An = A/L$ | 12,99 | Km | |
| Longitud (L) | Del plano | 76,3 | Km | |
| Orientación (O) | Del plano | NW-SE | | Noroeste – Sureste |
| C. Compacidad (Cc) | $Cc = P/(2(\pi A)^{1/2})$ | 3,03 | | Cuencas muy largas |
| R. Elongación (Re) | $Re = (1.128(A)^{1/2})/L$ | 0,465 | | Cuenca de relieves profundos |
| R. Circularidad (Rci) | $Rci = 4.\pi.A/P^2$ | 0,10 | | |
| Cota máxima | Del plano | 300 | m | Alturas máximas y mínimas |
| Cota mínima | Del plano | 60 | m | |
| Pendiente media de la cuenca (Sc) | $Sc = D.L/A$ | 0.6 | % | Llano |
| Pendiente media (Smax) | $Smax = \Delta cota/L$ | 3,14 | % | Suave |
| Long. Del cauce principal (Lcp) | Del plano | 131 | Km | Cuenca pequeña |
| Dif. Altura | Cota máx. – cota min. | 240 | m | |
| T. concentración (Tc) | $Tc = 0,0195(L^3/\Delta H)^{0,385}$ | 0,353 | Min | |
| Factor forma (Ff) | $Ff = A / L^2$ | 0,17 | | Cuenca muy alargada |

El área total de la superficie de la cuenca se encuentra cubierta fundamentalmente por bosques de galería, sabanas arbustivas (gramínea), suelos cultivados y suelos desnudo. De acuerdo a los coeficientes de escorrentía presentados por Benítez (1980) y según la topografía del terreno (pendiente: 1 a 5%), en la tabla siguiente (Tabla 5.2)

se muestran valores adecuados de coeficientes de escorrentía para los tipos de cobertura del suelo antes citados.

Tabla 5.2 Coeficientes de escorrentía (Benítez, 1980).

| COBERTURA DEL SUELO | TIPO DE SUELO | PENDIENTE (%) | | | | |
|---------------------------|---------------|---------------|-------|------|------|------|
| | | > 50 | 20-50 | 5-20 | 1-5 | 0-1 |
| Sin vegetación | Impermeable | 0,80 | 0,75 | 0,70 | 0,65 | 0,60 |
| | Semipermeable | 0,70 | 0,65 | 0,60 | 0,55 | 0,50 |
| | Permeable | 0,50 | 0,45 | 0,40 | 0,35 | 0,30 |
| Cultivos | Impermeable | 0,70 | 0,65 | 0,60 | 0,55 | 0,50 |
| | Semipermeable | 0,60 | 0,55 | 0,50 | 0,45 | 0,40 |
| | Permeable | 0,40 | 0,35 | 0,30 | 0,25 | 0,20 |
| Pastos, vegetación ligera | Impermeable | 0,65 | 0,60 | 0,55 | 0,50 | 0,45 |
| | Semipermeable | 0,55 | 0,50 | 0,45 | 0,40 | 0,35 |
| | Permeable | 0,35 | 0,30 | 0,25 | 0,20 | 0,15 |
| Hierba | Impermeable | 0,60 | 0,55 | 0,50 | 0,45 | 0,40 |
| | Semipermeable | 0,50 | 0,45 | 0,40 | 0,35 | 0,30 |
| | Permeable | 0,30 | 0,25 | 0,20 | 0,15 | 0,10 |
| Bosque, vegetación densa | Impermeable | 0,55 | 0,50 | 0,45 | 0,40 | 0,35 |
| | Semipermeable | 0,45 | 0,40 | 0,35 | 0,30 | 0,25 |
| | Permeable | 0,25 | 0,20 | 0,15 | 0,10 | 0,05 |

Ahora conociendo el área cubierta por cada tipo de cobertura, se puede determinar un coeficiente de escorrentía ponderado para toda la cuenca, tal como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 5.3 Determinación del coeficiente de escorrentía ponderado para toda la cuenca

| Tipo de cobertura | Coficiente de escurrimiento (Ce) | Área en km ² (A) | Ce x A | Cep |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------|---------|-------|
| Bosque de galería | 0.30 | 297.3 | 89.19 | 0.395 |
| Gramíneas | 0.40 | 396,4 | 158.56 | |
| Suelo cultivado | 0.45 | 198.2 | 89.19 | |
| Suelo desnudo | 0.55 | 99.1 | 29.73 | |
| Total | | 991 | 302.455 | |

5.2 Caracterizar morfológicamente el tramo en estudio del río Caris.

El paisaje y relieve del río Caris pertenece al ambiente fluvial, el relieve está íntimamente controlado por dos factores: el clima y los sedimentos, sin embargo, también intervienen factores como la meteorización, la erosión y la erosión antrópica (generada por el hombre), se caracteriza por una topografía generalmente plana y

ligeramente inclinada que abarca extensiones considerables dentro de la cuenca y sus alrededores.

El modelo de drenaje es dendrítico debido a los numerosos afluentes que tiene el río, en su sistema los sedimentos se acumulan debido a la acción del canal principal y de la inundación periódica de la planicie adyacente.

El río Caris es de cauce meandrante donde presenta curvas alternadas unidas por tramos rectos y cortos su pendiente es baja lo que genera la formación de barras laterales y centrales y el aumento de curvatura de los meandros. Sin embargo, el tramo evaluado de la cuenca media del río Caris, es de naturaleza casi recto a levemente sinuoso. Se interpretó la cuenca en el mapa hidrográfico del estado Anzoátegui a escala 1:100000 emitida por la Dirección de Cartografía Nacional, la cual se presenta a continuación (Figuras 5.2, 5.3) (Figura 5.4 de Google Earth 2018).



Figura. 5.2 Naturaleza meandrante y dendrítica del río Caris en las adyacencias del área de estudio. (IGVSB, 2010).



Figura. 5.3 Tramo recto a sinuoso entre los tramos de meandros del río Caris (IGVSB, 2010).



Figura. 5.4 Imagen de satélite Landsat de la cuenca media del río Caris, se observa drenaje dendrítico (Google Earth, 2018).

Se realizó un levantamiento topográfico de carácter expeditivo con teodolito, cinta métrica, nivel de mano y mira taquimétrica para la construcción de secciones transversales al eje longitudinal del cauce (Figuras 5.5 a 5.11). Asimismo, se construyó un plano topográfico (Anexo 1) con la información de este levantamiento.

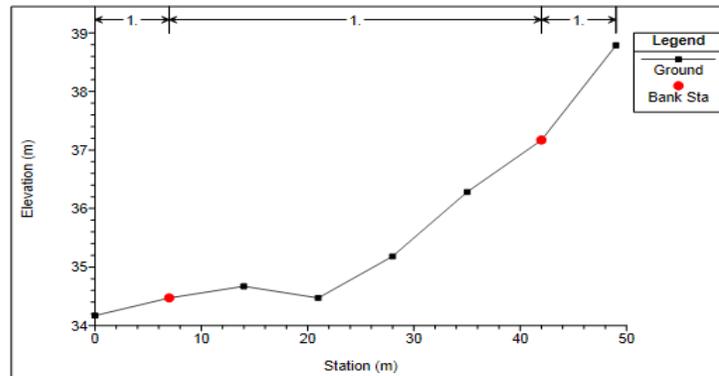


Figura 5.5 Sección Transversal 1 del tramo evaluado del río Caris de izquierda a derecha.

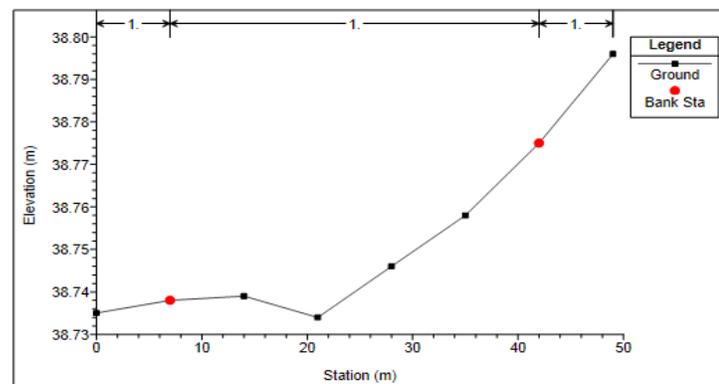


Figura 5.6 Sección Transversal 2 del tramo evaluado del río Caris de izquierda a derecha.

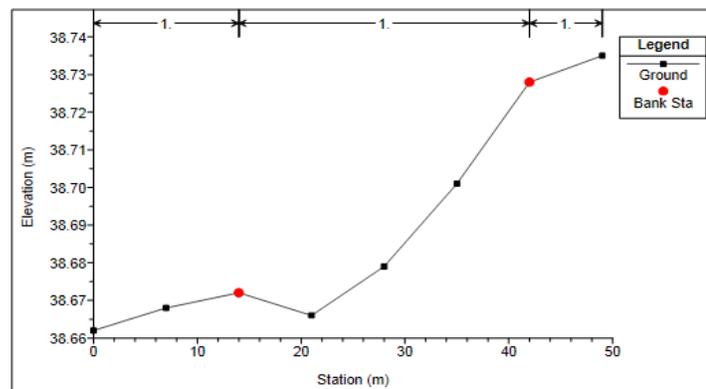


Figura 5.7 Sección Transversal 3 del tramo evaluado del río Caris de izquierda a derecha.

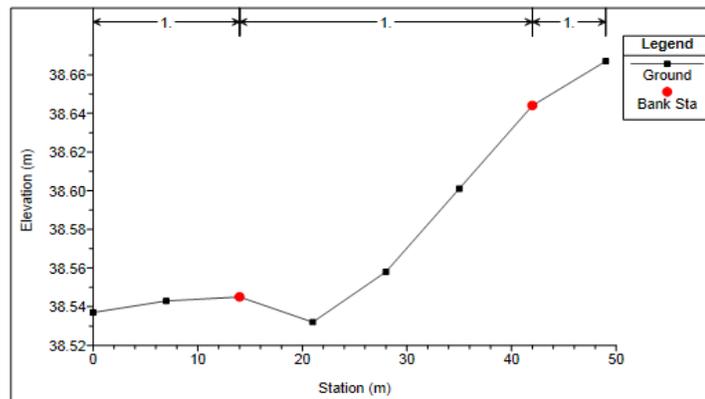


Figura 5.8 Sección Transversal 4 del tramo evaluado del río Caris de izquierda a derecha.

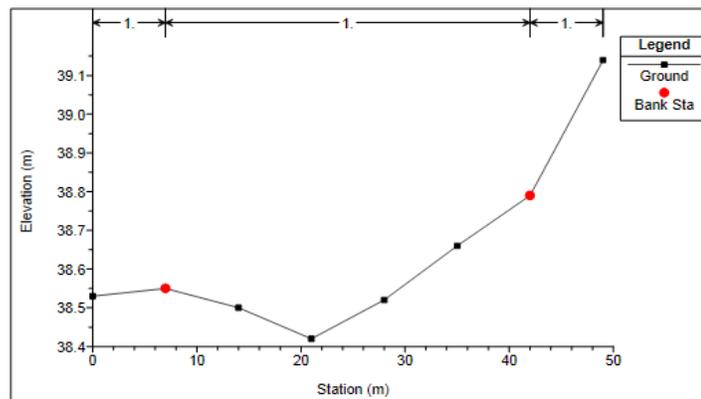


Figura 5.9 Sección Transversal 5 del tramo evaluado del río Caris de izquierda a derecha.

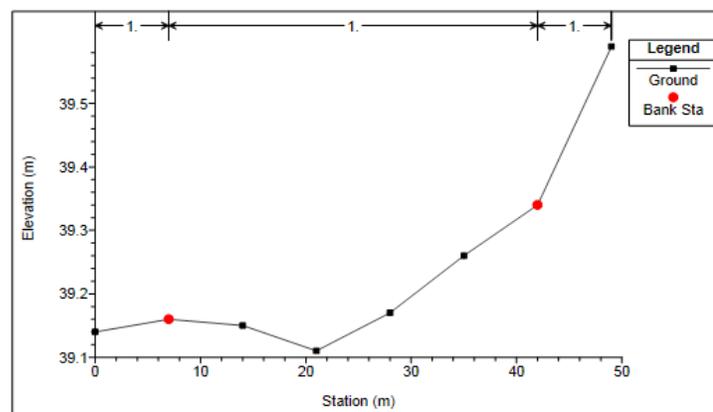


Figura 5.10 Sección Transversal 6 del tramo evaluado del río Caris de izquierda a derecha.

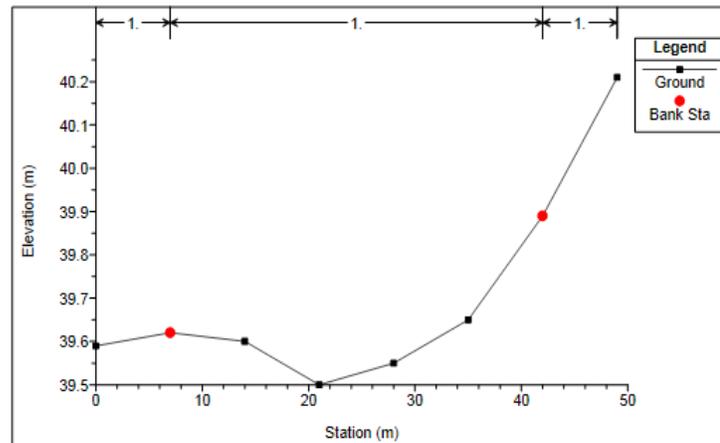


Figura 5.11 Sección Transversal 7 del tramo evaluado del río Caris de izquierda a derecha.

De la interpretación de las secciones topográficas se pudo observar que el tramo evaluado de la cuenca media del río Caris posee una pendiente baja en el orden de 0,6%.

5.3. Caudal de diseño admitido en la cuenca alta del río Caris para distintos períodos de retornos 25 y 50 años

A tal fin se aplicará el método del Hidrograma Unitario Triangular SCS el cual permitirá la obtención del caudal que aportará la cuenca. Es necesario acotar que el método racional no puede ser utilizado para el cálculo del caudal de drenaje de la cuenca debido a que esta supera las 100 ha.

La determinación de la intensidad de las lluvias para períodos de retorno de 25 y 50 años se hará utilizando las curvas de intensidad, duración y frecuencia propuestas en el Manual de drenaje del MOP (1963) correspondientes a la zona hidrológica II y presentada en la figura 5.12.

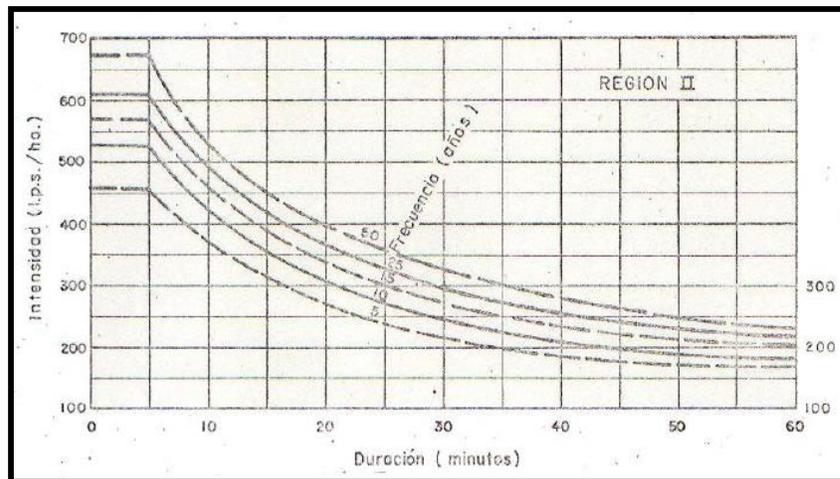


Figura. 5.12 Curvas IDF para la región hidrológica II (MOP, 1963).

Para un tiempo de concentración de 0.353 minutos tendremos intensidades de lluvia de 610 lps/ha (219.60 mm/hr) y 675 lps/ha (242.99 mm/hr) para períodos de retorno de 25 años y 50 años respectivamente.

Con la finalidad de construir el Hidrograma Unitario Triangular SCS, se procederá a continuación al cálculo de los parámetros involucrados de acuerdo a lo establecido en las ecuaciones (3.20) a (3.35) expuestas en el capítulo anterior. En ese sentido, tenemos los siguientes resultados:

Considerando un área de la cuenca de 991 km^2 y un Tiempo de concentración (T_c) de 0.006 horas (0.353 min) tenemos:

$$\text{Tiempo al pico } (T_p) = 0.0000225 \text{ horas} = 0.00135 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo de base } (T_b) = 0.00006112 \text{ horas} = 0.003667 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo de recesión } (T_r) = 22.3783333 \text{ horas} = 1342.7 \text{ min}$$

$$\text{Duración lluvia neta unitaria } (\Delta D) = 0.0007844 \text{ horas} = 0.047067 \text{ min}$$

$$\text{Caudal unitario } (q_p) = 2544.790 \text{ m}^3/\text{s}.\text{mm}$$

En ese sentido, se dispone a continuación en la Figura 5.13, del Hidrograma Unitario Triangular SCS de la cuenca media y alta del río Caris:

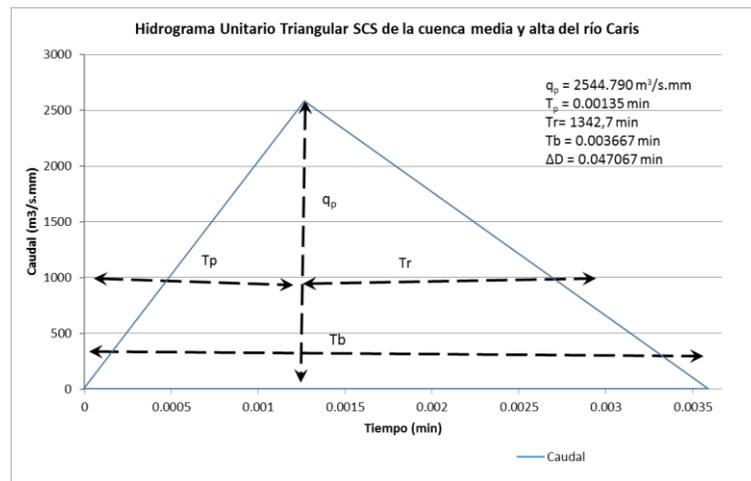


Figura. 5.13. Hidrograma Unitario Triangular SCS de la cuenca media y alta del río Caris.

Mc-Cuen, 1985 propone calcular el caudal que aportará la cuenca a partir de la ecuación:

$$Q = (C \cdot I \cdot A \cdot T_c) / (1,33 \cdot 360 \cdot T_p)$$

Donde:

C = coeficiente de escurrimiento = 0.305

I = intensidad de lluvia = 219.60 mm/hr (para $T_r = 25$ años)

I = intensidad de lluvia = 242.99 mm/hr (para $T_r = 50$ años)

A = área de la cuenca = 99100 ha

T_c = tiempo de concentración = 0.006 hr

T_p = tiempo de ocurrencia del caudal pico = 0.0000225 hr

El caudal de drenaje de la cuenca para un período de retorno de 25 años (Q_{25}) sería de 46945.058 m^3/s . De igual forma se calculó el caudal de drenaje para un periodo de retorno de 50 años (Q_{50}) lo cual es de 51945.262 m^3/s . Donde se observó el caudal

que tuvo un pequeño incremento al evaluarlo con un período de retorno mayor al anterior.

5.4. Protocolos de medición de velocidades del río Caris manipulando correntómetro, flotadores y tubo Pitot

Método del flotador

1. Se selecciona un tramo del río Caris a estudiar que sea uniforme, sin rocas grandes ni arbustos que puedan intervenir para que el agua fluya de manera libre sin turbulencias ni impedimentos.
2. El tramo seleccionado se ubicaron dos puntos; Punto inicial (a) y punto final (b). se midió la distancia de separación entre ellos que fue de 35 metros.
3. Se midieron las dos secciones. La sección inicial (a) mide 52,20 metros y la sección final (b) 48.92 metros.
4. Separar la sección inicial (a) en tres partes. La primera es dividir los 52,20 metros entre dos que da un resultado de 26.1 metros, seguidamente se divide entre dos y da un resultado de 13,05 metros. Este resultado se lo sumamos a los 26,1 metros dando como resultado 39.15 metros.
5. Se sumergió tres flotadores en el punto inicial (a), de profundidades diferentes; la primera medición se realizó a 13,05 metros de la ribera izquierda con profundidad de reflector de 0,3 metros con la cual medimos el tiempo que tardó en llegar hacia el punto final (b), la segunda medición se realizó a 26,1 metros de la ribera izquierda con profundidad del reflector de 0,1 metros siguiendo la misma metodología del primero. La última medición fue tomada a 39,15 metros de la ribera izquierda teniendo como profundidad y metodología que la primera antes mencionada.
6. Se realizaron cinco repeticiones en cada punto antes indicado y así determinar la velocidad de la corriente, que es igual a:

$$V = \frac{35 \text{ m}}{33,59 \text{ s}} = 1.04 \text{ m/s}$$

Método del correntómetro

1. Se seleccionó la sección (b) del río Caris, la cual es más o menos recto, de fácil acceso, que no tuviera tanta turbulencia, uniformemente posible, sin interferencias del curso de agua por rocas o algún otro material.
2. Se verifica la calibración del correntómetro,
3. Para la sección del área establecida se sumergió el correntómetro en la vertical al 60% de profundidad de tal manera que el operador no sea un obstáculo para la medición.
4. Se calculó la velocidad promedio sumando las velocidades obtenidas en cada posición.

Ejemplo: A 7 metros de la ribera izquierda en la sección (b) se realizó el promedio.

$$V_p = \frac{0,085 + 0,086 + 0,087 + 0,088 + 0,089 \text{ (m/s)}}{5} = 0,087 \text{ (m/s)}$$

5. Se calcularon las velocidades medias utilizando la siguiente ecuación:

$$Vm = \frac{vp_{inicial} + vp_{final}}{2}$$

Ejemplo: $Vm = \frac{0.087 + 0.129}{2} = 0.108 \text{ m/s}$

Método del tubo Pitot

1. El tubo Pitot se sumergió con el orificio orientado en el sentido de la corriente del flujo.
2. Se sumergió a una distancia considerable del operador, ya que se crea pequeñas turbulencias y alteran la medición y el curso de la corriente.
3. El instrumento permaneció sumergido durante un minuto, en cada punto determinado, obteniendo la lectura mediante la altura de carga de velocidad del en centímetros.
4. Mediante la siguiente ecuación se calculó la velocidad en cada punto de medición

$$V = C\sqrt{2g * h}$$

$$V = 0,85 \sqrt{2(9,81 \text{ m/s}) * 0,39\text{m}}$$

$$V = 2.35 \text{ m/s}$$

5.5. Variación de las mediciones de velocidades de flujo del agua en función a los distintos instrumentos y diferentes condiciones de medición.

Las variaciones de mediciones de velocidades con los tres métodos aplicados; tubo Pitot sus velocidades fueron de 2.35; 2.87; 3.01; 2.99; 2.87; 1.72 m/s, el de los flotadores sus velocidades promedio fueron de 1.03; 1.22; 0.77 m/s y el correntómetro fue de 0.087; 0.129; 0.124; 0.125; 0.104; 0.016 m/s; con las velocidades y promedios generales de mediciones antes mencionada se puede destacar que las velocidades no hubo cambios significativos, teniendo como más cambio el correntómetro (Figura 5.14 a 5.17).



Figura. 5.14 Medición de velocidades con el tubo Pitot en el centro de la sección (b) del río Caris.



Figura. 5.15 Medición de velocidades con el correntómetro en el centro de la sección (b) del río Caris.



Figura. 5.16 Medición de velocidades con flotadores en el centro de la sección (a) punto inicial del río Caris.



Figura. 5.17 Medición de velocidades con flotadores esperando en la sección (b) punto final del río Caris.

Cabe destacar que el método más exacto teóricamente es el correntómetro y los flotadores es una buena alternativa para medir velocidades, pero no es tan exacto ya que se ve muy afectado por el viento y la fuerza de roce del fondo del lecho. El tubo Pitot es una alternativa muy utilizada y certera respecto a lo de la velocidad se refiere. Las condiciones fueron iguales tanto para el correntómetro como para el tubo Pitot en una sola sección. El que cambio un poco fue el flotador ya que recorrió una longitud de separación entre secciones de 35 metros (Figura 5.18).



Figura. 5.18 Separaciones entre secciones (a) punto inicial y (b) punto final del río Caris.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Los parámetros morfométricos de la cuenca en su parte media y alta del río Caris, se encuentran en presencia de una cuenca pequeña, muy alargada con orientación NW-SE y una pendiente del terreno no muy elevada entre 1 a 5%.
2. El área está cubierta por vegetación tipo sabana, predominando en la ribera izquierda bosques de galería y en la ribera derecha suelos cultivados y desnudo.
3. Mediante el coeficiente de escurrimiento de 0.305 indica que el escurrimiento en las cuencas alargadas tiene menor susceptibilidad a generar crecidas, ya que el tiempo de recorrido del agua a través de la cuenca es mucho más largo, en otras palabras, la cuenca posee un tiempo de concentración de 0.395 minutos y por ende se genera mayor rapidez para la concentración de los flujos de aguas superficiales, generando mayor violencia en sus crecidas.
4. Los eventos de erosión y meteorización en conjunto del clima y la sedimentación continua, formaron el relieve característico de la zona, la cual abarca extensiones considerables dentro de la cuenca, dando como origen a un patrón de drenaje dendrítico.
5. Se determinaron períodos de retornos para 25 y 50 años ya que en el tramo en estudio no existe obras civiles adyacentes al área, por ende, no existe un alto riesgo de pérdida de vidas humanas.
6. Se obtiene un mayor caudal con el período de retorno de 50 años, $51945.262 \text{ m}^3/\text{s}$; con respecto al período de retorno de 25 años $46945.058 \text{ m}^3/\text{s}$.
7. Los protocolos diseñados integran las variables dependientes como; velocidad de flujo, área de sección y variables independientes como; distancia y tiempo, necesarias para la estimación experimental de la presente investigación, considerando la rigurosidad matemática y estadística necesaria.

8. El correntómetro es el instrumento más idóneo cuando se trata de medir la velocidad del flujo, tiene mayor adaptabilidad tanto en canales pequeños como en canales grandes, ya que permite determinar con mayor precisión la velocidad de la corriente en diferentes puntos del canal y a diferentes profundidades, ya que se puede operar de diferentes maneras, mientras que los otros instrumentos necesitan que el operador esté dentro del cauce.
9. Con los métodos se obtienen resultados relativamente similares, lo cual se concluye que el método de los flotadores y tubo Pitot constituye una buena alternativa cuando no se cuenta con un correntómetro para la determinación de velocidades.

Recomendaciones

1. Usar el método de los flotadores es necesario que se realicen en una zona recta, para poder calcular las velocidades de manera más exacta.
2. Realizar mediciones con el método de los flotadores a diferentes separaciones de altura del reflector como; 5,15,20,25,35 y 40 centímetros.
3. Hacer una evaluación de los niveles de crecida que puede tener el área de estudio del río Caris, ya que al aumentar el caudal aumenta la velocidad afectando los cultivos adyacentes.

REFERENCIAS

Arias, F. (2012) **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA CIENTÍFICA**. Editorial Episteme, Caracas, Venezuela. pp 146.

Aparicio F. (1989). **FUNDAMENTO DE HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE**. GRUPO NORIEGA EDITORES. Primera edición.

Aparicio, F. (2001) **FUNDAMENTOS DE LA HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE**. Editorial LIMUSA, S.A de C.V. Grupo Noriega Editores, Décima reimpresión, Balderas 95, Distrito Federal, México. pp 19-45.

Azevedo, J. M. y Guillermo A. (2001). **MANUAL DE HIDRÁULICA**. 6ª ed. México: Harla, 1976. 578 pp.

Balestrini, M. (2006). **COMO SE ELABORA UN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. BL Consultores y Asociados, Caracas, Venezuela, 6ta Edición, pp 220.

Bejarano, M. (2000), **“ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO E HIDRODINÁMICO DEL SECTOR BARRANCAS EN EL RÍO ORINOCO, ESTADO MONAGAS, VENEZUELA”**.

Bejarano S. y Reyes G. (2017). **PROPUESTA DE INGENIERÍA BÁSICA DE LA PROTECCIÓN DE LOS TALUDES DE LAS RIBERAS DE UN TRAMO DEL RÍO CARIS EN SU CUENCA MEDIA, MUNICIPIO INDEPENDENCIA, ESTADO ANZOÀTEGUI, VENEZUELA.** Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero Civil. Universidad de Oriente Núcleo Bolívar.

Benitez, C. (1980). **MANUAL DE CONSERVACION DE SUELOS Y AGUAS.** Ministerio de Agricultura y Alimentación. Perú.

Breña, A. (2006). **PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DE LA HIDROLOGÍA SUPERFICIAL,** Universidad Autónoma Metropolitana

Bolinaga, J. (1979) **DRENAJE URBANO.** Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Editorial venezolana Caracas.

Corporación Venezolana de Guayana, C.V.G. TECMIN. (2007). **INFORME TÉCNICO DE RECURSO NATURALES.** Hoja NB-194. Puerto Ordaz. Venezuela.

Dingman, S. (1994). **PHYSICAL HYDROLOGY.** Editorial Prentice-Hall; Estados Unidos de América.

Farías, H., Pilán, T., Pece. (2003). **“EROSIÓN GENERAL EN RÍOS CON LECHOS ARENOSOS”**, primer Simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos, Buenos Aires, noviembre 2003.

González de Juana, C., Iturralde, J. y Picard, X. (1980). **GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y DE SUS CUENCAS PETROLÍFERAS.** Tomo I. Ediciones Foninves. Caracas. pp 69-72.

Lux, M. (2010). **MEDIDORES DE FLUJO EN CANALES ABIERTOS.** Trabajo de grado Universidad de San Carlos, Guatemala.

Mc-cuen. R. (1985) **GUIDE TO HYDROLOGIC ANALYSIS USING S.C.S. METHODS.**

Misaico G. (2014) **MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO LIRCAY EN EL TRAMO DE LA CIUDAD DE OCOPA.** Universidad Nacional Huancavelica. Peru.

Morles. A. (2010) **LA DESMITIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN** UPEL-UCV Director-Editor fundador de la Revista Docencia Universitaria

MOP (Ministerio de obras públicas) (1963) **MANUAL DE DRENAJES MOP.** Sociedad Venezolana de Ingenieros Civiles,Caracas, Venezuela.

Nickisch M. (2008). **AFORADORES DE CORRIENTES DE AGUA.** Curso de INTA-EEA Santiago del Estero.

Palacios, Á. (2011) **ACUEDUCTO, CLOACAS Y DRENAJES.** Universidad Católica Andrés Bello, Facultad De Ingeniería, Escuela De Ingeniería Civil, Segunda edición Caracas, Venezuela. pp 184-190.

Parella S. y Martins.F. (2006). **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CUALITATIVA.** Caracas; Venezuela: FEDUPEL, 2006.

Sabino, C. (2006). **COMO HACER UNA TESIS Y ELABORAR TODO TIPO DE ESCRITOS.** Caracas. pp 14-21.

Sandoval, M. (2010). **MEDIDORES DE FLUJO EN CANALES ABIERTOS**.
Universidad de San Carlos de Guatemala

Suárez, D. (2008). **DESARROLLO DE INDICADORES DE RIESGO Y GESTIÓN DEL RIESGO A NIVEL URBANO PARA EL DIAGNÓSTICO Y LA PLANIFICACIÓN EN MANIZALES**. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales.

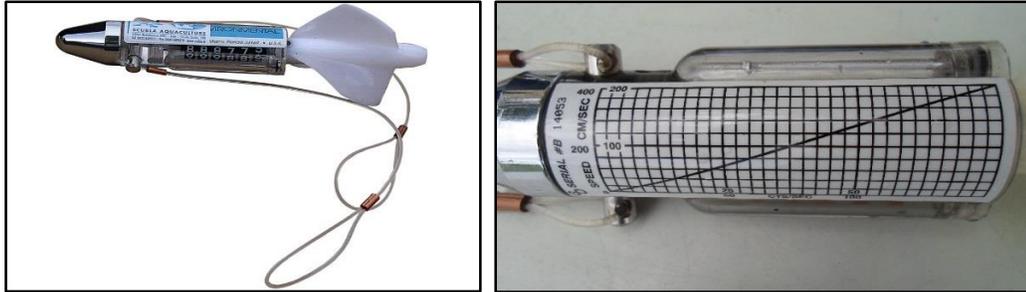
Tamayo, M. (2004). **EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**. 4ta edición, 3era reimpresión. Editorial Limusa. México, pp 64-82.

Tucci, J. (2006). **GESTIÓN DE INUNDACIONES URBANAS**. Porto Alegre, Brasil: WHO/OMM, 2006.

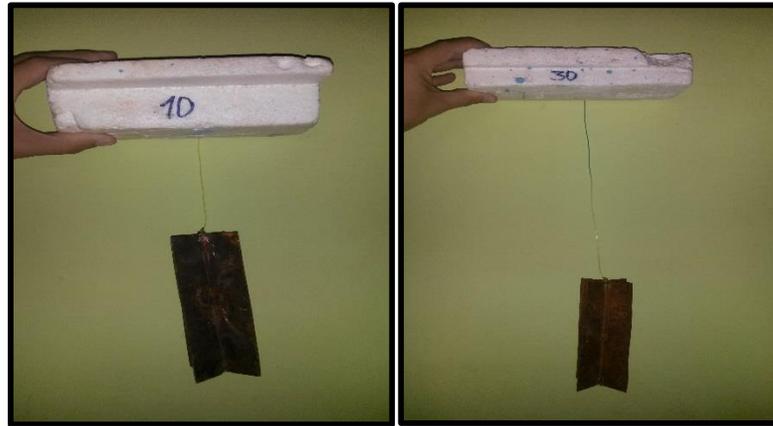
Villa, A. (2006). **PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DE LA HIDROLOGÍA SUPERFICIAL**. Universidad Autónoma Metropolitana. México.

APÉNDICES

APÉNDICE A
FOTOS DE LOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA LA SENSIBILIDAD
DE LOS MÉTODOS DE MEDICIÓN DE VELOCIDAD DEL FLUJO DE
CORRIENTES



A.1 Correntómetro



A.2 Flotadores



A.3 Tubo Pitot

APÉNDICE B
DATOS CLIMATOLÓGICOS

B.4 Resumen climatológico, período año 2009 a 2011, Estación: Ciudad Bolívar
(Servicio de Meteorología FAV)

| ELEMENTO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | AÑO |
|------------------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| TEMP media °C | 26.4 | 27.0 | 27.0 | | 27.9 | 27.6 | 26.9 | 27.8 | 28.3 | 27.4 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| max media | 27.5 | 28.3 | 32.4 | | 29.9 | 29.1 | 27.9 | 29.3 | 29.5 | 29.0 | 28.9 | 28.2 | 29.1 |
| min media | 23.9 | 25.7 | 23.4 | | 25.0 | 25.7 | 24.7 | 25.0 | 26.3 | 25.8 | 25.4 | 25.9 | 25.2 |
| HUMED. media % | | | | | | | | | | | | | |
| max media | | | | | | | | | | | | | |
| min media | | | | | | | | | | | | | |
| INSOL med Horas | 7.9 | 8.2 | 6.1 | | 6.3 | 7.0 | 7.5 | 8.0 | 7.8 | 6.4 | 7.0 | 7.6 | 7.3 |
| PRECIP Total mm. | 0 | 10 | 22 | | 259 | 148 | 136 | 237 | 109 | 149 | 387 | 30 | 1486 |
| max día mm. | 0 | 7 | 7 | | 86 | 26 | 18 | 73 | 28 | 65 | 163 | 14 | 163 |
| EVAP Total mm. | | | | | | | | | | | | | |
| max día | | | | | | | | | | | | | |
| Dias c/TORMENTA | 1 | 2 | 1 | | 11 | 8 | 4 | 6 | 6 | 6 | 9 | 2 | 56 |

APÉNDICE C
DATOS DE SENSIBILIDAD
CORRENTÓMETRO, FLOTADORES Y TUBO PITOT

C.1 Resumen de lecturas y resultados del correntómetro

| Lecturas del Correntómetro | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|------------------------|--------------------|-------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------|
| Operadores: José Urbina | | | | | | | | | | |
| Siefany González | | | | | | | | | | |
| Fecha: 25/07/2018 | | | | | | | | | | |
| Río Caris | | | | | | | | | | |
| Lectura inicial del correntómetro : 20000 | | | | | | | | | | |
| Profundidad de las lecturas : 0.30 m | | | | | | | | | | |
| Distancia medida desde la ribera izquierda (m) | Lectura inicial (rev/min) | Lectura final (rev/min) | Diferencia (rev/min) | Tiempo de inmersión | Lectura real (rev/min) | Velocidad (cm/seg) | Velocidad (m/seg) | Velocidad promedio (m/seg) | Velocidad media (m/seg) | Desviación estándar |
| 7 | a | 20000 | 20119 | 119 | 1:00 | 1,983 | 8,5 | 0,085 | 0,087 | 0,001414 |
| | b | 20119 | 20362 | 207 | 1:00 | 3,45 | 13,5 | 0,086 | | |
| | c | 20362 | 20493 | 131 | 1:00 | 2,183 | 10,5 | 0,087 | | |
| | d | 20493 | 20628 | 135 | 1:00 | 2,25 | 11,50 | 0,088 | | |
| | e | 20628 | 20751 | 123 | 1:00 | 2,05 | 9 | 0,089 | | |
| 14 | a | 20751 | 20952 | 201 | 1:23 | 2,98 | 8 | 0,08 | 0,129 | 0,026457 |
| | b | 20952 | 21086 | 134 | 1:00 | 2,233 | 11 | 0,11 | | |
| | c | 21086 | 21230 | 144 | 1:00 | 2,4 | 12 | 0,12 | | |
| | d | 21230 | 21527 | 297 | 2:22 | 4,64 | 12 | 0,12 | | |
| | e | 21527 | 21660 | 133 | 1:00 | 2,216 | 10,50 | 0,105 | | |
| 21 | a | 21660 | 21811 | 151 | 1:00 | 2,516 | 12,2 | 0,122 | 0,124 | 0,074994 |
| | b | 21811 | 22004 | 193 | 1:10 | 5,32 | 15 | 0,15 | | |
| | c | 22004 | 22162 | 158 | 1:00 | 2,63 | 12,3 | 0,123 | | |
| | d | 22162 | 22329 | 167 | 1:00 | 2,783 | 12,4 | 0,124 | | |
| | e | 22329 | 22524 | 195 | 1:17 | 2,96 | 7,8 | 0,078 | | |
| 28 | a | 22524 | 22689 | 165 | 1:00 | 2,75 | 12,4 | 0,124 | 0,125 | 0,001483 |
| | b | 22689 | 22884 | 195 | 1:00 | 3,25 | 12,8 | 0,128 | | |
| | c | 22884 | 23046 | 162 | 1:00 | 2,7 | 12,4 | 0,124 | | |
| | d | 23046 | 23214 | 168 | 1:00 | 2,8 | 12,5 | 0,125 | | |
| | e | 23214 | 23383 | 169 | 1:00 | 2,816 | 12,5 | 0,125 | | |
| 35 | a | 23383 | 23557 | 174 | 1:00 | 2,9 | 12,6 | 0,126 | 0,104 | 0,039615 |
| | b | 23557 | 23717 | 160 | 1:00 | 2,66 | 12,3 | 0,123 | | |
| | c | 23717 | 23875 | 158 | 1:00 | 2,63 | 12,3 | 0,123 | | |
| | d | 23875 | 24039 | 164 | 1:00 | 2,73 | 12,4 | 0,124 | | |
| | e | 24039 | 24199 | 160 | 1:00 | 2,66 | 2,5 | 0,025 | | |
| 42 | a | 24199 | 24215 | 16 | 1:00 | 0,26 | 2,4 | 0,024 | 0,06 | 0,00456 |
| | b | 24215 | 24223 | 8 | 1:00 | 0,13 | 1,4 | 0,014 | | |
| | c | 24223 | 24227 | 4 | 1:00 | 0,06 | 1 | 0,010 | | |
| | d | 24227 | 24233 | 6 | 1:00 | 0,1 | 1,6 | 0,016 | | |
| | e | 24233 | 24243 | 10 | 1:00 | 0,16 | 1,6 | 0,016 | | |

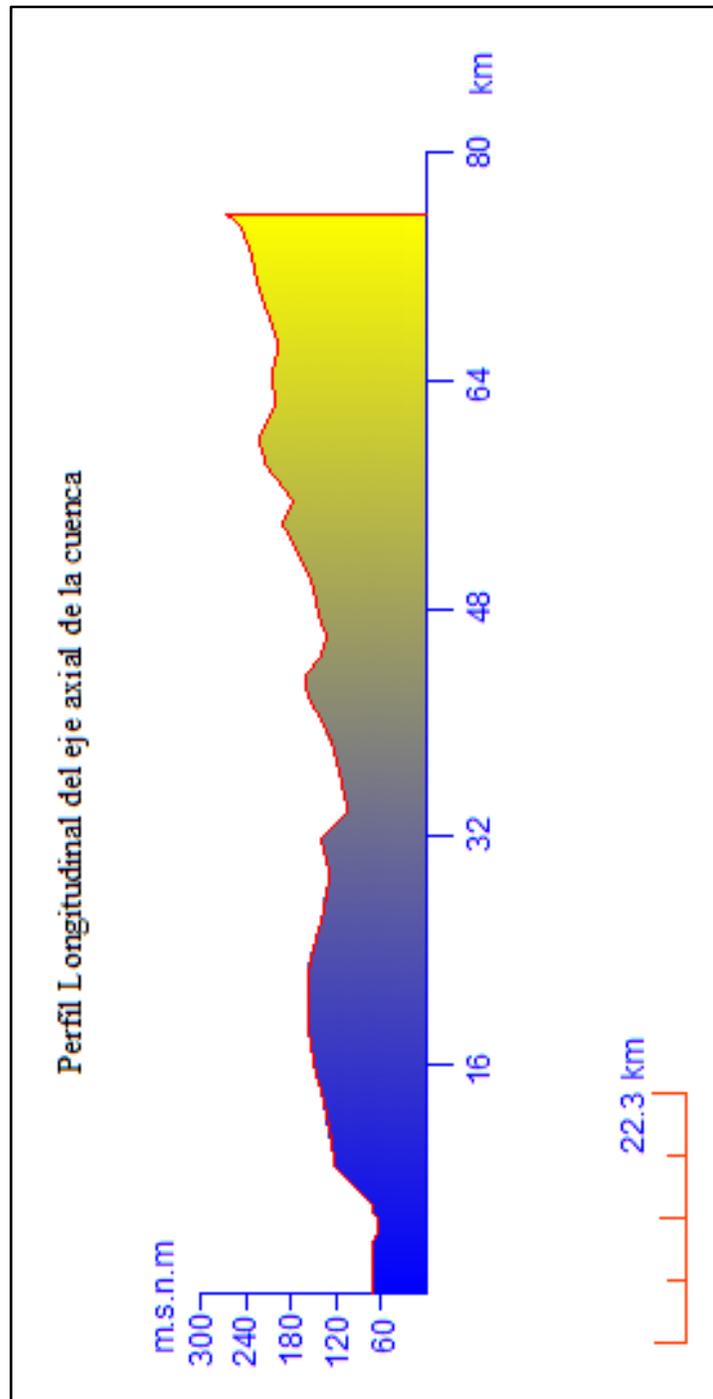
C.2 Resumen de lecturas y resultados de los flotadores

| CORRIDA DE FLOTADORES | | | | | | | | | |
|--|----------------|------------|-----------------|---------------------|--------------------------------|-----------|--------------------------|---------------------|--|
| Operadores: Jose Urbina Stefany González | | | | | Fecha: 25/07/2018 Rio Caris | | | | |
| TRAMO | PROF. FLOTADOR | TIEMPO (s) | POSICIÓN B(mts) | TIEMPO PROMEDIO (s) | POSICIÓN PROMEDIO (mts) | VELOCIDAD | VELOCIDAD PROMEDIO (m/s) | DESVIACIÓN ESTANDAR | |
| A-B (13,05 mts de la ribera izquierda) | 0,3 mts | 33:59. | 13,77 | 33,26 | 12,68 | 1,04 | 1,03 | 0,007746 | |
| | | 33:76 | 13 | | | 1,03 | | | |
| | | 33:62 | 12,23 | | | 1,04 | | | |
| | | 33:80 | 11,67 | | | 1,03 | | | |
| | | 34:02. | 12,76 | | | 1,02 | | | |
| A-B (26,1 mts de la ribera izquierda) | 0,1 mts | 29:80. | 25,62 | 27,87 | 23,99 | 1,17 | 1,22 | 0,044272 | |
| | | 28:56. | 24,88 | | | 1,22 | | | |
| | | 29:35. | 22,79 | | | 1,19 | | | |
| | | 27:95. | 22,69 | | | 1,25 | | | |
| | | 26:90. | 24 | | | 1,30 | | | |
| A-B (39,15 mts de la ribera izquierda) | 0,3 mts | 34:81. | 37,65 | 37,75 | 37,35 | 1,00 | 0,77 | 0,130843 | |
| | | 46:12. | 36,9 | | | 0,76 | | | |
| | | 43:64. | 37,47 | | | 0,80 | | | |
| | | 54:90. | 38,48 | | | 0,63 | | | |
| | | 52:30. | 38,26 | | | 0,66 | | | |

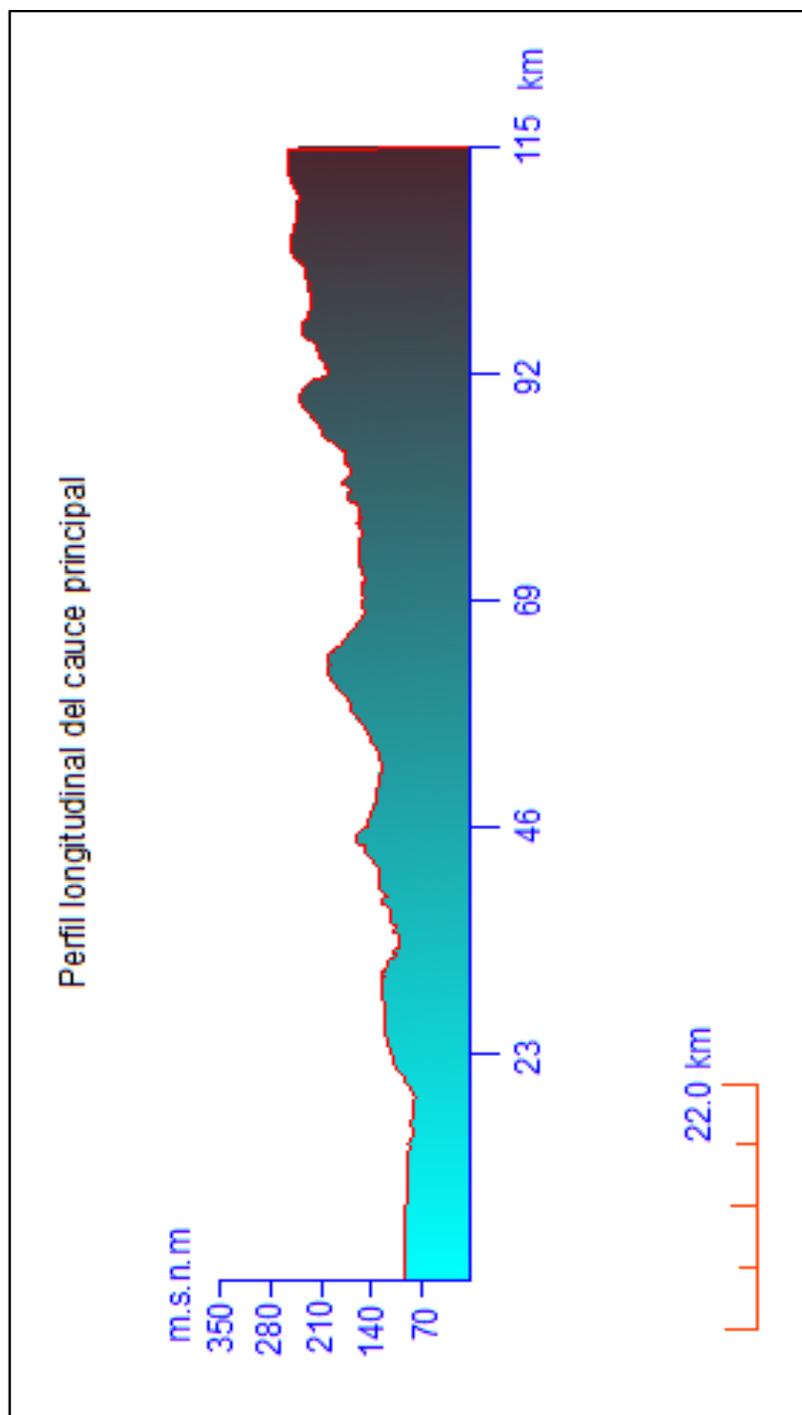
C.3 Resumen de lecturas y resultados del tubo Pitot

| DATOS DE LAS MEDICIONES DEL TUBO PITOT | | | | | |
|---|----------------------------------|--|---|------------------------|--|
| Operadores: José Urbina | | | | | |
| Stefany González | | | | | |
| Diametro del tubo pitot (1 pulgada) | | | | | |
| Distancia medida desde la ribera izquierda (m) | Tiempo de inmersión (min) | Altura de carga de velocidad (cm) | Altura de carga de velocidad (m) | Velocidad (m/s) | |
| 7 | 1 | 39 | 0,39 | 2,35 | |
| 14 | 1 | 58 | 0,58 | 2,87 | |
| 21 | 1 | 64 | 0,64 | 3,01 | |
| 28 | 1 | 63 | 0,63 | 2,99 | |
| 35 | 1 | 58 | 0,58 | 2,87 | |
| 42 | 1 | 21 | 0,21 | 1,72 | |

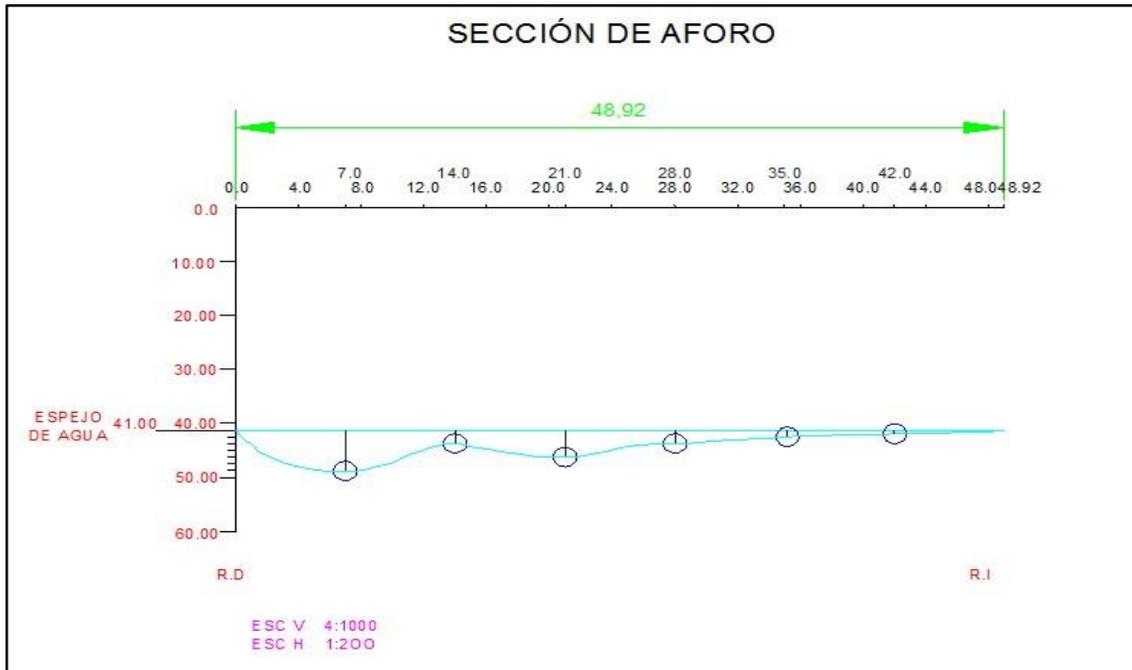
APÉNDICE D
MODELAMIENTO DEL TRAMO EVALUADO DE LA CUENCA
MEDIA DEL RÍO CARIS.



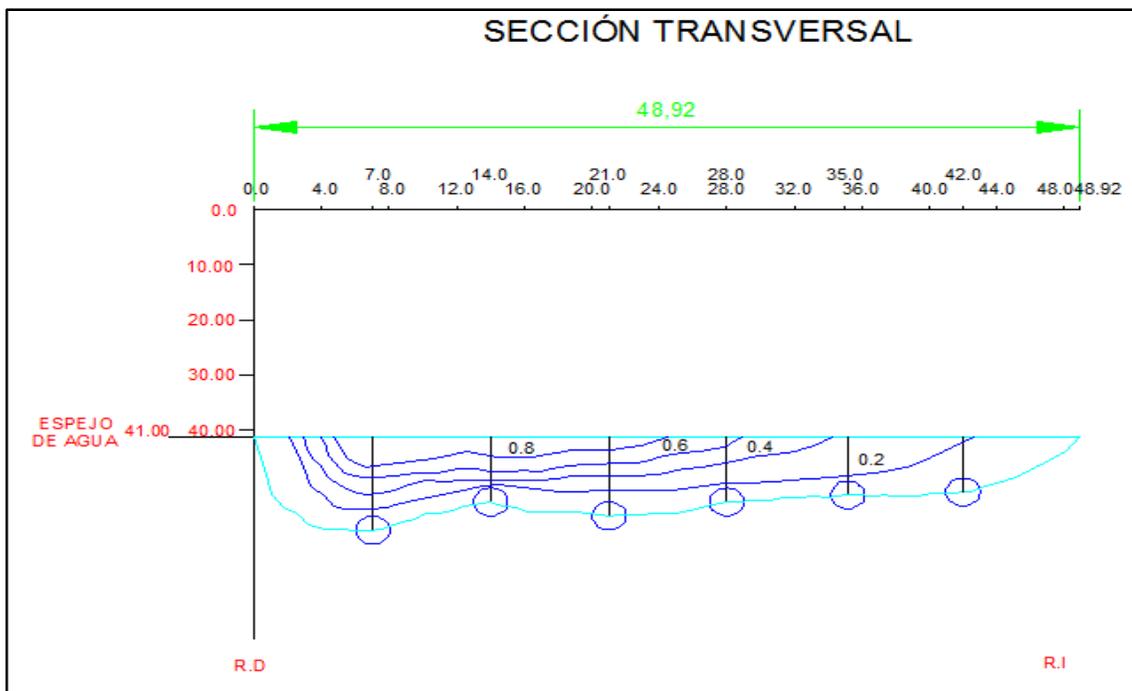
D.1 Perfil Longitudinal del eje axial de la cuenca media del río Caris



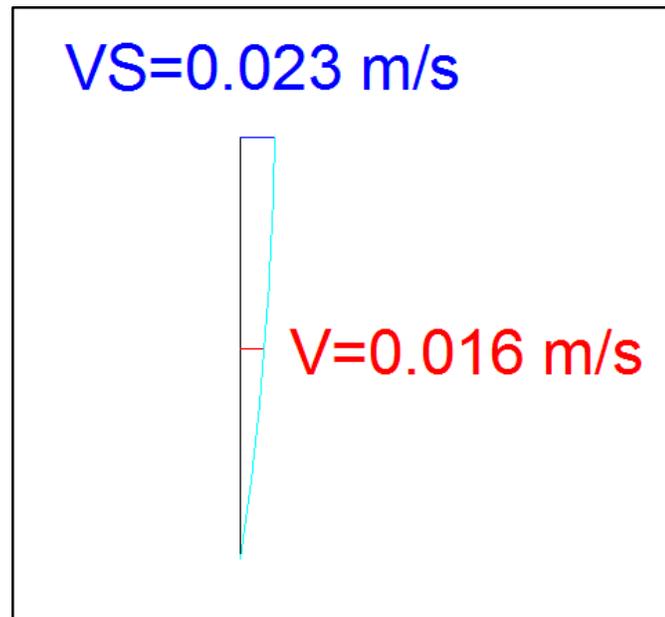
D.2 Perfil Longitudinal del cauce principal de la cuenca media del río Caris



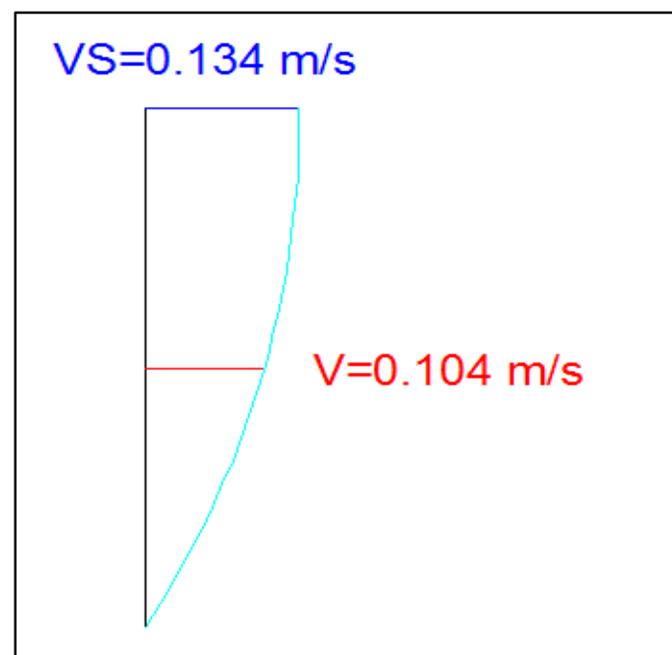
D.3 Sección de aforo de la E 408414; N 928987 de la cuenca media del río Caris



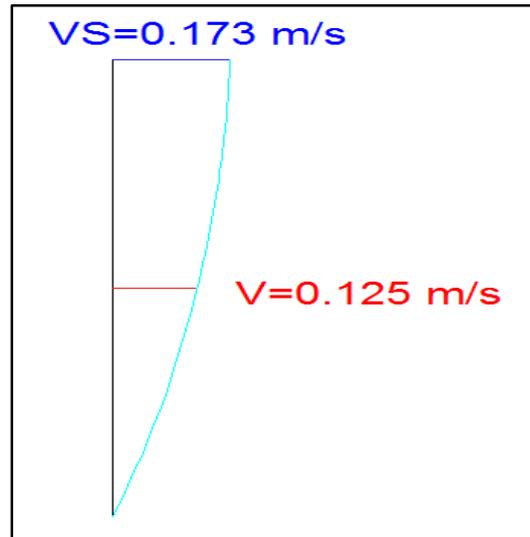
D.4 Sección transversal de la E 408414; N 928987 de la cuenca media del río Caris con velocidades puntuales



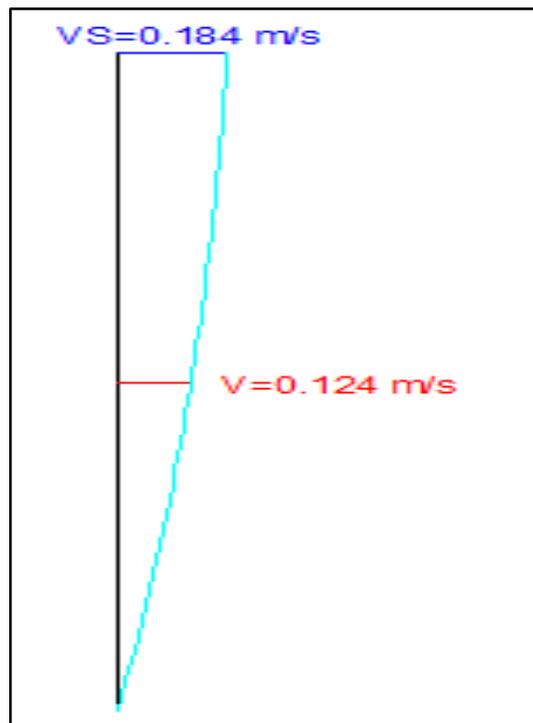
D.5 Perfil vertical de velocidad 1 del tramo evaluado del río Caris de izquierda a derecha



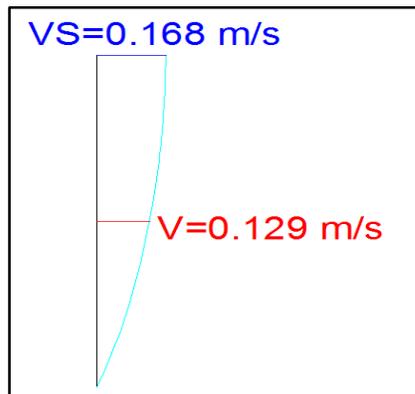
D.6 Perfil vertical de velocidad 2 del tramo evaluado del río Caris de izquierda a derecha



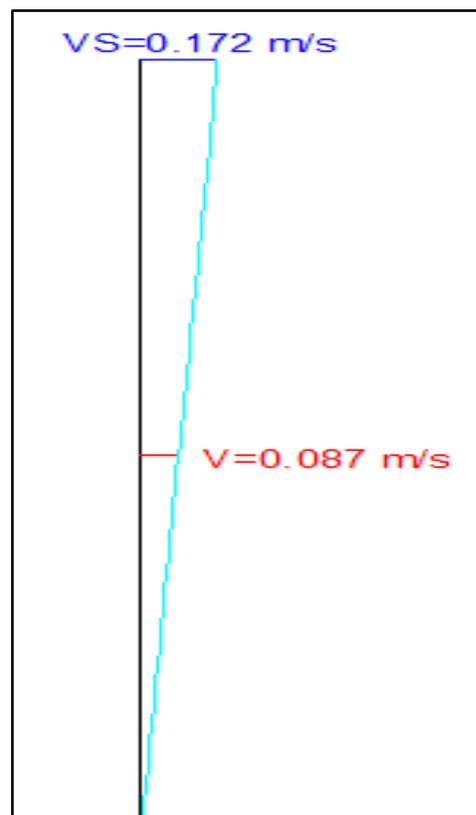
D.7 Perfil vertical de velocidad 3 del tramo evaluado del río Caris de izquierda a derecha



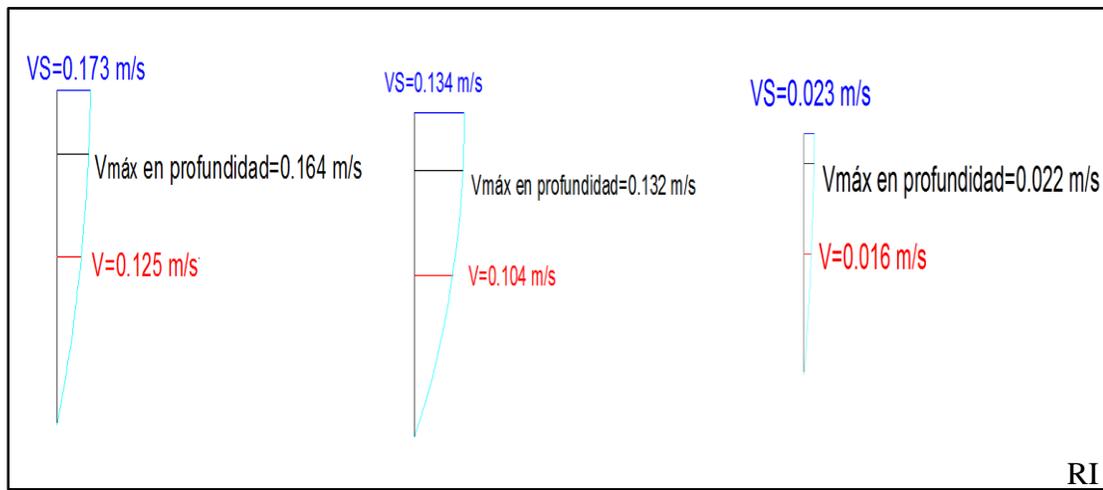
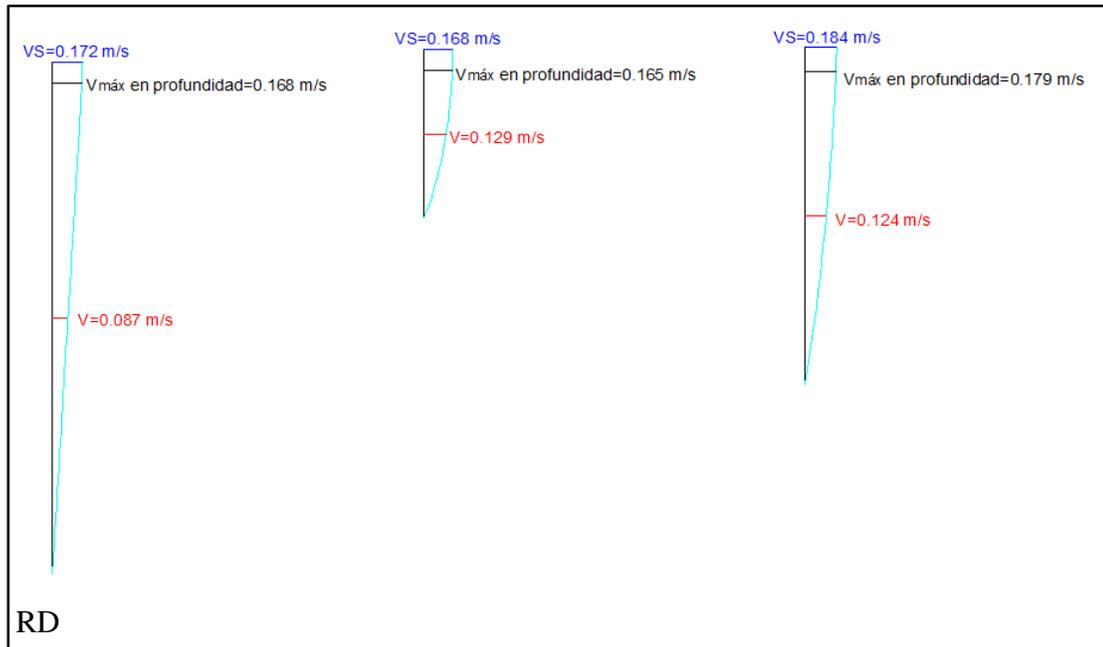
D.8 Perfil vertical de velocidad 4 del tramo evaluado del río Caris de izquierda a derecha



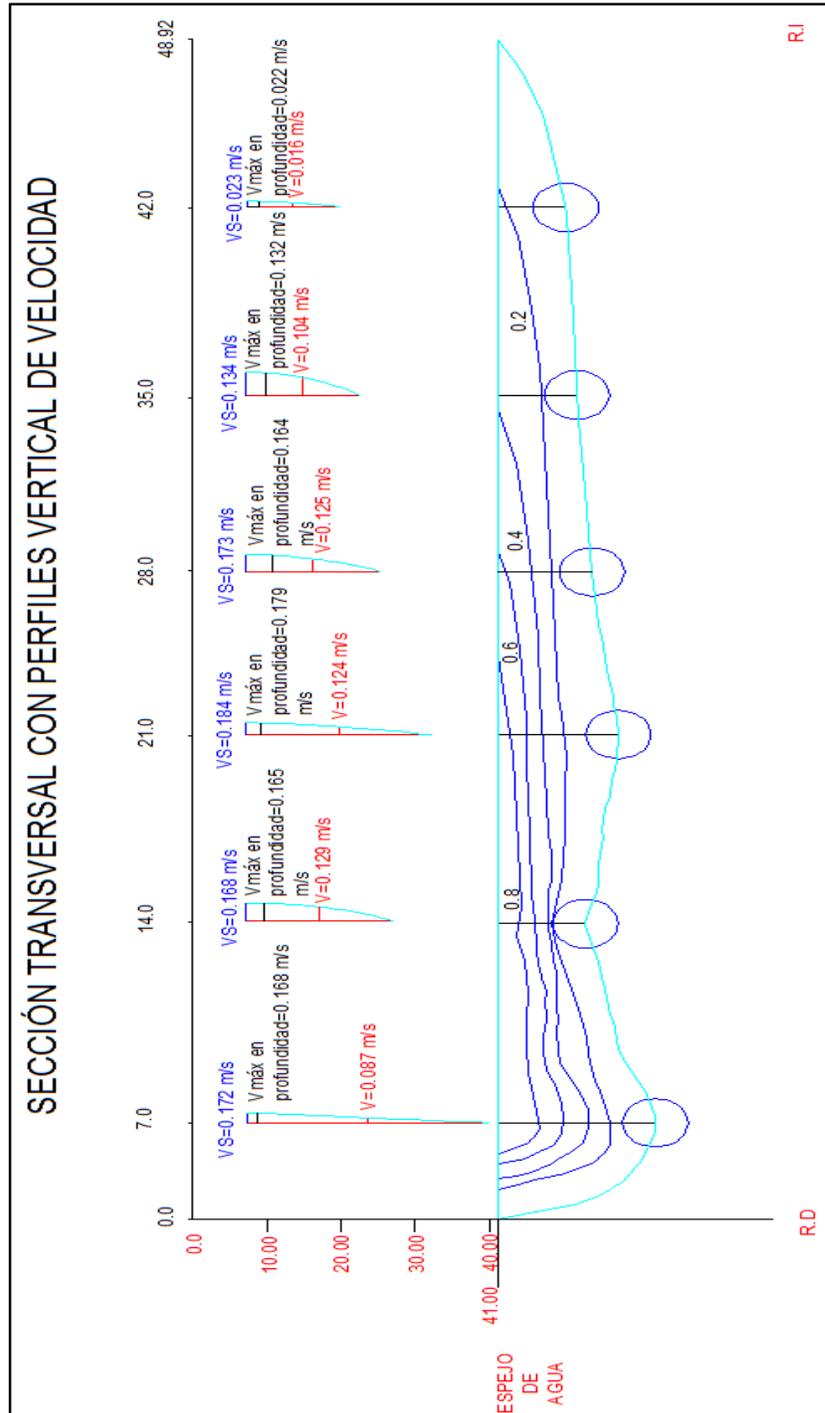
D.9 Perfil vertical de velocidad 5 del tramo evaluado del río Caris de izquierda a derecha



D.10 Perfil vertical de velocidad 6 del tramo evaluado del río Caris de izquierda a derecha



D.11 Perfiles verticales de velocidades del tramo evaluado del río Caris de izquierda a derecha



D.12 Secciones Transversales de velocidad del tramo evaluado del río Caris de izquierda a derecha en conjunto a los perfiles verticales de velocidades

APÉNDICE E
DATOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LAS SECCIÓN
TRANSVERSAL

E.1 Coordenadas y cotas de la sección transversal levantada topográficamente

| TAQUIMETRÍA RÍO CARIS | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------------------|--------------|-------------------|-----------------|------|-------|------|------|-------|--------|--------|---------------------------|-------------------|
| Estación | B | Punto Visado | Angulo Horizontal | Angulo Vertical | Hs | Hm | Hi | Di | Dv | Dh | Cota | Coordenadas | Observaciones |
| Cota | 41 | B1 | 100°08'30" | 84°22'30" | 1.24 | 1 | 0.54 | 70 | 6.828 | 69,327 | 34,172 | E 408414 N 928987 | Punto de estación |
| Huso | 20 | B2 | 101°16'20" | 83°38'00" | 1.4 | 1.2 | 1 | 20 | 2,204 | 19,754 | 38,796 | E 408344,673 N 928980,172 | 0 |
| Presición | ±5 | B3 | 101°32'00" | 82°02'00" | 1.33 | 1.165 | 1 | 16,5 | 2,265 | 16,183 | 38,735 | E 408394,246 N 928984,796 | 7 |
| Altura i | 1.505 | B4 | 103°08'30" | 79°27'30" | 1.26 | 1.13 | 1 | 13 | 2,338 | 12,565 | 38,662 | E 408397,817 N 928984,735 | 14 |
| Coordenadas | E 408414 N 928987 | B5 | 104°36'40" | 75°14'30" | 1.19 | 1.09 | 1 | 10 | 2,463 | 9,351 | 38,537 | E 408401,435 N 928984,662 | 21 |
| | | B6 | 107°56'20" | 70°50'40" | 2.12 | 2.06 | 2 | 6 | 1,860 | 5,354 | 39,14 | E 408404,649 N 928984,537 | 28 |
| | | B7 | 117°42'10" | 57°38'00" | 2.07 | 2.039 | 2 | 3,1 | 1,401 | 2,212 | 39,599 | E 408408,646 N 928985,14 | 35 |
| | | B8 | 129°04'40" | 65°39'00" | 3.04 | 3.02 | 3 | 2 | 0,788 | 1,660 | 40,212 | E 408411,788 N 928985,599 | 42 |
| | | | | | | | | | | | | E 408412,34 N 928986,212 | RD |

APÉNDICE F

**COMPARACIONES DE LOS RESULTADOS DE LOS MÉTODOS DE
MEDICIÓN**

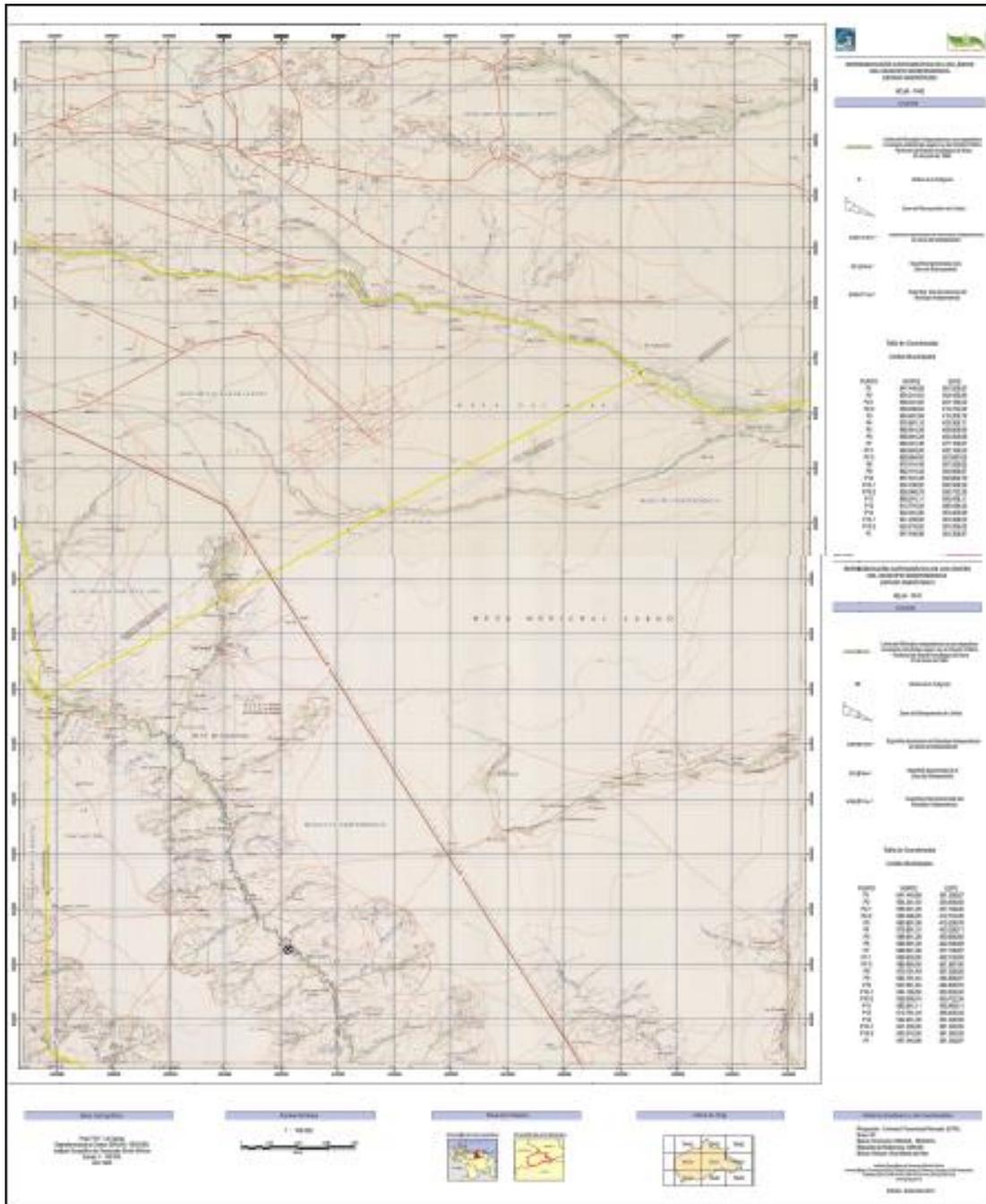
F.1 Resumen de comparación de resultados de velocidades y desviación estándar de flotadores, correntómetro y del tubo Pitot

| CORRIDA DE FLOTADORES | |
|---|---------------------|
| VELOCIDAD PROMEDIO (m/s) | DESVIACIÓN ESTÁNDAR |
| 1.03 | 0.007746 |
| 1.22 | 0.044272 |
| 0.77 | 0.130843 |
| LECTURAS DEL CORRENTÓMETRO | |
| VELOCIDAD PROMEDIO (m/s) | DESVIACIÓN ESTÁNDAR |
| 0.087 | 0.001414 |
| 0.129 | 0.026457 |
| 0.124 | 0.074994 |
| 0.125 | 0.001483 |
| 0.104 | 0.039615 |
| 0.016 | 0.00456 |
| DATOS DE LAS MEDICIONES DEL TUBO PITOT | |
| ALTURA DE CARGA DE VELOCIDAD (m) | VELOCIDAD (m/s) |
| 0.39 | 2.35 |
| 0.58 | 2.87 |
| 0.64 | 3.01 |
| 0.63 | 2.99 |
| 0.58 | 2.87 |
| 0.21 | 1.72 |

F.2 Resumen de comparación de resultados de desviación estándar de flotadores y correntómetro

| Comparación de desviación estándar de los métodos | |
|--|---------------|
| Flotadores | Correntómetro |
| 0.007746 | 0.001414 |
| | 0.026457 |
| 0.044272 | 0.074994 |
| | 0.001483 |
| 0.130843 | 0.039615 |
| | 0.004561 |

APÉNDICE G
HOJAS CARTOGRÁFICAS



G.1 Representación cartográfica de los límites del municipio independencia, estado Anzoátegui, 7441 y 7442 pertenecientes a IGVSB, 2010

ANEXOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

| | |
|------------------|---|
| Título | ANÁLISIS DE LA SENSIBILIDAD DE LOS MÉTODOS DE MEDICIÓN DE VELOCIDAD DEL FLUJO EN CORRIENTES FLUVIALES: CASO RÍO CARIS ENTRE LAS COORDENADAS (E408449; N 929022); (E 408414; N 928987) MUNICIPIO INDEPENDENCIA ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA |
| Subtítulo | |

Autor(es)

| Apellidos y Nombres | Código CVLAC / e-mail | |
|---|------------------------------|---|
| <i>GONZÁLEZ R., STEFANY DEL V.</i> | CVLAC | <i>25.427.727</i> |
| | e-mail | <i>sdvgr18@gmail.com</i> |
| | e-mail | |
| <i>URBINA G., JOSÉ R.</i> | CVLAC | <i>21087431</i> |
| | e-mail | <i>jrurbinagarrido@gmail.com</i> |
| | e-mail | |
| | CVLAC | |
| | e-mail | |
| | e-mail | |
| | CVLAC | |
| | e-mail | |
| | e-mail | |

Palabras o frases claves:

| |
|---|
| <i>Sensibilidad de Métodos de medición</i> |
| <i>Protocolos de Medición de Velocidad de Rio</i> |
| <i>Corrientes fluviales</i> |
| <i>Velocidad de flujo</i> |
| <i>Correntómetro</i> |
| <i>Flotadores</i> |
| <i>Tubo pitop</i> |
| <i>Caudal</i> |
| <i>Parámetros Morfométricos</i> |

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

| Área | Subárea |
|-------------------------|-----------------------|
| <i>Ciencias Básicas</i> | <i>Matemáticas</i> |
| | <i>Topografía</i> |
| | <i>Hidrología</i> |
| <i>Tecnologías</i> | <i>Computación II</i> |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Resumen (abstract):

El análisis de la sensibilidad de los métodos de medición de velocidad del flujo en corrientes fluviales; caso río caris del municipio independencia, estado Anzoátegui, Venezuela. Se realizó en un tramo de su cuenca media, siendo uno de los ríos más importantes del sur del citado estado, drenando sus aguas cargadas de sedimentos en el río Orinoco, del citado municipio. Se considera la localización de la zona previamente al estudio de mediciones de velocidad, los materiales y equipos utilizados para esta tesis fue por medio de flotadores, tubo Pitot y correntómetro para así calcular y analizar los caudales presentes mediante cálculos matemáticos y estadísticos. Esta investigación comprende un desarrollo progresivo de diferentes etapas que inicia desde la recopilación bibliográfica y revisión cartográfica hasta el procesamiento de los datos de sensibilidad obtenidos en campo, elaboración de plano topográfico y secciones transversales; además de análisis de los resultados que permiten integrar todas las variables. Se realizaron 3 tipos de mediciones de velocidad antes mencionada, donde primeramente se usaron los flotadores, se soltaron 3 desde la sección (a) hasta la sección (b) aforada a lo largo del área de estudio manteniendo una distancia constante de 35m, tomando en cuenta tiempo y distancia para cada uno de ellos. En segundo lugar, el tubo Pitot donde solo se usó en la sección (b) introduciendo en la vertical y midiendo su altura manteniendo una distancia constante de 7m partiendo desde la ribera izquierda. Tomando en cuenta el tiempo de 60s. Por último, el correntómetro donde también se utilizó en la sección (b) introduciendo en la vertical y midiendo sus revoluciones durante un minuto manteniendo una distancia constante de 7m. Obteniendo resultados, los flotadores con velocidad promedio de 1,67 m/s, el correntómetro 0.0975 m/s y el tubo Pitot de 2.63 m/s. Evaluando además el caudal aportado de la cuenca para periodos de retorno 25 y 50 años que aportaron 46945.058 m³/s y 51945.262 m³/s.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

| Apellidos y Nombres | ROL / Código CVLAC / e-mail | |
|---------------------------------|-----------------------------|--|
| <i>Echeverría D., Dafnis J.</i> | ROL | CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/> |
| | CVLAC | 4506408 |
| | e-mail | <i>dafnisecheverria2807@gmail.com</i> |
| | e-mail | |
| <i>Gámez, Zulimar</i> | ROL | CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/> |
| | CVLAC | 13327915 |
| | e-mail | <i>zulimargamez@gmail.com</i> |
| | e-mail | |
| <i>González., José Simón</i> | ROL | CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/> |
| | CVLAC | 113015360 |
| | e-mail | <i>Jsgonzalez78@gmail.com</i> |
| | e-mail | |
| | ROL | CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/> |
| | CVLAC | |
| | e-mail | |
| | e-mail | |

Fecha de discusión y aprobación:

| Año | Mes | Día |
|------|-----|-----|
| 2019 | 01 | 22 |

Lenguaje: spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

| Nombre de archivo | Tipo MIME |
|---|-------------------|
| Tesis-(<i>sensibilidad de los métodos de medición de velocidad del flujo</i>).doc | Aplication/msword |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 _ - .**

Alcance:

Espacial: **RÍO CARIS ENTRE LAS COORDENADAS** (Opcional)
(E408449; N 929022); (E 408414; N 928987)
MUNICIPIO INDEPEDENCIA ESTADO
ANZOÁTEGUI, VENEZUELA

Temporal: 5 años (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: Ingeniero Geólogo

Nivel Asociado con el Trabajo: Ingeniería

Área de Estudio: Hidrología

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado: Universidad de Oriente

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.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR Martínez
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

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

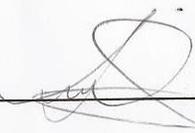
Derechos:

**De acuerdo al artículo 44 del reglamento de trabajos de grado
“Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la
Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros
fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo,
quien lo participara al Consejo Universitario”**

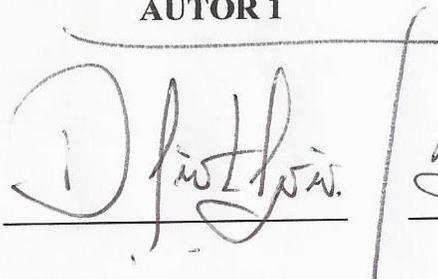
Condiciones bajo las cuales los autores aceptan que el trabajo sea distribuido. La idea es dar la máxima distribución posible a las ideas contenidas en el trabajo, salvaguardando al mismo tiempo los derechos de propiedad intelectual de los realizadores del trabajo, y los beneficios para los autores y/o la Universidad de Oriente que pudieran derivarse de patentes comerciales o industriales.



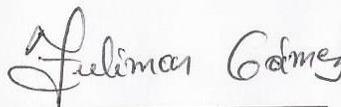
AUTOR 1



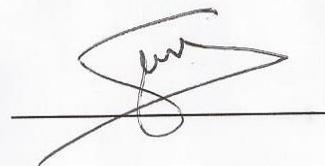
AUTOR 2



TUTOR



JURADO 1



JURADO 2

POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS:
