

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



**ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES DE LA RIBERA DERECHA Y DEL MOVIMIENTO DE LOS SEDIMENTOS DEL CAUCE EN UN TRAMO DEL RÍO CARIS, MUNICIPIO INDEPENDENCIA, ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA.**

**TRABAJO FINAL DE GRADO PRESENTADO POR LOS BACHILLERES CASANOVA CÓRDOVA, JOSÉ ROBERTO Y ROJAS ANTHONY JESÚS. PARA OPTAR A LOS TÍTULOS DE GEÓLOGO E ING. GEÓLOGO**

**CIUDAD BOLÍVAR, MARZO DE 2024**



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

**ACTA DE APROBACIÓN**

Este Trabajo de Grado, titulado: **“ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES DE LA RIBERA DERECHA Y DEL MOVIMIENTO DE LOS SEDIMENTOS DEL CAUCE EN UN TRAMO DEL RÍO CARIS, MUNICIPIO INDEPENDENCIA, ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA.”**, presentado por los bachilleres, **CASANOVA C., JOSÉ R.** de cédula de identidad No. **22.800.658** y **ROJAS, ANTHONY JESÚS.** de cédula de identidad No **26.997.816**; como requisito parcial para optar a los títulos de **GEÓLOGO** e **INGENIERO GEÓLOGO** respectivamente, ha sido **APROBADO** por el jurado integrado por los profesores de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente.

Nombre:

Firma:

Prof. Dafnis Echeverría

\_\_\_\_\_  
(Asesor)

Prof.(a). Karla Padilla

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

Prof. Erasto Jiménez

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

\_\_\_\_\_  
Prof. Francisco Monteverde.  
Jefe de Dpto. de Ing. Geológica

\_\_\_\_\_  
Prof.(a)Rosario Rivadulla  
Jefe de Dpto. de Geología

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

En Ciudad Bolívar, a los 20 días del mes de Marzo de 2024

## DEDICATORIA

Primeramente, a mi señor Jesucristo por darme salud, vida y también por ser la luz que guía mis pasos.

A mis amadas madre, Berta Zulay Cordova y a Mercedes Afanador que al igual y seguramente más que yo, deseaban materializar esta ansiada meta.

A mi hermosa familia en general, quienes me han inculcado el valor del trabajo y del estudio desde siempre.

A mi amado hermano Robert José y demás primos que han sido y serán como mis hermanos: José Alfredo, Jaime José, Maury Faviola, Antonio José, Henry Jesús, Héctor Luis, Aaron Alejandro, Edu José Jesús, José Martin, Luisa Amalia, José Manuel y Manuel Antonio.

A mi hermosa mi madrina Cruz Mireya Malavé por el inmenso amor y cariño que me ha dado desde que tengo memoria y a sus hijos José David Malavé, José Antonio Malavé y Aníbal José Malavé que han sido una familia para mí.

A mis amigos de toda la vida Jhonatan García, Adrián Alejandro y Daniela Mijares cuyos lazos se han mantenido intactos a través del tiempo y que han estado ahí en los buenos y malos momentos.

Especialmente, a Ramón Antonio Cordova. Más que un tío y un excelente ingeniero, ha sido un padre y por lejos, el hombre más increíble que conozco. Su entrega y amor para con su familia han sido y serán el legado más grande para mí y de las cosas que más admiro y aprecio con todo mi corazón.

*José Roberto Casanova Córdova*

## DEDICATORIA

Primeramente, a **Dios**, por ser mi guía en todo momento, por darme la salud, la sabiduría y fortaleza necesaria para seguir adelante y alcanzar cada una de mis metas.

A mi familia, **Elida Rojas, Armando Roca, Carlos Quiaro, María Rojas, Julius Mata, Carlos Bryant, Elimar Roca, Juliangelimar Rojas, Carlos Gonzáles, Dominik Castillo, Antonio Rojas**, por su inmenso apoyo y amor durante mi etapa de estudio. Este logro es para ustedes.

A mi mami **Zullys Rojas** (QEPD) por todo el amor que me dio y por siempre estar conmigo y cuidarme, Gracias.

A mi segunda familia que me regalo la vida, **Ginett Cocho, Carlos Fuentes, Joarli Fuentes** y **Julio Zambrano**, por su apoyo incondicional.

A mis compañeros de la Universidad, **Josmarys Cornieles, Carlos García, Juan Itriago, Elianyelis Carmona, Miguel Habanero** y **Raisa Marcano**, por acompañarme en esta travesía, las noches de desvelo, los momentos buenos y malos y su apoyo para continuar la carrera.

A todas esas personas que en su momento contribuyeron y me dieron su apoyo, **Claudia Calatrava, Nayeris Franco, Juan Calatrava, Elimar Rodríguez, Fraviana Aguirre** y los que falten, muchísimas gracias.

*Anthony Jesús Rojas*

## **AGRADECIMIENTO**

En este momento tan importante queremos agradecer a todas las instituciones y personas que colaboraron con el desarrollo de nuestro proyecto

Primeramente, a la Universidad de Oriente por abrirnos sus puertas como casa de estudio y brindarnos todas las herramientas para formarnos como profesionales

A nuestros profesores que han sido una pieza clave en nuestra formación a lo largo de toda la carrera

Y por último y no menos importante, Al Ing. Dafnis Echeverría por la tutoría y la paciencia que nos brindó para llevar a cabo este proyecto con mucho éxito

**GRACIAS**

*José Roberto Casanova Córdova*

*Anthony Jesús Rojas*

## RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en un tramo del río Caris, específicamente en su cuenca media, el cual es uno de los ríos más importantes del sur del estado Anzoátegui, drenando sus aguas cargadas de sedimentos en el río Orinoco, en el municipio Independencia del citado estado. El objetivo del estudio es evaluar las condiciones de estabilidad del talud de la ribera derecha descendente de este tramo del río Caris. Para el desarrollo de este objetivo se aplicó una metodología de investigación de tipo descriptiva con un diseño de campo y documental. Para el logro de la investigación se realizará un reconocimiento del área de estudio a fin constatar las condiciones del talud de ribera del río; luego, se efectuó un levantamiento topográfico expeditivo para la construcción del plano topográfico y las secciones transversales que permitirán describir geomorfológicamente dicha zona (incluyendo el cauce y riberas del río Caris. En el cauce y talud de la ribera derecha, se tomaron cuatro (4) muestras de suelos del cauce y talud, para caracterizar texturalmente los sedimentos que se presume sean erosionados y transportados por las corrientes fluviales. Posteriormente, se determinaron las características morfométricas de la cuenca y las geométricas del cauce. Asimismo, utilizando el método del Hidrograma Triangular Unitario SCS, se estimó el caudal que aportaría la cuenca y con base a ello se simuló los procesos de erosión (socavación) o transporte de sedimentos utilizando el modelo de Hjulström. Entre los resultados relevantes se concluyó que la geomorfología indica que el tramo evaluado del río Caris en su cuenca media es sinuoso a recto, aunque regionalmente es meandrante y su pendiente es baja. Las riberas y llanura de inundación poseen relieve de sabana. Por otro lado, los sedimentos corresponden a arenas mal gradadas (SP) y la forma de sus partículas son predominantemente sub-redondeados y redondeados. La cuenca presenta un área de 2001.3 km<sup>2</sup> con una forma entre ovalada y oblonga con buenas condiciones de producir inundaciones significativas. El caudal aportado por la cuenca es de 17.48 m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 10 años respectivamente. Según el modelo de Hjulström los sedimentos del cauce requieren para ser erosionados, velocidades del flujo de al menos 0.24 m/s. Finalmente, la evaluación de la estabilidad del talud indica que es talud se encuentra en condiciones de inestabilidad.

# CONTENIDO

	Página
<b>ACTA DE APROBACIÓN</b> .....	II
<b>DEDICATORIA</b> .....	III
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	V
<b>RESUMEN</b> .....	VI
<b>CONTENIDO</b> .....	VII
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	XI
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	XIII
<b>LISTA DE APÉNDICES</b> .....	XIV
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I</b> .....	3
<b>SITUACIÓN A INVESTIGAR</b> .....	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
1.2 Justificación de la investigación.....	6
1.3 Alcance de la investigación.....	6
1.4 Limitaciones de la investigación .....	7
<b>CAPÍTULO II</b> .....	8
<b>GENERALIDADES</b> .....	8
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio .....	8
2.2 Acceso al área de estudio .....	9
2.3 Geología regional .....	10
2.4 Vegetación.....	13
2.5 Aspectos pedogenéticos .....	15
2.6 Hidrografía .....	16
2.7 Forma del relieve regional.....	16
2.8 Caracterización climatológica del área de estudio .....	18
2.8.1 Temperatura.....	19
2.8.2 Humedad relativa .....	19
2.8.3 Insolación solar .....	20
2.8.4 La precipitación .....	20
2.8.5 Evaporación .....	21
<b>CAPÍTULO II</b> .....	22

<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	22
3.1 Antecedentes .....	22
3.2 Fundamentos teóricos .....	24
3.2.2.1 Flujo permanente .....	25
3.2.2.2 Flujo transitorio o no permanente.....	25
3.2.2.3 Flujo Uniforme .....	25
3.2.2.4 Flujo gradualmente variado.....	25
3.2.2.5 Flujo sub-crítico o flujo lento.....	26
3.2.2.6 Flujo Crítico.....	26
3.2.2.7 Flujo Supercrítico .....	26
3.2.6 Degradación del cauce .....	29
3.2.7 Hidrología fluvial.....	31
3.2.8 Análisis granulométrico por el método del tamizado .....	32
3.2.9 Forma, redondez y esfericidad.....	33
3.2.9.1 Forma.....	33
3.2.9.2 Redondez .....	34
3.2.9.3 Esfericidad .....	36
3.2.10 Representación gráfica de los datos granulométricos .....	36
3.2.11 Morfología de ríos sinuosos .....	37
3.2.12 Afectación de la morfología de un río sinuoso .....	38
3.2.13 Erosión de márgenes .....	38
3.2.14 Procesos físicos del flujo en curvas .....	39
3.2.18 Fórmula de Maza y García Flores (1978) .....	44
3.2.19 Socavación local (socavación en curva).....	44
3.2.20 Método de Bendegom – Nedeco.....	45
3.2.22 Socavación local debido a estructuras (Espolones) .....	47
3.2.24 Modelo de Hjulström (1935) .....	49
3.2.25 Modelo de Van Rijn (1989).....	53
3.2.26 Modelo de Shields.....	54
3.2.27 Método de Visher.....	56
3.3 Bases legales .....	57
3.3.1 Ley de aguas .....	57
3.3.2 Ley Orgánica de Espacios Acuáticos.....	58
3.4 Definición de términos teóricos básicos .....	59
3.4.1 Barras .....	59
3.4.2 Los sedimentos gruesos (arenas y grabas) .....	59
3.4.3 Carga de fondo.....	59
3.4.5 Caudal.....	60
3.4.6 Estructuras .....	60
3.4.7 Número de Froude .....	60
3.4.8 Patrón de drenaje.....	61
3.4.9 Saltación .....	61
3.4.10 Sedimentos finos (arenas finas, limos y arcillas).....	61



3.4.11 Suelo.....	61
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>62</b>
<b>METODOLOGÍA DE TRABAJO.....</b>	<b>62</b>
4.1 Tipos de investigación.....	62
4.2 Diseño de la investigación.....	62
4.3 Población y muestra de la investigación.....	63
4.3.1 Población de la investigación.....	63
4.3.2 Muestra de la Investigación.....	64
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	65
4.4.1 Técnicas de recolección de datos.....	65
4.4.1.1 Observación directa.....	65
4.4.1.2 Revisión literaria.....	66
4.5 Flujograma de la metodología de trabajo.....	67
4.6 Procedimiento para el logro de los objetivos.....	67
4.6.1 Recopilación de la información y reconocimiento de campo.....	68
4.6.2 Caracterización actual de los taludes de las riberas del río Caris en el tramo evaluado.....	68
4.6.3 Caracterización textural de los sedimentos.....	68
4.6.4 Caracterización geomorfológica de la cuenca y del cauce.....	69
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>71</b>
<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>71</b>
5.1 Descripción de las condiciones actuales de los taludes del tramo evaluado de la cuenca media del río Caris.....	71
5.2 Caracterizar geotécnicamente los sedimentos constituyentes de los taludes erosionados y del cauce del río Caris.....	72
5.3. Describir la geomorfología de la cuenca del río Caris en el área en estudio	77
5.4. Descripción de las características temporales del flujo agua del río Caris en el área de estudio con base a los caudales proyectados.....	86
5.4.1 Determinación del caudal de drenaje de la cuenca.....	87
5.4.2 Determinación de las velocidades del flujo en el río Caris.....	90
5.4.3 Cualificar el movimiento de los sedimentos.....	92
5.5 Estabilidad del talud de la ribera derecha descendente en el tramo de estudio.....	94
5.5.1 Características de los suelos del talud.....	94
5.5.2 Estimación de la estabilidad del talud.....	96
5.5.3 Opciones de modificación de la condición de estabilidad del talud.....	97
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>99</b>
Conclusiones.....	99
Recomendaciones.....	101

<b>REFERENCIAS</b> .....	102
<b>APÉNDICES</b> .....	108

## LISTA DE FIGURAS

		Página
2.1	Ubicación relativa del área de estudio, cuenca del río Caris. (Global Watershed, 2023).....	8
2.2	Ubicación relativa del área de estudio.....	9
2.3	Vía de acceso a la zona de estudio en imagen satelital Landsat (Google Earth, 2022).....	10
2.4	Mapa geológico del área del río Caris (USGS, 2015).....	11
2.5	Extensión geográfica de la Formación Mesa.....	13
2.6	Vegetación de bosque de galería predominante en las riberas del río Caris.....	14
2.7	Vegetación de sabana arbustiva de la cuenca del río Caris.....	15
2.8	Paisaje de Mesa disectada típica de las sub-cuencas de los afluentes del río Caris.....	17
2.9	Paisaje de colinas y montículos de la cuenca del río Caris.....	17
2.10	Clasificación climática del área de estudio (Köppen, W., 1936 en Venemia.com, 2023).....	18
3.1	Flujo de corriente a través de la capa de arena, limo y arcilla mostrando su medio de transporte.....	32
3.2	Medición de rodados y la posición de los ejes mayor (a), intermedio (b) y menor (c) (Krumbein, 1941 en Pettijhon, 1957, 1970).....	34
3.3	Forma y redondez de los granos (Modificado Redrawn, 1953).....	36
3.4	Profundización del lecho en la curva de un río (Cárdenas, 2012).....	39
3.5	Diagrama de Hjulström (1935). (Allen, 1965).....	50
3.6	Perfil longitudinal de un río, evidenciando una selección granulométrica (Reineck y Sing 1981).....	51
3.7	Tipos de transporte de los sedimentos de un río. (Reineck y Sing 1981).....	53
3.8	Diagrama de Shields para el movimiento incipiente (Yang, 1996).	55
3.9	Representación de curvas de la distribución de tamaño de grano en depósitos fluviales y marinos (Modificado de Visher, 1969 en Contreras 1992).....	57
4.1	Flujograma de la investigación.....	67
5.1	Esquema del proceso de socavación en el talud de la ribera derecha descendente del tramo evaluado de la cuenca media del río Caris.....	72
5.2	Tamizado de muestras de suelo.....	74
5.3	Curvas de distribución granulométrica de las muestras 1, 2, 3 y 4.....	75
5.4	Proceso de análisis granulométrico de las muestras.....	75
5.5	Análisis morfoscópico de las muestras de suelo.....	76
5.6	Distribución porcentual de la forma de las partículas de las muestras 1, 2, 3 y 4.....	77

5.7	Cuenca del río Caris hasta la zona de estudio.....	78
5.8	Modelo Digital de Elevaciones y red de drenajes de la cuenca del río Caris hasta el área de estudio.....	79
5.9	Naturaleza meandrante y dendrítica del río Caris en las adyacencias del área de estudio. (IGVSB, 2010).....	80
5.10	Tramo recto a sinuoso entre los tramos de meandros del río Caris (IGVSB, 2010).....	81
5.11	Imagen de satélite landsat de la cuenca media del río Caris, se observa drenaje dendrítico (Google Earth Pro, 2023).....	81
5.12	Mapa de curvas de nivel del área de la cuenca del río Caris.....	82
5.13	Mapa de pendientes de la cuenca alta y media del río Caris.....	83
5.14	Secciones transversales del tramo evaluado del río Caris.....	84
5.15	Curvas IDF para la región hidrológica II (MOP,1967).....	87
5.16	Hidrograma Unitario Triangular SCS de la cuenca media y alta del río Caris.....	89
5.17	Río Indian Fork aguas debajo de la presa Atwood, cerca de New Cumberland, Ohio.....	91
5.18	Modelo 3D del tramo del río Caris.....	92
5.19	Aplicación del diagrama de Hjulström.....	93
5.20	Modelo del talud derecho de la ribera en el área de estudio.....	95
5.21	Opción de estabilización mediante anclajes.....	97
5.22	Opción de estabilización mediante terraceo.....	98

## LISTA DE TABLAS

	Página
2.1 Resumen estadístico de temperatura (°C), período 2000 – 2011, estación Ciudad Bolívar.....	19
2.2 Resumen estadístico de humedad relativa (%), período 2000 – 2011, estación Ciudad Bolívar.....	20
2.3 Resumen estadístico de insolación (hr), período 2000 – 2011, estación Ciudad Bolívar.....	20
2.4 Resumen estadístico de precipitación (mm), período 2000 – 2011, estación Ciudad Bolívar.....	21
2.5 Resumen estadístico de evaporación (mm), período 2000 – 2011, estación Ciudad Bolívar.....	21
3.1 Clasificación según el tamaño de las partículas de Wenworth (Pettijohn, 1949).....	33
3.2 Evaluación de la socavación general (Cárdenas, 2012).....	41
3.3 Valores del coeficiente $\beta$ en la ecuación Lischtván-Lebediev. (Cárdenas, 2012).....	42
3.4 Valor del coeficiente y en función de $\psi$ en la ecuación de Lischtván-Lebediev. Período de retorno del caudal de diseño(años). (Cárdenas, 2012).....	43
3.5 Valores de $x$ en la ecuación de Lischtván-Lebediev. Cohesivos Suelos Granulares. (Cárdenas, 2012).....	43
3.6 Coeficientes de Altunin (Cárdenas, 2012).....	47
3.7 Coeficiente $K_1$ en la ecuación de Beusers y Raudkivi.....	48
3.8 Coeficiente $K_2$ en la ecuación de Beusers y Raudkivi.....	48
3.9 Coeficiente $K_3$ en la ecuación de Beusers y Raudkivi.....	48
5.1 Coordenadas de ubicación de las muestras de suelo.....	73
5.2 Parámetros morfométricos de la cuenca media y alta del río Caris.....	85
5.3 Coeficientes de escorrentía (Benítez, 1980).....	86
5.4 Determinación del coeficiente de escorrentía ponderada de la cuenca...	86
5.5 Cálculo del hidrograma unitario triangular SCS para la cuenca del río Caris.....	88
5.6 Elementos geométricos e hidráulicos del tramo en estudio del río Caris.	92
5.7 Velocidades de flujo límite que producirían erosión, transporte o sedimentación.....	93
5.8 Parámetros geotécnicos de los suelos del talud de la ribera derecha descendente del río Caris en el área de estudio.....	95
5.9 Reporte de la condición de estabilidad del talud de acuerdo a los criterios utilizados.....	96

## LISTA DE APÉNDICES

	Página
<b>A DATOS CLIMATOLÓGICOS.....</b>	109
A.1 Resumen climatológico años 2000, 2001 y 2002, Estación: Ciudad Bolívar, (Servicio de Meteorología FAV).....	110
A.2 Resumen climatológico año 2003, 2004 y 2005, Estación: Ciudad Bolívar (Servicio de Meteorología FAV).....	111
A.3 Resumen climatológico año 2006, 2007 y 2008 Estación: Ciudad Bolívar (Servicio de Meteorología FAV) .....	112
A.4 Resumen climatológico, período año 2009 a 2011, Estación: Ciudad Bolívar (Servicio de Meteorología FAV).....	113
<b>B ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS.....</b>	114
B.1 Análisis granulométrico de la muestra 1.....	115
B.2 Análisis granulométrico de la muestra 2.....	115
B.3 Análisis granulométrico de la muestra 3.....	116
B.4 Análisis granulométrico de la muestra 4.....	116
<b>C DATOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES.....</b>	117
D.1 Coordenadas y cotas de las secciones transversales levantadas topográficamente.....	118

## INTRODUCCIÓN

El análisis de las socavaciones que se producen en los taludes de las riberas de un cauce natural requiere de la estimación de varios aspectos que van desde las características granulométricas y forma de las partículas de los materiales presentes en el lecho del canal, así como de las características de los flujos (velocidades de corrientes, niveles de la superficie del agua y caudales).

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.

El río Caris atraviesa, según una dirección aproximada norte sur, parte del sur del estado Anzoátegui, erosionando, captando, transportando y sedimentado, en todo su recorrido, gran cantidad de sedimentos que finalmente son movilizados o dispuestos por las aguas que eventualmente se producen en la zona de estudio.

En vista de esta situación, el río Caris sufre en algunos tramos una severa socavación de los taludes de las riberas, modificándose 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 proponer medidas de protección de los taludes de las riberas del tramo evaluado del río Caris, ubicado en el municipio Independencia, en el estado Anzoátegui.

Esta investigación se estructura en cinco (6) 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. En el Capítulo VI, se muestra la propuesta de protección de los taludes.

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

El hombre ha comprendido que sin la presencia de agua su existencia es imposible, por lo que, en todo el planeta, 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.

Ahora bien, 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.

El ascenso del nivel de la superficie del agua genera graves inconvenientes cuando estas avenidas superan la capacidad de los cauces labrados por las aguas. En vista de ello, el hombre se ha visto en la necesidad de crear barreras (muros marginales y malecones) para mantener las aguas encauzadas y proveer la protección de las infraestructuras (poblaciones), zonas cultivadas o pastizales que ha que ha creado o construido en las orillas de los ríos. Cabe destacar que no solo debe protegerse el hombre de las inundaciones, sino también de las pérdidas de territorio que a mediano plazo serían causadas por el meandro del río.

En el estado Anzoátegui, a orillas del río Caris se desarrollan innumerables actividades vinculadas a la agricultura, a la ganadería y también a la recreación. 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.

En ese orden de ideas y vistos los planteamientos antes expuestos cabe formular las siguientes interrogantes de investigación:

¿Cuál es el estado actual de los taludes del área de estudio del río Caris?

¿Cuáles son las características texturales y geotécnicas de los materiales que constituyen el lecho del cauce, taludes y riberas del río en el área de estudio?

¿Cuáles son las características geomorfológicas de las riberas, taludes y del cauce del río Caris en el área de estudio?

¿Cuáles son las características temporales del flujo del río en función de los niveles del agua, de la velocidad y dirección de la corriente y el caudal del río Caris frente al área de estudio?

¿Cuáles son las condiciones del movimiento de los sedimentos del cauce del río Caris en el área de estudio?

¿Cuáles son las condiciones de estabilidad del talud de la ribera derecha descendente en el área de estudio?

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo general**

Analizar la estabilidad de los taludes de la ribera y el movimiento de los sedimentos del cauce en un tramo del río Caris, municipio Independencia, estado Anzoátegui, Venezuela.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

1. Describir las condiciones actuales de la estructura de los taludes del río Caris en el área de estudio.
2. Caracterizar texturalmente los materiales del cauce del río Caris en el tramo de estudio
3. Describir la morfología de la cuenca y cauce del río Caris en el área de estudio.

4. Describir las características temporales del flujo del río Caris
5. Analizar las características del movimiento de sedimentos del cauce del río Caris en el área de estudio
6. Determinar las condiciones de estabilidad del talud de la ribera derecha descendente del río Caris en el área de estudio.

### **1.2 Justificación de la investigación**

Los taludes de algunos tramos de las riberas del río Caris han sido objeto del ataque de la erosión y socavación producida por la corriente del río. Esto ha generado que gran parte de la estructura sedimentaria ha colapsado produciendo el desplome de los mismos generando cambios paulatinos en el alineamiento del río. En vista de ello, y considerando la importancia estratégica que tiene para las actividades antrópicas productivas que se desarrollan en sus riberas, se ha considerado efectuar los estudios tendientes para evaluar la pérdida paulatina de tierras cultivables y contra las inundaciones ante los ataques erosivos del río, entre otras consecuencias negativas.

### **1.3 Alcance de la investigación**

En esta investigación se plantea hacer una revisión de las características geotécnicas de los materiales presentes en el cauce y de la estabilidad de los taludes de las riberas del río Caris en el área de estudio. Así mismo, se efectuará una descripción de las condiciones del flujo del agua en el sector en función a los niveles que alcanza la superficie del agua, de las magnitudes la velocidad y direcciones de la corriente y el caudal del río. Asimismo, se describirá geomorfológicamente el cauce del río frente al área de estudio con base a la información batimétrica del río en el sector. Posteriormente, se realizará análisis del movimiento de los sedimentos del cauce del

río, así como también la estabilidad de los taludes de la ribera derecha descendente del río Caris en el área de estudio.

#### **1.4 Limitaciones de la investigación**

Durante la formulación de la presente investigación no se han detectado obstáculos o inconvenientes que pudiesen de alguna manera interferir con el logro de los objetivos planteados.

## 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 en la figura 2.1 se puede observar el área de la cuenca del río Caris con sus tributarios y se puede observar su posición relativa respecto a poblaciones como El Tigre, Pariaguán y Soledad

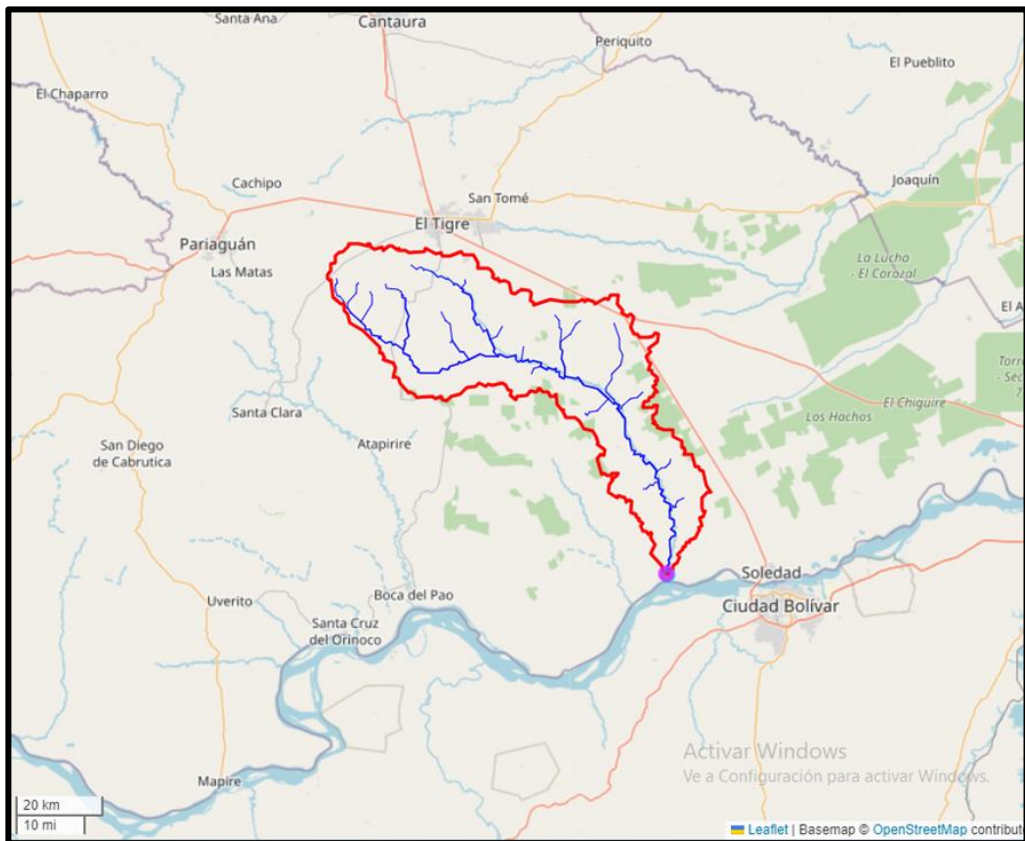


Figura 2.1 Ubicación relativa del área de estudio, cuenca del río Caris. (Global Watershed, 2023)

Según los paralelos la ubicación geográfica del tramo medio del río está comprendida entre las coordenadas del Sistema Universal Mercator (UTM): N 931100, N 930900; E 407050 y E 406900 (huso: 20, elipsoide de referencia: WGS-84, Datum horizontal: La Canoa, Datum vertical: Nivel medio del mar).

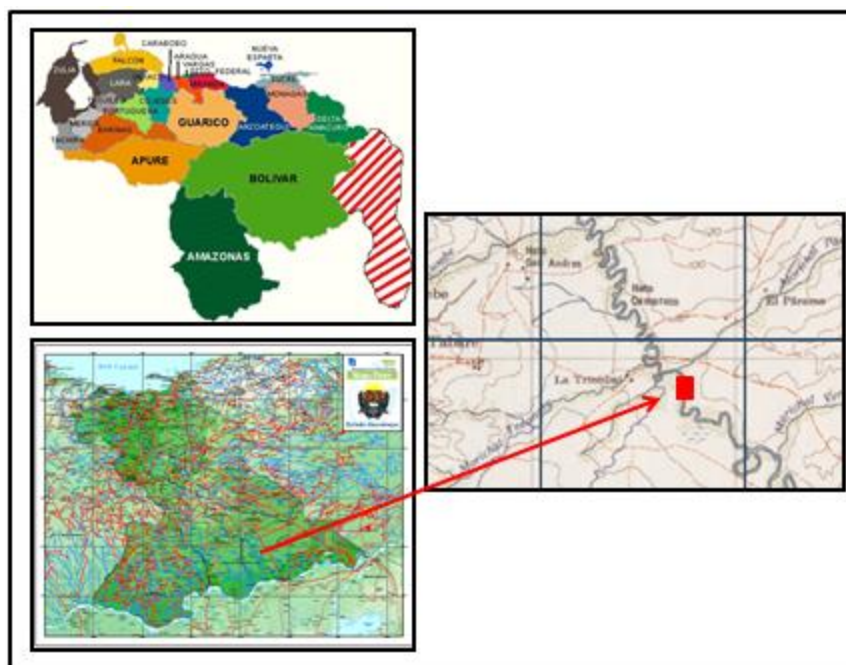


Figura 2.2 Ubicación relativa del área de estudio.

## 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 Ciudad Orinoco (antiguamente 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 Tabaro. 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 2.3).



Figura 2.3 Vía de acceso a la zona de estudio en imagen satelital Landsat (Google Earth, 2022).

### 2.3 Geología regional

La geología regional en el municipio Independencia, está constituida principalmente por dos (2) 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. En la figura 2.4 se presenta el mapa con las formaciones geológicas ubicadas en el entorno del río Caris.



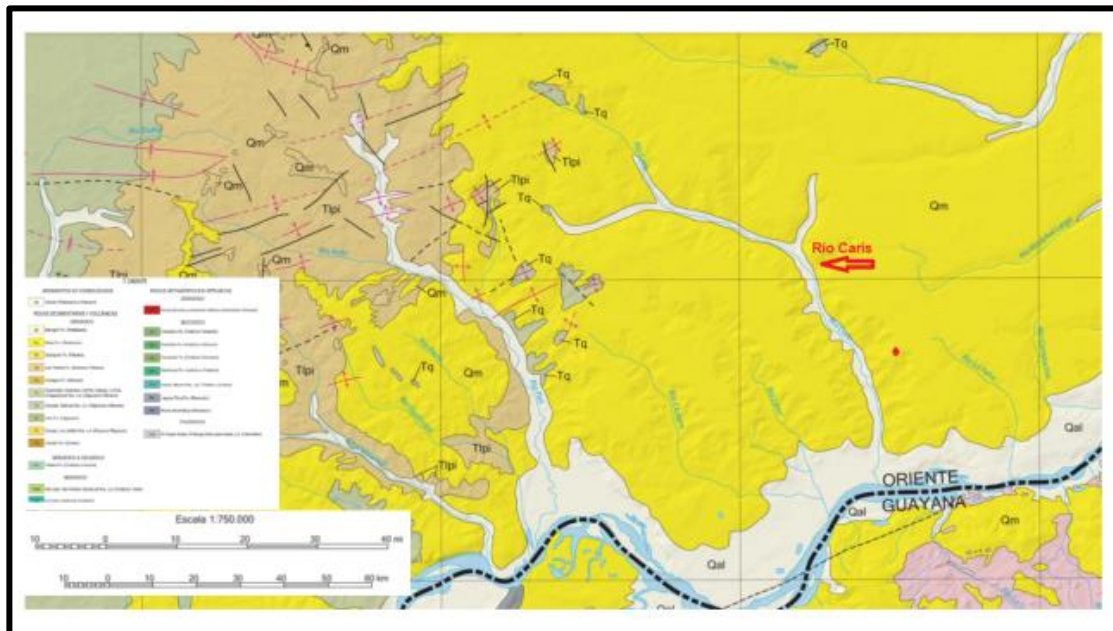


Figura 2.4 Mapa geológico del área del río Caris (USGS, 2015).

Según Hedberg y Pyre, (1944) en González de Juana, 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, 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 más de 25 m de espesor, con delgadas intercalaciones de arenas (Figura 2.5).

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.

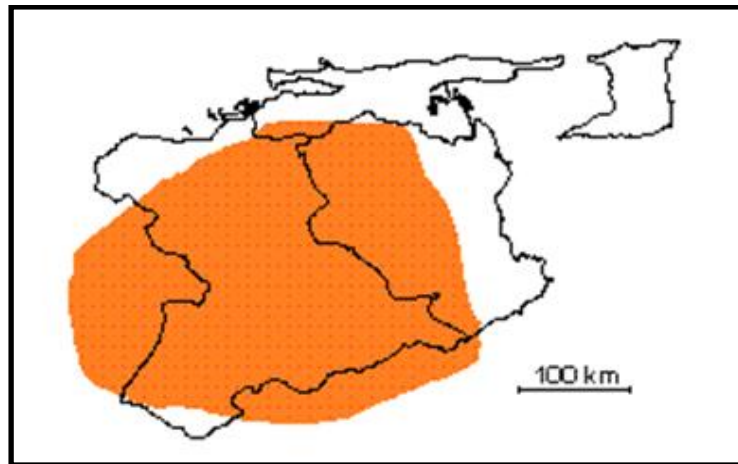


Figura 2.5 Extensión geográfica de la Formación Mesa (PDVSA Intevep, 2001).

De acuerdo a la zonificación sísmica de Venezuela, basada en el coeficiente de aceleración horizontal ( $A_0$ ), en Anzoátegui pueden distinguirse cinco zonas sísmicas de las seis que incluye la clasificación (no existe en el estado la zona 1), las cuales se distribuyen en las categorías de elevado, intermedio y bajo peligro sísmico. En la zona 3, con aceleración horizontal de 0,20 y dentro de la misma categoría, se encuentra el municipio Independencia (Cilento)

## 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 altitud. 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 2.6).



Figura 2.6 Vegetación de bosque de galería predominante en las riberas del río \_Caris.



Figura 2.7 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 arcillosa 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, aún 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 el Simón Rodríguez y el San José de Guanipa. Cabe destacar, que 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 2.8). Las pendientes de estas tierras están entre el 3 % y el 7 % con presencia de escarpes casi verticales en los bordes.



Figura 2.8 Paisaje de Mesa disectada típico de las subcuencas 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 2.9). 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 2.9 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 climáticas 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 periodos y la influencia de los vientos (Figura 2.10).

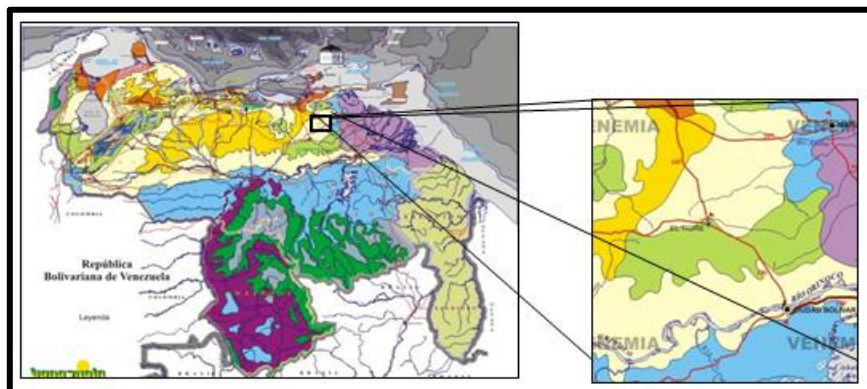


Figura 2.10 Clasificación climática del área de estudio (Köppen, W., 1936 en Venemia.com, 2023).

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
Máxima	32,5	32,6	34,2	35,4	33,1	32,3	32	32,6	32,3	33,4	33	34,1	33,1
Media	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
Mínima	23,2	23,2	23,4	24,5	24,4	24,3	24,1	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 ésta. 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	6,7	6,7	7,1	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 periodo 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	1.049,0

### 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	1.801,0

## **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:

Aldefae, A.H. and Alkhafaji, R.A. (2021) publicaron un reporte sobre **“EXPERIMENTAL AND NUMERICAL MODELING TO INVESTIGATE THE RIVERBANK’S STABILITY”**. El propósito del trabajo de investigación fue evaluar experimental y numéricamente el mecanismo de falla de las riberas de los ríos debido al caudal de los arroyos para evitar deslizamientos recurrentes, identificando los lugares más peligrosos y tratándolos mediante un método adecuado. Los experimentos y los modelos físicos se llevaron a cabo para estudiar el mecanismo de falla de la ribera del río y evaluar su estabilidad en dos casos: condición de flujo a corto plazo y condición de flujo a largo plazo donde se probaron tres modelos. Además, se realizó una simulación numérica utilizando el programa FLOW-3D para determinar la distribución de velocidades e identificar las áreas sometidas a altos niveles de estrés a través del flujo de agua. Los resultados obtenidos en este trabajo indican los tipos de mecanismos de falla que ocurren bajo la influencia de límites específicos de velocidad de flujo, los cuales han mostrado buena compatibilidad con el tipo de falla en la escala del prototipo. Además de calcular la cantidad de erosión del suelo, también se investigó el ángulo de falla y la cantidad de asentamiento del suelo en el modelo de ribera del río. Los resultados del trabajo experimental y la simulación numérica coincidieron

bien, donde la tasa de error estándar para el número de Froude osciló entre (1,8% – 6,6%) y la profundidad del flujo entre (2,7% –6,9%).

Llanos, Y. y Ortiz, M. (2019) realizaron **“ESTUDIO HIDROLÓGICO Y GEOTÉCNICO APLICADO AL FENÓMENO DE EROSIÓN DE ORILLAS EN RÍOS”**. En dicho trabajo se realizó un análisis estadístico de máximos y mínimos pertenecientes a las estaciones limnimétricas de las Flores y San Jacinto, proyectando los niveles a las secciones de estudio y determinando su comportamiento hidráulico, y un estudio geotécnico de las secciones que tuvo en cuenta datos del Fondo de Adaptación como la estratigrafía y los parámetros del suelo, con el fin de determinar cómo fallaría el talud mediante la correlación de su factor de seguridad. Para el desarrollo de la investigación se tomaron dos secciones transversales del río Cauca en la región de la Mojana, lo que determinó una alta probabilidad de desbordamiento en toda la sección y en caso de presentarse un aumento considerable en el nivel del agua en el talud de la banca izquierda se vería afectado en cuanto a su estabilidad.

Arness y Guerrero (2016), elaboraron una investigación titulada **“ESTUDIO SOBRE LA EROSIÓN Y SOCAVACIÓN EN LAS FUNDACIONES DEL MALECÓN DE LA POBLACIÓN BARRANCAS DEL ORINOCO, ESTADO MONAGAS, VENEZUELA”**, en el cual se realiza una descripción de los aspectos hidrológicos, geotécnico-texturales y geomorfológicos que prevalecen en el área de estudio y cuya metodología y técnicas empleadas son un valioso aporte para la investigación que se pretende realizar en el río Caris por tratarse de una investigación con propósitos similares.

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 Canales Abiertos**

Un canal abierto es un conducto en el cual el agua, fluye con una superficie libre. De acuerdo con su origen un canal puede ser natural o artificial. En los canales naturales influyen todos los tipos de agua que existen de manera natural en la tierra, los cuales varían en tamaño desde pequeños arroyuelos en zonas montañosas hasta quebradas, arroyos, ríos pequeños y grandes, y estuarios de mareas. Las corrientes subterráneas que transportan agua con una superficie libre también son consideradas como canales abiertos naturales.

Las propiedades hidráulicas de un canal natural por lo general son muy irregulares. En algunos casos pueden hacerse suposiciones empíricas razonablemente consistentes en las observaciones y experiencias reales, de tal modo que las condiciones de flujo en estos canales se vuelvan manejables mediante tratamiento analítico de la hidráulica teórica.

Los canales artificiales son aquellos construidos o desarrollados mediante el esfuerzo humano: canales de navegación, canales de centrales hidroeléctricas, canales y canaletas de irrigación, cunetas de drenaje, vertederos, canales de desborde, canaletas de madera, cunetas a lo largo de carreteras etc., así como canales de modelos de laboratorio con propósitos experimentales; las propiedades hidráulicas de estos canales pueden ser controladas hasta un nivel deseado o diseñadas para cumplir unos requisitos determinados. La aplicación de las teorías hidráulicas a canales

artificiales producirán, por tanto, resultados bastantes similares a las condiciones reales y, por consiguiente, son razonablemente exactos para propósitos prácticos de diseños.

### **3.2.2 Tipos de flujo en canales**

#### **3.2.2.1 Flujo permanente.**

Un flujo permanente es aquel en el que las propiedades fluidas, son constantes en el tiempo, a pesar de que las mismas no lo sean en el espacio. Las características de este tipo de flujo se pueden describir como: Velocidad ( $V$ ), Caudal ( $Q$ ), y Calado ( $h$ ), estas son independientes del tiempo, pero podrían variar a lo largo del canal.

#### **3.2.2.2 Flujo transitorio o no permanente.**

Es el que presenta cambios en sus características al paso del tiempo, para estudiar el comportamiento del canal.

#### **3.2.2.3 Flujo Uniforme.**

Este es el que se da en un canal recto, cuya sección es de pendiente constante, y se encuentra a una distancia considerable de los puntos en que se realizan las mudanzas de sección transversal, puede ser de forma, de rugosidad, cambio de la pendiente o en una variación del caudal.

#### **3.2.2.4 Flujo gradualmente variado.**

Es cuando la profundidad de flujo cambia a través de la longitud del canal. Este puede ser permanente o no permanente. Se clasifica en rápidamente variado o gradualmente variado, dependiendo de la profundidad del agua.

### **3.2.2.5 Flujo sub-crítico o flujo lento.**

Es el nivel efectivo del agua en una determinada sección.

### **3.2.2.6 Flujo Crítico.**

Cuando la velocidad es igual que la raíz cuadrada de la gravedad por la profundidad.

### **3.2.2.7 Flujo Supercrítico.**

En el caso de flujo supercrítico, también denominado flujo veloz, el nivel del agua efectivo en una sección determinada está condicionado a la condición de contorno situada aguas arriba.

## **3.2.3 Estados del flujo**

El estado o comportamiento del flujo en un canal abierto es gobernado básicamente por los efectos de viscosidad y gravedad relativa a las fuerzas de inercia del flujo.

Dependiendo del efecto de la viscosidad relativa a la inercia, el flujo puede ser laminar, turbulento o de transición.

El flujo es laminar si las fuerzas viscosas son tan fuertes comparadas con las fuerzas de inercia, que la viscosidad juega un papel importante para determinar el comportamiento del flujo. En flujo laminar, las partículas del fluido parecen moverse en recorridos calmados definidos, o líneas de corriente, y las capas infinitesimalmente delgadas del fluido parecen deslizarse sobre las capas adyacentes.



El flujo es turbulento si las fuerzas viscosas son débiles comparadas con las fuerzas de inercia. En el flujo turbulento, las partículas del fluido se mueven en recorridos irregulares, los cuales no son ni calmados ni determinados pero en su conjunto todavía representan el movimiento hacia adelante de la corriente total.

Entre los estados laminar y turbulento de la corriente, hay un estado mixto o estado de transición. El efecto de viscosidad relativo al de inercia puede representarse por el número de Reynolds. En la mayor parte de los canales abiertos el flujo laminar ocurre muy raramente. En efecto, el hecho de que la superficie de una corriente parezca lisa y tersa para un observador no es en ningún modo una indicación de que el flujo sea laminar; más probablemente, ello indica que la velocidad de la superficie es más baja que la requerida para que se formen ondas capilares.

El efecto de la gravedad sobre el estado del flujo se representa por una relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas de gravedad. Esta relación es conocida como el Número de Froude.

Si el Número de Froude es mayor a la unidad ( $F > 1$ ), el flujo se denomina supercrítico.

Si el Número de Froude es menor a la unidad ( $F < 1$ ), el flujo se denomina subcrítico.

Si el Número de Froude es igual a la unidad ( $F = 1$ ), el flujo se denomina crítico.

#### **3.2.4 Distribución de velocidades en canales**

Debido a la presencia de la superficie libre y a la fricción a lo largo de las paredes del canal, las velocidades en un canal no están uniformemente distribuidas en su

sección. La máxima velocidad medida en canales normales a menudo ocurre por debajo de la superficie libre a una distancia de 0,05 a 0,25 de la profundidad, cuanto más cerca de las bancas, más profundo se encuentra este máximo. En una corriente ancha, rápida, y poco profunda o en un canal muy liso, la velocidad máxima por lo general se encuentra en la superficie libre.

La rugosidad del canal causa un incremento en la curvatura de la distribución vertical de velocidades. El viento en la superficie tiene muy poco efecto en la distribución de velocidades. En canales abiertos anchos, la distribución de velocidades en la región central de la sección es en esencia la misma que existiría en un canal rectangular de ancho infinito, los lados del canal no tienen prácticamente ninguna influencia en la distribución de velocidades en la región central. Un canal abierto ancho es similar a un canal rectangular cuyo ancho es mayor que diez veces la profundidad del flujo.

La distribución de velocidades en una sección de canal depende también de otros factores, entre ellos la forma inusual de la sección, la presencia de curvas a lo largo del canal, etc. En una curva, la velocidad se incrementa de manera sustancial en el lado convexo, debido a la acción centrífuga del flujo.

### **3.2.5 Geometría de canal**

El termino sección de canal se refiere a la sección transversal de un canal tomado en forma perpendicular a la dirección del flujo. Una sección vertical de canal, sin embargo, es la sección vertical que pasa a través del punto más bajo de la sección de canal. Para canales horizontales, por consiguiente, la sección del canal es siempre una sección vertical de canal.

Las secciones de canales naturales son, por lo general, muy irregulares, y a menudo varían desde aproximadamente una parábola hasta aproximadamente un trapecio. Para corrientes sujetas a crecientes frecuentes, el canal puede constar de una sección principal del canal que conduce los caudales normales y una o más secciones laterales de canal para acomodar los caudales de desborde.

Los canales artificiales a menudo se diseñan con secciones de figuras geométricas regulares.

### **3.2.6 Degradación del cauce**

Los materiales se degradan en diferentes tiempos: suelos granulares sueltos se erosionan rápidamente mientras que los suelos arcillosos son más resistentes a la erosión. Sin embargo, la degradación final de suelos cohesivos o cementados puede ser tan profunda como la de suelos arenosos, variando el tiempo en el cual se produce. Por ejemplo, bajo condiciones de flujo constante, la degradación máxima se alcanza en horas para suelos arenosos, en tanto que puede tardar días en suelos cohesivos, meses en depósitos glaciales, piedras areniscas y pizarras, años en piedra caliza y siglos en rocas tipo granito. Es posible que varias crecientes se requieran para que se produzcan las máximas pérdidas de material, especialmente en suelos cohesivos (García, M y Maza J., 1998).

La interacción entre el flujo y el material granular aluvial ha sido más ampliamente estudiada debido a que es el caso más frecuente asociado con problemas en la hidráulica de ríos.

Los sedimentos tienen su origen en el lecho, en las laderas del río y en la cuenca hidrográfica.

Una corriente puede transportar material de tres maneras: 1) en solución, 2) en suspensión 3) por carga de fondo y 4) por flotación.

Debido al proceso de transporte, el sedimento presente en una determinada sección del canal, en un momento dado, ha experimentado cambios en cuanto a su forma, tamaño y distribución de tamaños; esos cambios se deben principalmente a los fenómenos de abrasión y al de selección hidráulica.

1. Abrasión: es la reducción en tamaño de las partículas de sedimento por acción mecánica, tal como impacto, deslizamiento, frotación (fricción), rotación, salto, suspensión intermitente o continua (dependiendo de la intensidad del flujo).

2. Selección o clasificación hidráulica: consiste en el agrupamiento, por la acción del flujo, de las partículas de sedimento que responden al flujo en una manera similar; al mismo tiempo, en la separación de aquellas partículas que responden al flujo en una forma diferente.

Partículas entre 1 y 10 mm tienden a moverse por rotación sobre los granos más abundantes (arenas) y pueden ser transportadas rápidamente ( $1 \text{ mm} < D < 10 \text{ mm}$ ).

Arenas de tamaño grueso a fino ( $0.0625 \text{ mm} < D < 1 \text{ mm}$ ) se mueven por tracción y suspensión intermitente con depositación temporal en dunas y barras puntuales.

Limos y arcillas ( $D < 0.0625 \text{ mm}$ ) se mueven principalmente en suspensión continua (como carga de lavado) y pueden ser transportados rápidamente hasta la salida de la cuenca o pueden ser rápidamente depositados en las llanuras de inundación.

### 3.2.7 Hidrología fluvial

En los sistemas o medios fluviales existe un conjunto de canales de drenaje organizado de manera coherente y convergente llamados cuencas hidrográficas, las cuales se entrelazan por una red de cauces o canales que convergen con respuesta hidrológica hacia el mar, como punto geográfico del sistema y muchas veces formando un sistema ramificado dendrítico. Todo el sistema ramificado de drenaje convergerá en un solo canal principal activo, el cual tendrá una respuesta hidrológica al llegar al océano, descargando en la boca de desembocadura, el volumen del agua y la carga de sedimentos no depositados en la cuenca hidrológica, lo cuales han viajado por saltación o suspensión (Miall, A., 1981).

El volumen de material transportado, sometido a cualquiera de los mecanismos de transporte pero siempre en contacto con el fondo del río, es que se llama carga de fondo donde una corriente de agua fluyendo sobre una capa de arena, limo y arcilla puede transportar partículas por dos vías: tal como la carga o peso de sedimentos. El material es rodado y movido a lo largo de la parte más baja; o la carga suspendida, donde el volumen del material restante, el cual está constituido por las partículas finas que son transportadas sin tener contacto con el fondo del canal (en suspensión) y se le denomina carga en suspensión (Figura 3.1). Estos dos parámetros son los que definen la configuración geométrica del canal y el tipo de depósito allí presente (Hjulstrom, F., 1935).

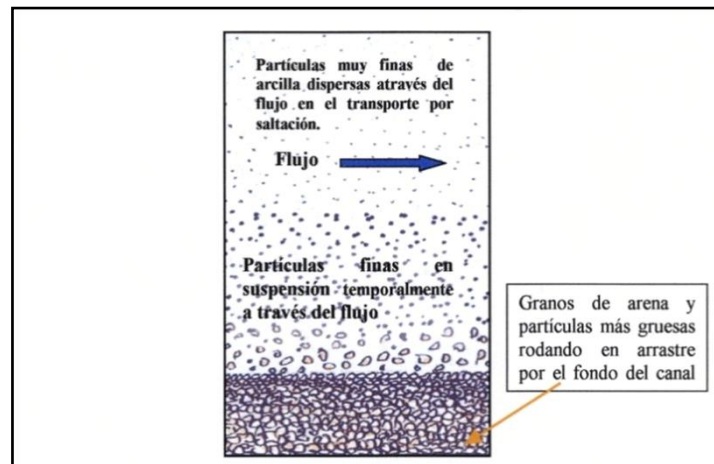


Figura 3.1 Flujo de corriente a través de la capa de arena, limo y arcilla mostrando su medio de transporte (Modificado de Hjulström, F., 1935).

### 3.2.8 Análisis granulométrico por el método del tamizado

El análisis de granulometría se utilizó para determinar la variación del tamaño de los granos de los sedimentos.

Los resultados del mismo servirán para determinar la competencia y eficiencia del agente de transporte, así como también en caso de ser este último el agua, la mayor o menor proximidad de la roca generadora (Pettijohn F, 1970). En el análisis de granulometría consiste en separar y clasificar a través de un juego de tamices, para lograr separar en forma cuantitativa las proporciones en peso de las partículas de diferentes tamaños que existen en cada muestra. La tabla de clasificación según el tamaño de las partículas de Wentworth (Tabla 3.1), es la más comúnmente usada para el análisis de sedimentos (Pettijohn, 1949).

Tabla 3.1 Clasificación según el tamaño de las partículas de Wenworth(Pettijohn, 1949).

	CLASTO	SEDIMENTO	mm	SEDIMENTITA ó ROCA SEDIMENTARIA
PSEFITA	Bloque	Aglomerado <i>Aglomerado (Grava de bloques)</i>	256	Aglomerado <i>Aglomerado (Conglomerado de bloques)</i>
	Guijón	Grava	128	Conglomerado o brecha
	Guijarro		64	
	Guija		32	
PSAMITA	Grano	Arena	16	Arenisca
			8	
			4	
			2	
			1	
			0,5	
PELITA	Partícula	Limo	0,25	Limolita
			0,125	
			0,062	
			0,031	
			0,016	
			0,008	
	Arcilla	Arcilla	0,004	Arciilita
			0,002	
			0,001	
			0,0006	

### 3.2.9 Forma, redondez y esfericidad

#### 3.2.9.1 Forma

Se define de acuerdo a las características geométricas o la relación entre los ejes de un clasto.

Se realiza definiendo tres ejes en un clasto. El diámetro mayor (a), el diámetro intermedio (b) y el menor (c) que puedan ser perpendiculares entre si y que pueden o no cortarse en un punto. (a = longitud, b = anchura y c = espesor) (Figura 3.2)

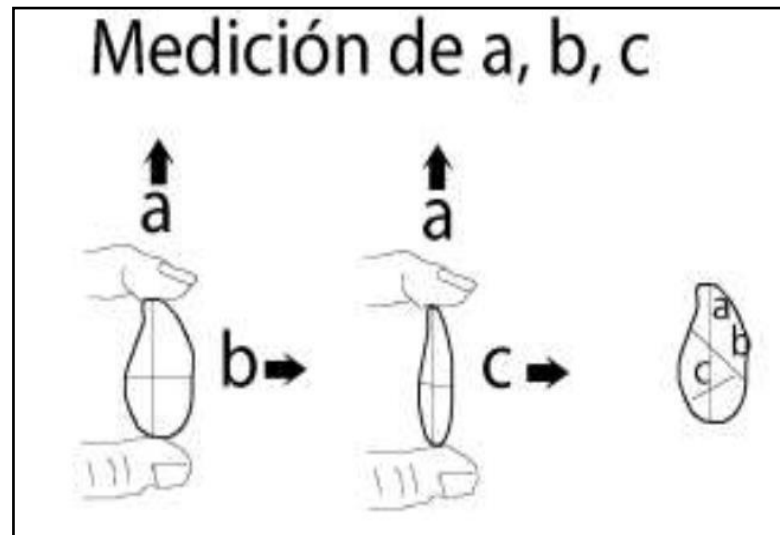


Figura 3.2 Medición de rodados y la posición de los ejes mayor (a), intermedio (b) y menor (c) (Krumbein, 1941 en Pettijhon, 1957, 1970).

La forma de las partículas ha sido usada para tratar de interpretar su historia de transporte. Esta depende de muchos factores como:

1. Forma de la partícula en la roca al ser liberada por los procesos de meteorización.
2. Composición y estructura química de las partículas, estas le van a conferir mayor o menor resistencia a los agentes de meteorización.
3. Dureza, fractura y clivaje de las partículas sedimentaria.
4. Tamaños de las partículas.

### 3.2.9.2 Redondez

La redondez, es la propiedad geométrica de las partículas que nos ayuda a interpretar por medio de un análisis morfológico, la historia geológica de los



sedimentos, basándonos en la clasificación comúnmente usada como lo es la clasificación de Pettijohn (1980). Podemos resumir esta clasificación en lo siguiente (Figura 3.3).

1. Angulosos (0-0,15 mm): el desgaste se presenta muy poco o ninguno, siendo sus aristas y vértices agudos.
2. Sub-angulosos (0,15 - 0,25 mm): muestran los efectos típicos del desgaste. Los fragmentos mantienen todavía su forma primitiva
3. Sub-redondeados (0,25 - 0,40 mm): muestran considerable desgaste, las aristas y los vértices están redondeados en curvas suaves y la superficie de las caras primitivas se encuentran bastante reducidas, pero se mantiene todavía la forma primitiva del grano.
4. Redondeados (0,40 - 0,60. mm): caras originales completamente destruidas, pero todavía pueden presentar alguna superficie plana. Puede haber ángulos cóncavos entre caras remanentes. Todas las aristas y los vértices originales han sido pulido hasta curvas suaves y amplias.
5. Bien redondeados (0,60 - 1,00 mm): sin caras originales, sin aristas ni vértices, la superficie consta totalmente de curvas amplias, carece de áreas planas y de aristas secundarias. La forma original se reconoce por la forma actual del grano.

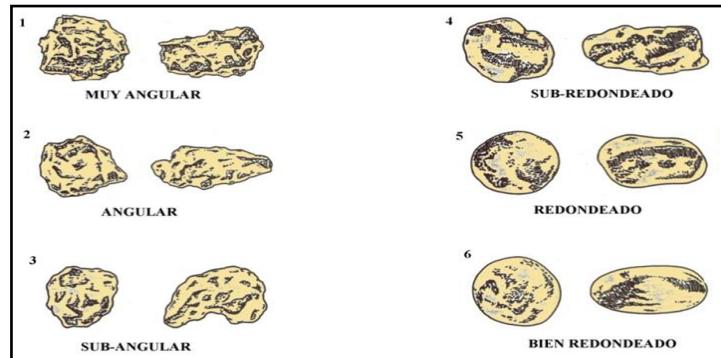


Figura 3.3 Forma y redondez de los granos (Modificado Redrawn, 1953).

### 3.2.9.3 Esfericidad

Se define como el grado en que un elemento clástico se aproxima en su forma a una esfera (Wadell, 1932), por lo tanto, define el comportamiento dinámico de la partícula.

### 3.2.10 Representación gráfica de los datos granulométricos

Los datos granulométricos fueron representados gráficamente para su fácil comparación. Los gráficos utilizados son: Histograma de frecuencia, Curva de frecuencia simple, Curva de frecuencia acumulativa (Phi).

#### 3.2.10.1 Histograma de Frecuencia

En el histograma se representan la frecuencia con que aparecen las partículas entre ciertos tamaños.

Su gráfica facilita la comprensión y visualización de la granulometría de un sedimento. Se realizaron histogramas de frecuencia con el fin de caracterizar la distribución de cada muestra.

### **3.2.10.2 Curva de Frecuencia Simple**

Para construir la curva de frecuencia consiste en unir los puntos superiores de cada barra. La escala horizontal se hace logarítmica.

### **3.2.10.3 Curva de Frecuencia Acumulativa Phi**

La curva de frecuencia acumulativa emplea papel aritmético, colocando en el eje horizontal los términos de la escala Phi y en el vertical, los porcentajes de 10 a 100%; para mayor claridad suele colocarse también en la escala horizontal, los equivalentes de la escala de Wentworth y en micrones los términos de Phi.

Para hacer los puntos de la curva, se tomarán los valores en micrones de las aberturas de tamices entre los cuales queda cada porción, se hallan los equivalentes Phi por medio de la curva de conversión, y se colocan estos valores en el eje horizontal. En cada uno de estos puntos se levanta una ordenada hasta el valor del porcentaje acumulado correspondiente.

Uniendo estos puntos se obtiene la curva de frecuencia acumulativa.

### **3.2.11 Morfología de ríos sinuosos**

La sinuosidad de un cauce es el mecanismo natural por el cual un río ajusta su pendiente buscando un equilibrio dinámico en los procesos de erosión, transporte y sedimentación que constituyen la configuración y geometría del cauce. La Figura 4.1 muestra un esquema con los parámetros principales de un meandro. La movilidad de los meandros puede clasificarse en dos categorías: a) la migración hacia aguas abajo de todo el meandro y b) la expansión de la curvatura del meandro, su estrangulamiento

y finalmente el corte del mismo. El desarrollo de meandros incrementa la longitud del río y por consiguiente disminuye la pendiente.

### **3.2.12 Afectación de la morfología de un río sinuoso**

La morfología de un río sinuoso puede verse afectada por diversas causas entre las que se pueden incluir aquellas que son naturales y características del sitio de estudio, como también, las provocadas por la acción del hombre, algunas de las causas naturales son las siguientes:

- a. **Confinamiento geológico:** influyen principalmente en las formas y tamaños de las curvas.
- b. **Corte de meandros:** ocurre generalmente durante una avenida y depende de la curvatura, la rugosidad, la vegetación, la geometría del cauce mismo y la magnitud de la avenida.
- c. **Reducción de la velocidad del flujo** debido a un incremento de la sinuosidad

### **3.2.13 Erosión de márgenes**

La erosión de las orillas representa dos procesos, la erosión por fricción y la falla de la banca. La primera es causada directamente por el esfuerzo cortante en la superficie de la banca, y la segunda se debe al mecanismo de falla del material del talud iniciada en la pata del mismo, que también está determinado por el cizallamiento. El tiempo de la falla se relaciona con muchos procesos hidrológicos, tales como presión de poros, nivel freático, la densidad de la vegetación y las avenidas.

### 3.2.14 Procesos físicos del flujo en curvas

Debido a la fuerza centrífuga, en la parte externa de una curva el flujo presenta sobreelevación, lo cual conlleva a que se presente una diferencia de presiones en la sección; este fenómeno hace que se originen corrientes secundarias desde la parte superior hacia el fondo en una misma sección transversal. Estas corrientes superficiales son dirigidas hacia los bancos externos mientras que las corrientes de fondo son dirigidas hacia los bancos internos. Como consecuencia de este proceso la sección de curva de un río presenta una pendiente transversal típica como se muestra en la Figura 3.4.

Esta sobreelevación del flujo ocasiona un movimiento helicoidal en respuesta a dicha corriente secundaria que se establece en dirección perpendicular al sentido del escurrimiento principal.

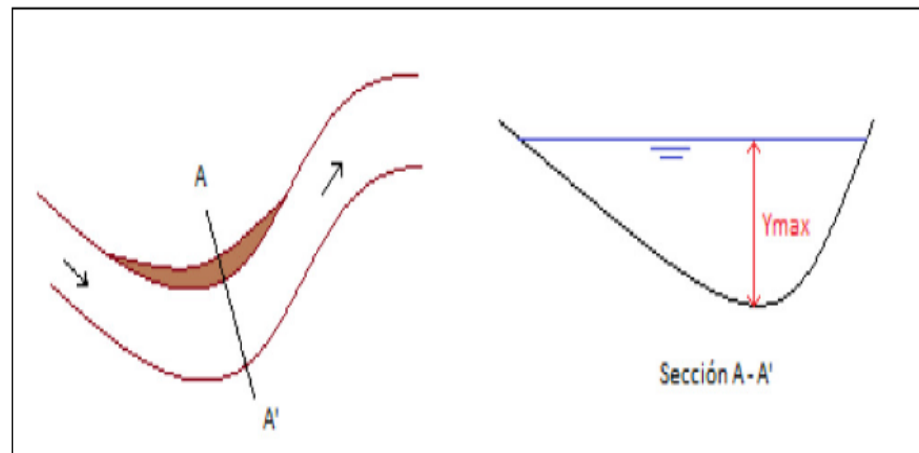


Figura 3.4 Profundización del lecho en la curva de un río (Cardenas, 2012).

### **3.2.15 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 -UNIVALLE, 2011).

### **3.2.16 Socavación general**

La determinación de las profundidades de erosión general (o erosión natural o decrecientes) 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, Pilan 2005).

En la literatura se encuentra disponible un número significativo de expresiones de cálculo que permiten evaluar la profundidad esperada debido a procesos de erosión general; se ha considerado aplicar varias metodologías y escoger la que mejor se ajuste en el caso de estudio, teniendo en cuenta las características del río Cauca en este tramo.

### 3.2.16.1 Método de Lischtván – Lebediev

Según Lischtván-Levediev las expresiones para evaluar la socavación general son las siguientes:

Tabla 3.2 Evaluación de la socavación general (Cardenas, 2012)

Para suelos cohesivos:	$H_s = \left( \frac{\alpha H_o^{5/3}}{0.60 \beta \gamma_s^{1.18}} \right)^{\frac{1}{1+x}}$
Para suelos no cohesivos:	$H_s = \left( \frac{\alpha H_o^{5/3}}{0.68 \beta d_m^{0.28}} \right)^{\frac{1}{1+x}}$
Para suelos cohesivos cuando la corriente arrastra mucho material en suspensión:	$H_s = \left( \frac{\alpha H_o^{5/3}}{0.68 \beta d_m^{0.28} \psi} \right)^{\frac{1}{1+x}}$

Donde,

$$\alpha = Q / (d_m^{5/3} \cdot B)$$

$Q$  Caudal de diseño

$B$  Ancho de la superficie libre, en m

$H_o$  Tirante en el punto antes de la erosión, en m

$H_s$  Tirantes después de producida la erosión, en m

$\gamma_s$  Peso específico del material seco que se encuentra a la profundidad  $H_s$ , en Ton/m<sup>3</sup>.

$$d_m = (\sum d_i P_i) / (\sum P_i)$$

$d_m$  Diámetro medio del material del lecho

$\beta$  Coeficiente de paso que depende de la frecuencia con que se repite la avenida que se estudia (Tabla3.3)

$x$  Exponente variable en función del diámetro para suelos no cohesivos y del peso específico seco para suelos cohesivos. (Tabla3.5)

$\psi$  Coeficiente que depende del valor de  $\gamma_m$  de la mezcla agua-materiales en suspensión. (Tabla3.4)

Tabla3.3 Valores del coeficiente  $\beta$  en la ecuación Lischvan-Lebediev. (Cardenas, 2012).

Periodo de retorno del caudal de diseño (años)	$\beta$
1	0.70
2	0.82
5	0.86
10	0.90
20	0.94
50	0.97
100	1.00
300	1.03
500	1.05
1000	1.07



Tabla3.4 Valor del coeficiente  $\psi$  en función de  $\gamma_m$  en la ecuación de Lischtvan-Lebediev. Período de retorno delcaudal de diseño(años). (Cardenas, 2012).

$\gamma_m$ [ton/m <sup>3</sup> ]	$\psi$
1.05	1.06
1.10	1.13
1.15	1.20
1.20	1.27
1.25	1.34
1.30	1.42
1.35	1.50
1.40	1.60

Tabla3.5 Valores de  $x$  en la ecuación de Lischtvan-Lebediev.Suelos Cohesivos Suelos Granulares. (Cardenas, 2012).

Suelos Cohesivos						Suelos Granulares					
$\gamma_a$	$x$	$\frac{1}{1+x}$	$\gamma_a$	$x$	$\frac{1}{1+x}$	d(mm)	$z$	$\frac{1}{1+x}$	d(mm)	$z$	$\frac{1}{1+x}$
0.80	0.52	0.66	1.20	0.39	0.72	0.05	0.43	0.70	40,000	0.30	0.77
0.83	0.51	0.66	1.20	0.38	0.72	0.15	0.42	0.70	60,000	0.29	0.78
0.86	0.50	0.67	1.28	0.37	0.73	0.50	0.41	0.71	90,000	0.28	0.78
0.88	0.49	0.67	1.34	0.36	0.74	1.00	0.40	0.71	140,000	0.27	0.79
0.90	0.48	0.67	1.40	0.35	0.74	1.50	0.39	0.72	190,000	0.26	0.79
0.93	0.47	0.68	1.46	0.34	0.75	2.50	0.38	0.72	250,000	0.25	0.80
0.96	0.46	0.68	1.52	0.33	0.75	4.00	0.37	0.73	310,000	0.24	0.81
0.98	0.45	0.69	1.64	0.31	0.76	6.00	0.35	0.74	370,000	0.23	0.81
1.00	0.44	0.69	1.64	0.31	0.76	8.00	0.35	0.74	450,000	0.22	0.83
1.04	0.43	0.70	1.71	0.30	0.77	10.00	0.34	0.75	570,000	0.21	0.83
1.08	0.42	0.70	1.80	0.29	0.74	15.00	0.33	0.75	750,000	0.20	0.83
1.12	0.41	0.71	1.89	0.28	0.78	20.00	0.32	0.76	1,000,000	0.19	0.84
1.16	0.40	0.71	2.00	0.27	0.79	25.00	0.31	0.76			

### 3.2.17 Método de Ramette

El método de Ramette considera el caudal unitario y el diámetro medio del grano en el cálculo de la socavación general de un río. La ecuación es la siguiente:

$$ZM = zm - 0.73(q^{2/3} / d_m^{1/6})$$

Donde:

- $ZM$  Cota de fondo que alcanza la erosión (m).  
 $zm$  Cota del nivel de agua para la frecuencia de diseño (m).  
 $q$  Caudal unitario (m<sup>3</sup>/s-m).  
 $d_m$  Diámetro medio del material granular de fondo (mm).

### 3.2.18 Fórmula de Maza y García Flores (1978)

Maza y García Flores elaboraron una ecuación adimensional teniendo en cuenta la velocidad crítica media en cauces no cohesivos e hidrodinámicamente rugosos.

$$h_s = \left( \frac{q}{6.05 * d_m^{0.35}} \right)^{0.87}$$

Donde:

- $h_s$ = Profundidad del agua luego de la erosión en la vertical de la sección (m).  
 $q$  = caudal por unidad de ancho o caudal unitario.  
 $dm$ = Diámetro medio de las partículas que componen el fondo del cauce(m).

### 3.2.19 Socavación local (socavación en curva)

En el extradós o parte externa de las curvas o meandros en un río se presenta una profundización del lecho, observándose profundidades superiores a las que se presentan sobre la parte interna de las curvas, debido al ataque de la corriente y a las

corrientes helicoidales que tienden a transportar el material del fondo desde la parte externa hacia la zona interior de la curva.

### 3.2.20 Método de Bendegom – Nedeco

Este es un método de naturaleza analítico y parte del análisis del flujo en la dirección perpendicular al cauce principal a través de una curva con fondo plano. Al suponer un equilibrio entre la componente de la gravedad a lo largo del lecho actuando sobre un grano esférico de sedimento y la fuerza de la corriente y, tras efectuar un análisis matemático y físico del fenómeno, se obtiene que:

$$\left( \frac{1}{h} - \frac{1}{h_0} \right) = \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{r_0} \right) \frac{A i_0 r_0}{\Delta D}$$

Donde:

- $h_0$  Profundidad del agua en el extradós o margen externa de la curva (i.e., en  $r_0$ )
- $h$  Profundidad del agua en un punto a una distancia  $r$  del centro de la curva
- $r_0$  Radio externo de la curva
- $r$  Radio hasta un punto intermedio del meandro ( $r < r_0$ )
- $i_0$  Pendiente longitudinal del lecho en  $r_0$
- $\Delta$  Gravedad específica del material del lecho ( $\approx 1.65$ )
- $D$  Diámetro medio del material del lecho
- $A$  Coeficiente entre 6 y 20 dependiendo de las condiciones locales

En la ecuación se tienen tres incógnitas:  $h$ ,  $h_0$ ,  $i_0$  para un radio  $r$  seleccionado. El sistema de ecuaciones se complementa con una ecuación de transporte de sedimentos

y la ecuación de continuidad (e.gr., ecuación de Chezy). En la literatura se recomienda que el coeficiente A no salga del rango entre 6 y 20 dependiendo de las condiciones locales y su valor debería ser determinado a partir de un estudio de curvas estables del río. Si no es posible llevar a cabo tal análisis, por lo general se toma A igual 10. Este sistema de 3 ecuaciones con 3 incógnitas puede ser resuelto mediante un proceso iterativo con la ayuda de una hoja electrónica, donde para valores asumidos de la pendiente del lecho  $i_o$  y de la profundidad del agua en el extradós de la curva  $h_o$ , se calculan el caudal líquido y el volumen de sedimentos transportado anualmente por el río en la curva en consideración. La solución se alcanza cuando el caudal de agua y el transporte anual de sedimentos calculados para la sección ideal en la curva coinciden con el caudal líquido y el transporte anual de sedimentos reales en el río.

Finalmente, la socavación a esperar en la curva será la diferencia entre la profundidad en la parte externa de la curva y la profundidad media de la sección ideal calculada por medio de esta ecuación.

### 3.2.21 Método de Altunin

Requiere del conocimiento de las características de las curvas en planta y el tirante de agua máximo aguas arriba de la curva. La máxima profundidad de socavación puede ocurrir en cualquier parte a lo largo de la curva. Pero más frecuentemente se presenta hacia aguas abajo de ella.

$$H_s = \varepsilon \cdot h_m$$

Donde:

- $H_s$       profundidad de socavación medida desde la superficie del agua (m)  
 $\varepsilon$       Coeficiente que depende de la relación  $r_o/B$ . (Tabla 3.6)

$h_m$	tirante de agua máximo durante la creciente en el tramo recto aguas arribade la curva (m)
$r_c$	Radio de curvatura medido al centro del cauce (m)
$B$	Ancho de la superficie libre del agua (m)

Tabla3.6 Coeficientes de Altunin (Cardenas, 2012).

$r_c / B$	$\infty$	6	5	4	3	2
$\mathcal{E}$	1.27	1.48	1.84	2.20	2.57	3.00

### 3.2.22 Socavación local debido a estructuras (Espolones)

Los espolones actúan como deflectoras del flujo, disminuyendo el ancho efectivo del cauce. Las velocidades de la corriente se aumentan y se producen dos tipos de socavación, las cuales deben sumarse:

- Socavación por contracción del cauce, la cual puede calcularse con los sistemas desarrollados para otro tipo de contracciones.
- Socavación local en la en la punta del espolón, la socavación en la punta del espolón depende de la posición del espolón, su forma y su inclinación con respecto a la orilla.

Breusers y Raudkivi recomiendan utilizar la siguiente expresión (Suarez, 2001):

$$y = 2(K_1 * K_2 * K_3) * q^{2/3}$$

Dónde:

$q$  Descarga unitaria en la sección contraída en  $m^3/s$ .

$K_1, K_2, K_3$  Son coeficientes que se obtienen de las Tablas3.7,3.8 y 3.9.

Tabla 3.7 Coeficiente  $K_1$  en la ecuación de Breusers y Raudkivi (Cardenas, 2012).

$\alpha$ Angulo entre el espolón y la orilla (grados)	$K_1$
30	0.8
45	0.9
60	0.95
90	1.0
120	1.05
150	1.5

Tabla3.8 Coeficiente  $K_2$  en la ecuación de Breusers y Raudkivi.(Cardenas, 2012).

Pendiente de la pared del dique	$K_2$
Vertical	1.0
45°	0.85

Tabla3.9 Coeficiente  $K_3$  en la ecuación de Breusers y Raudkivi.(Cardenas, 2012).

$\alpha$ Angulo entre el espolón y la orilla (grados)	$K_3$
30	0.8
45	0.9
60	0.95
90	1.0
120	1.05
150	1.5

+

### **3.2.23 Movimiento de los sedimentos**

Los sedimentos pueden movilizarse en un ambiente fluvial siguiendo tres patrones: carga de lecho movida por tracción, carga de lecho movida por saltación y carga suspendida. Sin embargo, para que el movimiento del sedimento se concrete debe producirse antes el movimiento incipiente de las partículas que puede ser estimado utilizando modelos empíricos como los de Hjulström, Van Rijn, Shields o Visher.

### **3.2.24 Modelo de Hjulström (1935)**

Para el proceso de erosión, transporte y sedimentación son diferentes sectores de cursos fluviales condicionados por el tamaño, densidad y forma de los sedimentos.

El diagrama de Hjulström, relaciona diferentes granulometrías de sedimentos con una velocidad de corriente de agua a las cuales son erosionadas, transportadas y sedimentadas. (Figura 3.5) (Allen, 1965).

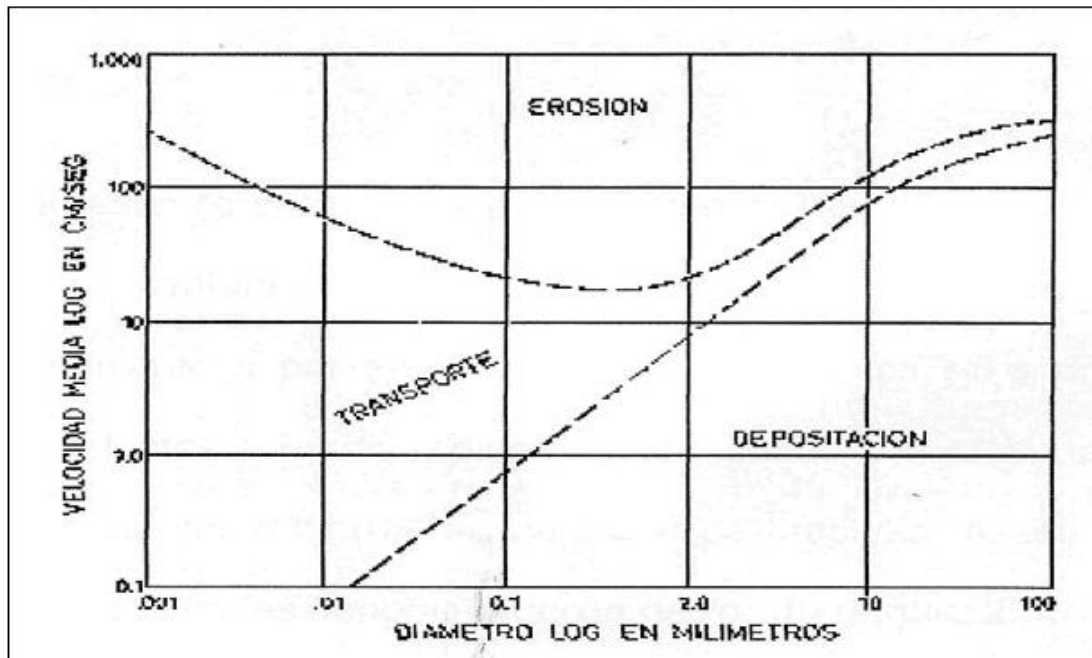


Figura 3.5 Diagrama de Hjulström (1935). (Allen, 1965).

Analizando las curvas de erosión/transporte y transporte/ sedimentación del diagrama se verifica que cada granulometría se comporta de forma distinta a diferentes velocidades de la corriente. (Allen, 1965).

La curva de transporte/sedimentación, pone en evidencia que como aumenta la velocidad, pueden ser transportada de diámetros cada vez mayores, al paso que para una misma granulometría o trabajo de sedimentación realizado aumenta siempre, que la velocidad de corriente disminuye.

Consecuentemente a velocidades de corrientes va disminuyendo o el diámetro de materiales en transporte o depositados va siendo menor. Este fenómeno designa por selección granulométrica esta bien evidenciada en la Figura 3.6. (Reineck y Sing 1981).



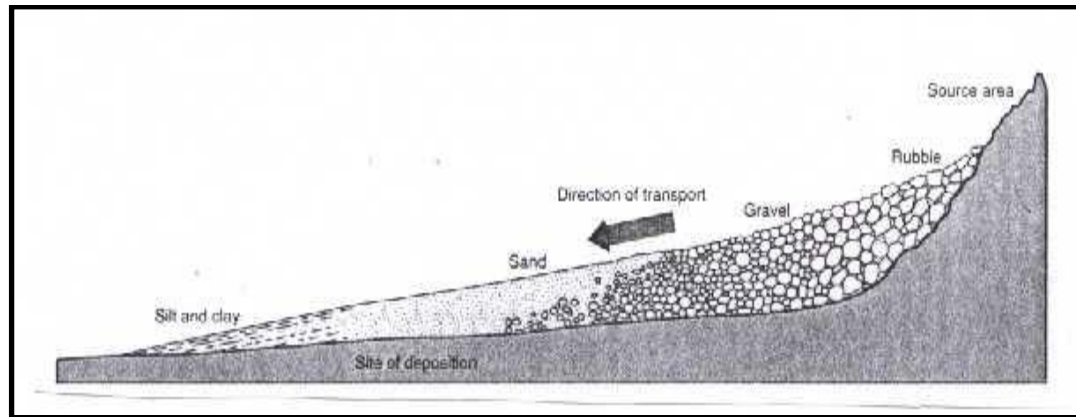


Figura 3.6 Perfil longitudinal de un río, evidenciando una selección granulométrica (Reineck y Sing 1981).

Otro tipo de material seleccionado a lo largo de los ríos y su separación por densidades. En este caso los materiales se van sedimentando siempre que el agua tenga la capacidad para mantenerlas en movimiento. De esta forma, se originan algunas concentraciones de minerales de interés económico como: oro, plata, etc. Un curso superior o medio de los ríos, independientemente de su diámetro. (Reineck y Sing , op. cit).

Analizando la curva de erosión/transporte del diagrama de Hjulström se verifica claramente que para el arranque de partículas de los márgenes del lecho es necesario una velocidad de corriente superior que se requiere para transportar y sedimentar. (Reineck y Sing , op. cit).

Por otro lado, se puede verificar que para sedimentos de dimensiones pequeñas existe una excepción en una recta para observar una subida en la curva del lado izquierdo del diagrama.

Este muestra que para los sedimentos más finos, la arcilla requiere una velocidad de corriente mayor para provocar erosión en las arenas. Este fenómeno se debe

principalmente a la forma de las partículas arcillosas y a las fuerzas electrostáticas entre ellas. (Reineck y Sing , op. cit).

Las cargas eléctricas de la superficie de las partículas provocan una atracción entre ellas, dando origen a una masa cohesiva que resiste la erosión. Algunas dimensiones, densidades y formas de los sedimentos también determinan el tipo de transporte efectuado. Una carga solida transportada por un curso de agua puede ser así mismo subdividida en carga de fondo, carga de suspensión y carga de saltación. Una carga de fondo constituye sedimentos gruesos y densos que son transportados sobre o próximos al lecho del río e influye el transporte por tracción y saltación. Un transporte por tracción sobre el fondo del lecho puede ser subdividida en dos tipos: rodamiento y arrastre causando una forma de sedimento, redondeada o laminar respectivamente. Una carga de suspensión constituida por sedimentos como las arcillas, que son suficientemente pequeñas para permanecer en suspensión indefinidamente por turbulencia de agua. Una apariencia lodosa de un curso de agua durante una intensa precipitación, por ejemplo: una elevada cantidad de carga en suspensión.(Silva y Alcala, 2005)

Una saltación es un tipo de transporte que se desarrolla generalmente de sedimentos arenosos y se caracteriza por una serie de saltos sobre el lecho del río. Constituye así mismo, un transporte intermedio entre tracción y suspensión.(Figura 3.7).

Una carga de solución comprende disoluciones tales como: sodio, calcio, potasio, bicarbonato, cloro, etc., provenientes de procesos de meteorización química.

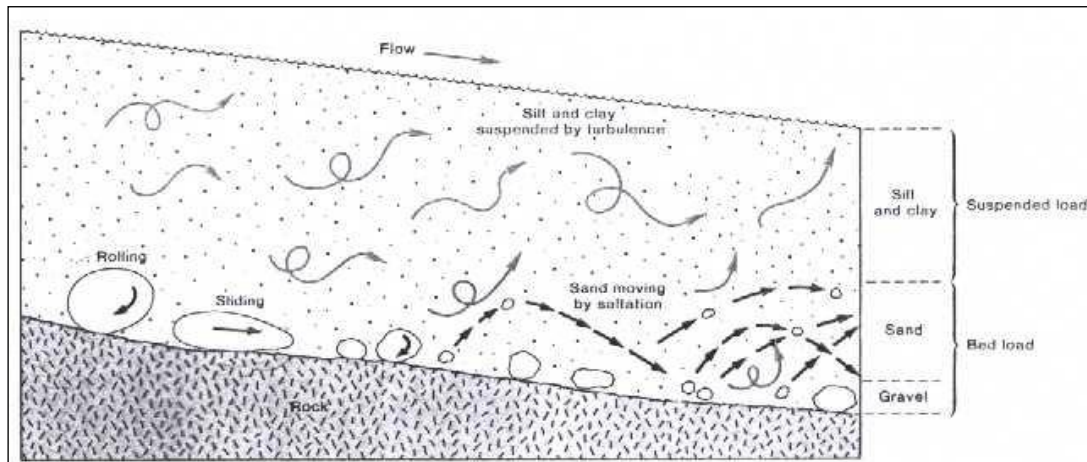


Figura 3.7 Tipos de transporte de los sedimentos de un río. (Reineck y Sing 1981).

### 3.2.25 Modelo de Van Rijn (1989)

La ecuación de Van Rijn fue derivada a través de análisis teóricos y verificada con datos de laboratorio y de campo utilizando sedimentos uniformes con diámetros de partículas comprendidos entre 0.2 mm y 2 mm. En el presente estudio se modificó la versión simplificada de la ecuación de transporte de fondo, mediante la corrección de la velocidad media crítica de cada partícula:

$$\frac{T_i}{Q} = \alpha_{vr} f_i \left[ \frac{u - u_{ci}^{corr.}}{\sqrt{(s-1)g d_i}} \right]^{2.4} \left( \frac{d_i}{h} \right)^{1.2} \quad (3.2)$$

Donde:  $\alpha_{vr}=0.005$  y la velocidad media crítica corregida para la clase i-esima se expresa como:

$$u_{ci}^{corr.} = u_{ci} \sqrt{\xi_{ci}} \quad (3.3)$$

Con una velocidad media crítica determinada mediante la curva de movimiento incipiente para sedimentos uniformes de Ackers y White y el factor de fricción de Van Rijn. El coeficiente de protección-exposición propuesto adopta la siguiente forma simplificada (Yang, 1996):

$$\xi_{ci} = (d_i/d_m)^{-b}, \text{ con } b=0.8. \quad (3.4)$$

### 3.2.26 Modelo de Shields

Shields (1936), formuló que tenía mucha dificultad la expresión analítica de la acción de las fuerzas de partículas en los sedimentos. El explicó el análisis dimensional para determinar algunos parámetros dimensionales y estableció el conocido diagrama para movimiento incipiente (Yang, 1996).

Los factores más importantes para la determinación del movimiento incipiente son: esfuerzo cortante ( $\tau$ ), la diferencia de densidad entre el sedimento y el fluido ( $\rho_s - \rho_f$ ), el diámetro de la partícula ( $d$ ), la viscosidad cinemática ( $\nu$ ), y la aceleración de gravedad ( $g$ ). Estas cinco cantidades pueden ser agrupadas en dos ecuaciones dimensionales las cuales son:

$$d \frac{(\tau / \rho_f)^{1/2}}{\nu} = \frac{d U^*}{\nu} \quad (3.5)$$

Y

$$\frac{\tau}{d (\rho_s - \rho_f) g} = \frac{\tau}{d \gamma [(\rho_s - \rho_f) - 1]} \quad (3.6)$$

Donde:

$\rho_s$  y  $\rho_f$  = Densidad del sedimento y fluido respectivamente.

$\gamma$  = Peso específico del agua.

$U^*$  = Velocidad cortante.

$\tau$  = Esfuerzo critico cortante al movimiento inicial.

La relación entre estos parámetros es determinada experimentalmente. La Figura 3.8 muestra el resultado obtenido por Shields y otros investigadores para determinar el movimiento incipiente. (Yang, 1996).

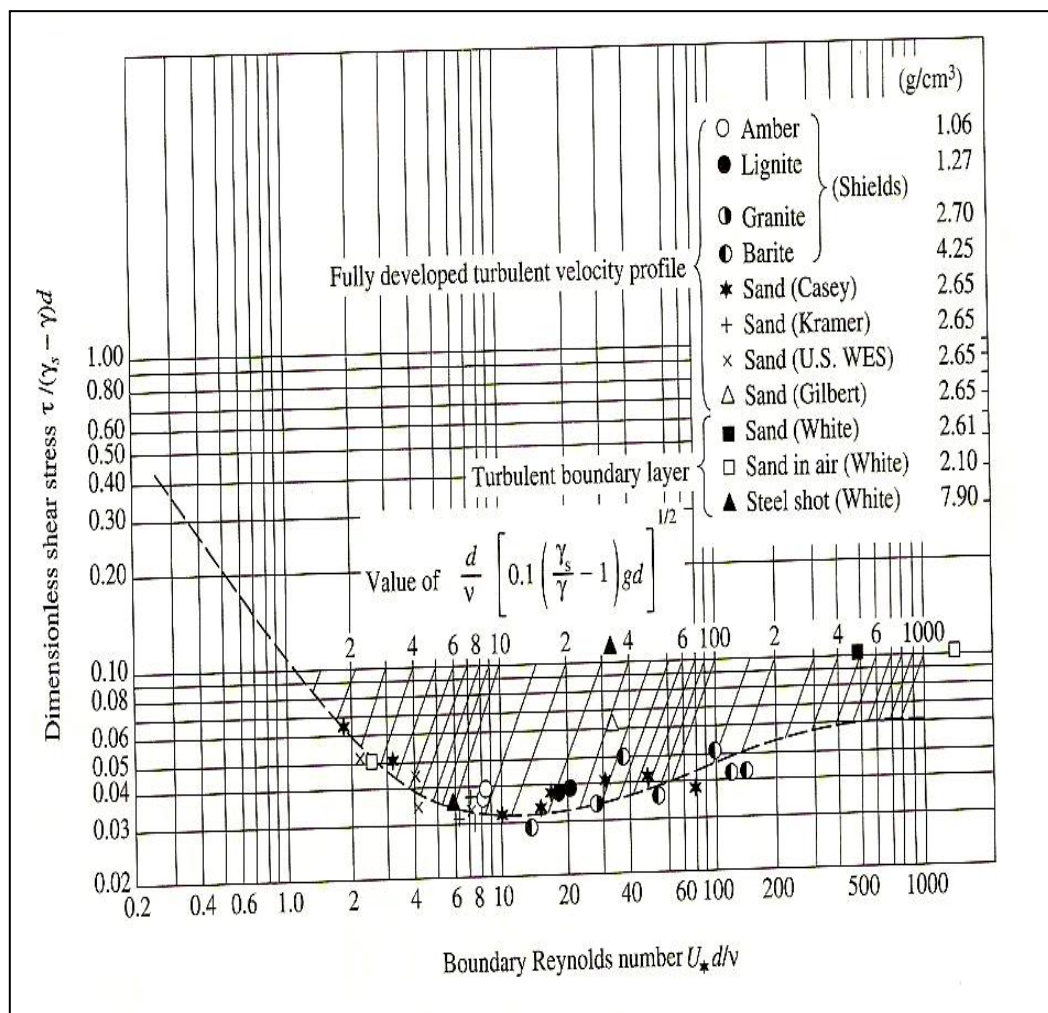


Figura 3.8

Un punto por encima de la curva, representa que la partícula está en movimiento. Un punto por debajo de la curva representa que el flujo es incapaz de mover la partícula. En muchos experimentos Shields midió varios valores de  $\tau / [d (\rho_s - \rho_f) g]$ , con valores mayores, menores, dobles como críticos y extrapolando el punto de sedimento de descarga. Este método indirecto puede ser usado para evitar la dificultad de la condición precisa en la cual la partícula del sedimento debe estar en movimiento. Aunque el diagrama de Shields ha sido muy usado por los ingenieros como el criterio del movimiento incipiente de las partículas de sedimento, no es considerable satisfactorio para poder ser el fundador de este método en la literatura (Yang, 1996).

### **3.2.27 Método de Visher**

Estas curvas de frecuencia acumulativa, deben ser derivadas de los análisis de laboratorio en cuanto a ensayos para la determinación de la distribución granulométrica de las muestras de sedimentos analizadas; según las normas de calidad y especificaciones. En la Figura 3.10 se muestra la forma de las curvas de frecuencia acumulativa en estos flujos.

Se puede decir que la velocidad de la corriente en una sección dada de cauce no es uniforme en todos sus puntos, pues el agua en contacto con el fondo, las paredes sufren retardo por fricción.

Estas características son de gran importancia tanto en el tipo de sedimento que puede ser transportado, así como las estructuras que se desarrollan sobre los materiales del fondo. Tratando de explicar gráficamente la relación existente entre el tamaño del grano de las partículas transportadas (según las clasificaciones internacionales), y la velocidad de transporte de las mismas; se desarrollan estudios geológicos donde algunos geólogos pueden inferir las velocidades de sedimentación de corriente antiguas desde el tamaño de granos en rocas sedimentarias.

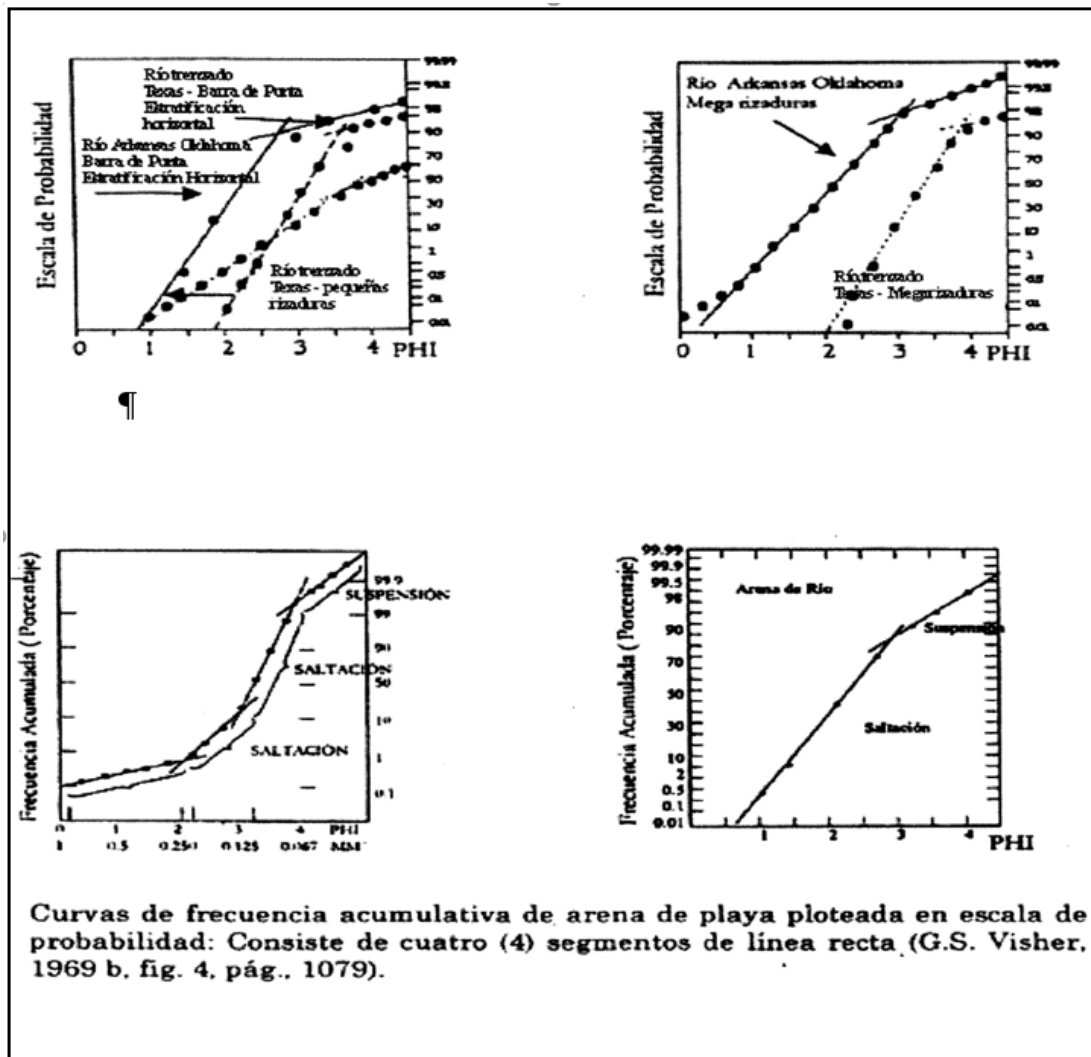


Figura 3.9 Representación de curvas de la distribución de tamaño de grano en depósitos fluviales y marinos (Modificado de Visher, 1969 en Contreras 1992).

### 3.3 Bases legales

#### 3.3.1 Ley de aguas

Existen numerosas normas, decretos y leyes que forman parte del actual marco legal vigente de la República Bolivariana de Venezuela que tienen relación con la

investigación que se trata en este documento, sin embargo, se considera que la Ley de Aguas tiene especial identificación con el tema tratado.

Artículo 18.- El manejo de las aguas comprenderá la conservación de las cuencas hidrográficas, mediante la implementación de programas, proyectos y acciones dirigidos al aprovechamiento armónico y sustentable de los recursos naturales. La conservación de las cuencas hidrográficas considerará las interacciones e interdependencias entre los componentes bióticos, abióticos, sociales, económicos y culturales que en las mismas se desarrollan.

### **3.3.2 Ley Orgánica de Espacios Acuáticos**

También es de importante impacto en el tema tratado en esta investigación es la Ley Orgánica de espacios acuáticos:

Artículo 68. La promoción y ejecución de la investigación científica en los Espacios Acuáticos, Insulares y Portuarios deberán ajustarse a los lineamientos del Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y del Plan Nacional de Desarrollo del Sector Acuático. La realización de proyectos o actividades de investigación científica por parte de personas naturales o jurídicas, podrá ser negada por los órganos competentes, cuando:

1. El proyecto guarde relación directa con la exploración o explotación sostenible de los recursos naturales, entrañe perforaciones, utilización de explosivos o la introducción de sustancias o tecnologías que puedan dañar el ambiente marino.

2. Involucre la construcción, el funcionamiento o la utilización de las islas artificiales, instalaciones, estructuras y dispositivos, cualesquiera sea su función.



3. Sea contrario al interés nacional.

4. Obstaculice indebidamente actividades económicas que la República Bolivariana de Venezuela lleve a cabo con arreglo a su jurisdicción y según lo previsto en la ley.

#### Autorización

Artículo 69. Las investigaciones científicas a ser realizadas en los espacios acuáticos de la República Bolivariana de Venezuela, deberán contar con la autorización correspondiente de los organismos competentes, los cuales en el ejercicio de sus atribuciones coordinarán la procedencia de la misma, de conformidad con la ley.

### **3.4 Definición de términos teóricos básicos**

#### **3.4.1 Barras**

Las barras son sedimentos típicos de un río con meandros que se forman por migración lateral del meandro, ya sea en una llanura aluvial o en una llanura deltaica. (Rodríguez y Ferrer, 1998).

#### **3.4.2 Los sedimentos gruesos (arenas y grabas)**

Son transportados por tracción sobre el fondo, se desplazan manteniendo contacto con el fondo del cauce bien sea por rodamiento, deslizamiento o por saltación. (Rodríguez y Ferrer, op. cit).

#### **3.4.3 Carga de fondo**

Es un conjunto de materiales transportados. (Rodríguez y Ferrer, op. cit).

### 3.4.4 Carga en suspensión

Fracción de materia que se sitúa en el toque de las barras y las orillas (depósito de desbordamiento). (Rodríguez y Ferrer, op. cit).

### 3.4.5 Caudal

Definida como el volumen de agua que atraviesa una sección transversal de la corriente por unidad de tiempo. Se expresa en metros cúbicos por segundo, la carga se puede obtener utilizando la velocidad y multiplicándola por el área A de la sección transversal que expresado en forma de la ecuación es:

$$Q = A * V \dots\dots\dots(3.7)$$

Donde:

Q= Caudal

A= Área de la sección (Chow, 1994).

### 3.4.6 Estructuras

Depositación y orden de las partes de la corteza, es decir, los diferentes plegamientos de la corteza. En el sentido geológico se habla de estructuras macizas, sedimentarias, plegadas, falladas, etc. (Rodríguez y Ferrer, op. cit).

### 3.4.7 Número de Froude

Cuando el flujo es descrito como supercrítico  $Fr > 1$  y cuando se describe como subcrítico  $Fr < 1$ . (Rodríguez y Ferrer, op. cit).

### **3.4.8 Patrón de drenaje**

Define la configuración que ofrece el canal o el conjunto de estos, cuando se observa el mapa, vistas o fotos aéreas. (Rodríguez y Ferrer, op. cit).

### **3.4.9 Saltación**

Es un tipo de transporte que se desarrolla generalmente de sedimentos y se caracteriza por una serie de saltos sobre el lecho del río. (Rodríguez y Ferrer, op. cit).

### **3.4.10 Sedimentos finos (arenas finas, limos y arcillas)**

Son transportados, en suspensión, es decir mantenidas por elementos ascendentes del flujo en los turbulentos remolinos de la corriente, superponiéndose verticalmente (agradación). (Rodríguez y Ferrer, op. cit).

### **3.4.11 Suelo**

Se puede definir como el material no consolidado o semiconsolidado compuesto de la mezcla de partículas de diferentes tamaños, minerales, compuestos litológicos, cantidades y clases de materias orgánicas. Los cuales se encuentran sobre la superficie terrestre como son: guijarros, arenas, limos, arcillas, materiales turbosos, etc. La capa superficial de la tierra rica en material orgánico, se designa con el nombre de capa vegetal. Los suelos derivan de las rocas que por los procesos geológicos (tectonismo) originan que la roca sea fracturada o plegada luego por los procesos de alteración se originan los suelos. (Rodríguez y Ferrer, op. cit).

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA DE TRABAJO**

#### **4.1 Tipos de investigación.**

Hernández, Fernández y Baptista (2003), sostienen que “los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis”. Esta investigación es del tipo investigación descriptiva, ya que realiza una caracterización de las condiciones hídricas, sedimentarias y de la socavación que se produce en el cauce y taludes del río Caris en el municipio Independencia del estado Anzoátegui, Venezuela.

#### **4.2 Diseño de la investigación.**

De acuerdo con la manera de enfocar el problema y las estrategias o métodos aplicados en el mismo para lograr los objetivos, se puede afirmar que el diseño de la investigación es de campo, debido a que consistirá en la recolección de datos directamente del sitio donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna, y documental porque requiere del análisis de la información de carácter hidrológico medida y registrada por Ministerio del Ambiente.

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.

Parella y Martins, (2010), 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, tales como las muestras de suelos, las mediciones batimétricas, las observaciones de la vegetación y del relieve, entre otras.

### **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, 2006).

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, del talud derecho descendente y de la ribera del tramo en estudio del río Caris, así como también las características del flujo presentes.

#### **4.3.2 Muestra de la investigación**

La muestra es un “subconjunto representativo de un universo o población.” (Morlés, 1994).

Sin embargo, no todas las muestras resultan útiles para llevar a cabo un trabajo de investigación. Lo que se busca al emplear una muestra 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 muestras representativas. (Galtung, 1971).

La muestra de la presente investigación será considerada no probabilística u opinática (a juicio del investigador). Tal decisión obedece a la dificultad e imposibilidad físico y económica que implicaría la toma, traslado y análisis de una cantidad de muestras de suelos del cauce y del talud de la ribera derecha del río, que permitan considerar la investigación como probabilística. Dicho esto, se establece la toma de cuatro (4) muestras que permitirán la caracterización textural de los materiales del lecho y del talud.

Asimismo, se deciden las mediciones del cuerpo de agua en función de las dimensiones de la sección transversal de control frente y aguas arriba del talud objeto de estudio, y en este caso, se ratifica la naturaleza no probabilística de la investigación por cuanto se hace evidente la imposibilidad física de tomar medición continua (de velocidad de la corriente y del caudal), en tiempo y espacio, de las características del flujo bifásico que se moviliza en este tramo del río.

#### **4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

##### **4.4.1 Técnicas 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 con 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.

##### **4.4.1.1 Observación directa.**

Tamayo, (2006), 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.

#### **4.4.1.2 Revisión literaria**

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, (2006): “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”.

#### **4.4.1.3 Entrevistas no estructuradas**

La realización de entrevistas es una técnica de recolección muy significativa, a través de ésta se obtendrá información valiosa y de interés, permitiendo aclarar las dudas existentes sobre el tema en estudio.

Tal como lo expresa Sabino, (2006): “de un modo general una entrevista no estructurada, es aquella en la que no existe una estandarización formal, habiendo por lo tanto un margen más o menos grande de libertad para formular las preguntas y las respuestas”.

Éstas serán realizadas a habitantes del sector en estudio, a profesionales calificados, específicamente ingenieros civiles, ingenieros geólogos y cualquier otra persona que pueda brindar algún tipo de asesoría en cuanto a las condiciones de la ribera del río.



#### 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:

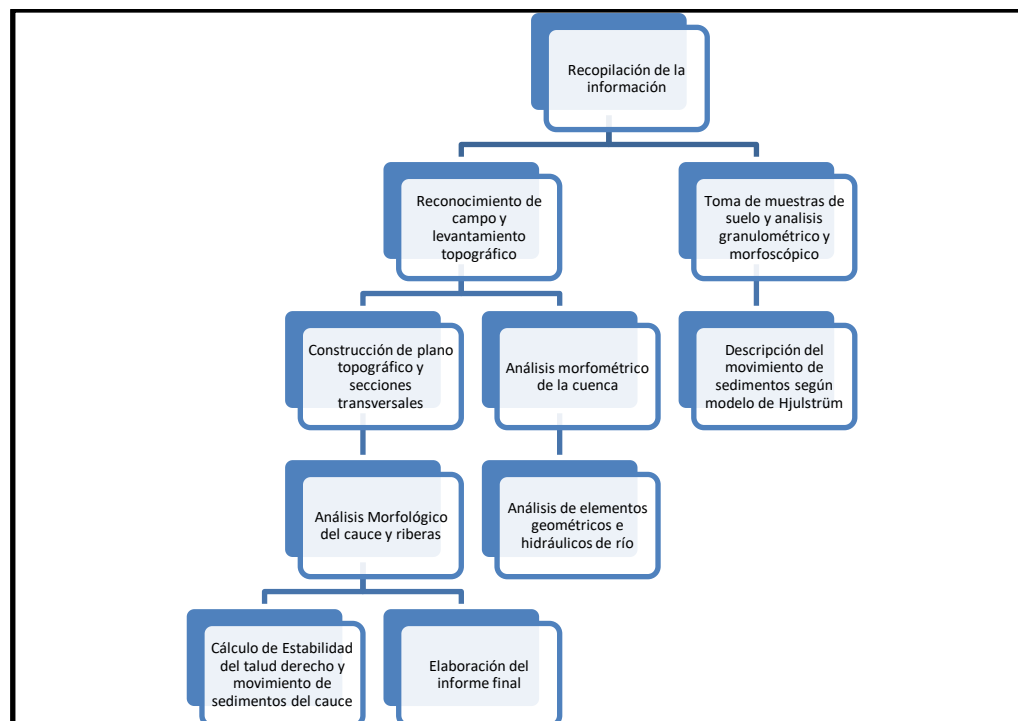


Figura 4.1 Flujograma de la investigación.

#### 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. 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 Caracterización actual de los taludes de las riberas del río Caris en el tramo evaluado**

Se efectuará el reconocimiento en campo de las condiciones en que se encuentran los taludes de las riberas del río Caris en la zona evaluada.

#### **4.6.3 Caracterización textural de los sedimentos**

En primer lugar, se efectuará un muestreo de los materiales del lecho del río Caris. Posteriormente se les realizará los análisis de laboratorio respectivos para obtener su distribución granulométrica mediante un análisis granulométrico por tamizado y la forma de las partículas mediante un análisis morfooscópico.

#### 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 el Modelo Digital de Elevaciones ASTER (ASTER GDEM) el cual es un modelo digital de elevaciones global generado a partir de imágenes del sensor *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer* (ASTER) a bordo del satélite Terra propiedad de la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) y el modelo digital fue desarrollado en colaboración con la Agencia de Exploración Aeroespacial Japonesa (JAXA). Este Modelo Digital del Terreno ASTER fue procesado utilizando la aplicación computarizada QGIS lo cual permitió la obtención de los mapas de pendientes, de curvas de nivel, de drenajes y determinar los parámetros morfométricos relevantes de la cuenca en el área de estudio.

ASTER GDEM tiene una resolución espacial de 30 metros, lo que significa que cada pixel del modelo representa un área de 30 metros cuadrados en la superficie de la Tierra. La precisión del modelo varía según la región, pero en general es de aproximadamente 10 metros.

Adicionalmente, esta data y parámetros morfométricos se validaron mediante estimaciones manuales y analógicas utilizando para ello las cartas de la serie 7441 de escala 1:100000 y 1:25000 emitidas por el Instituto Geográfico de Venezuela “Simón Bolívar” (antes 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, cinta métrica y jalón apoyado en puntos cuyas coordenadas se determinarán con GPS (marca Garmin, modelo etrex). 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 del río (denominadas secciones transversales) y separadas entre 20 y 30 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.

#### **4.6.5 Modelamiento de los flujos y del movimiento de los sedimentos**

En vista de que los sedimentos solo se movilizarán cuando por el río fluya agua con una velocidad que proporcione la energía suficiente, se determinará el caudal que aportará la cuenca mediante la aplicación del método del hidrograma unitario triangular considerando las curvas de Intensidad – duración y frecuencia de las precipitaciones presentadas por el MOP (1963) en Arocha, S (2012). Luego con las características geométricas del cauce y el caudal se efectuará el modelamiento hidráulico de los flujos con el programa HEC RAS lo cual permitirá posteriormente simular el movimiento de los sedimentos utilizando el modelo matemático de Hjulström.

#### **4.6.6 Estimación de la estabilidad del talud derecho descendente**

Finalmente, conocidas las condiciones del flujo y de los sedimentos, se podría determinar las condiciones de estabilidad del talud de la ribera derecha descendente mediante la ayuda de la aplicación computarizada GEO 5 el cual utiliza los criterios de varios autores tales como: Bishop, Fellenius, Spencer, Janbu, Morgestern - Price.

## **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 Descripción de las condiciones actuales de los taludes del tramo evaluado de la cuenca media del río Caris**

El tramo evaluado presenta características de alineación recta con leve tendencia a la sinuosidad. En dicho sector se puede observar, en la ribera derecha descendente, taludes de aproximadamente 3 a 4 m de altura que se extienden unos 100 m aproximadamente, con una inclinación entre 50° y 80° aproximadamente. Por otra parte, en la ribera izquierda descendente, se observan terrazas aluviales que separan el flujo del río de terrenos anegadizos cubiertos por el bosque de galería.

Los taludes muestran tres estratos diferenciados: en la parte superior, la capa vegetal (compuesta de humus, arena fina, residuos vegetales, etc.) tiene un espesor que oscila entre los 0 y 30 cm aproximadamente. La segunda capa, que se extiende hasta una profundidad de 2,5 m, constituida por arenas medias consolidadas de color marrón claro amarillento. Finalmente, el tercer estrato de color marrón oscuro, se extiende desde los 2.5 m hasta una profundidad que supera el nivel del agua. Es decir, que gran parte del mismo se encuentra saturado por encontrarse bajo el nivel del agua. Cabe destacar, que este último estrato, muestra evidencias, en su parte inferior, de la socavación producida por efecto de las corrientes fluviales.

Todos los estratos, a excepción de la capa vegetal, se muestran como capas competentes y consolidadas que pueden constituir taludes con ángulos casi verticales sin que se ponga en peligro la integridad física de dicho talud. Sin embargo, los efectos de la socavación producida, por el flujo del agua del río Caris, sobre el horizonte estratigráfico que está en la parte inferior del talud, ocasiona que la pérdida de sustentación de los estratos superiores, colapsen o se desplomen por gravedad dentro de la corriente fluvial (Figura 5.1).

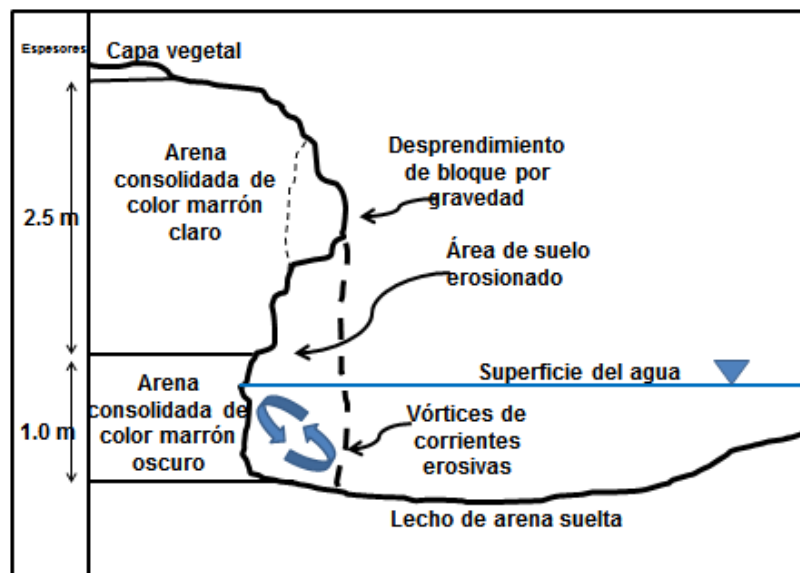


Figura 5.1 Esquema de proceso de socavación en el talud de la ribera derecha descendente del tramo evaluado de la cuenca media del río Caris.

## 5.2 Caracterizar geotécnicamente los sedimentos constituyentes de los taludes erosionados y del cauce del río Caris

Para la determinación de las características de los parámetros texturales de los materiales del lecho del tramo estudiado del río Caris, se tomaron cuatro (4) muestras (dos de ellas en los taludes erosionados y dos en el centro del cauce del río) utilizando como guías las secciones transversales topográficas medidas (Tabla 5.6). Cada una de

las muestras fue envasada, etiquetada y transportada al laboratorio de Hidráulica y Mecánica de los fluidos de la Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Oriente. Una vez ingresadas las muestras se les realizó análisis granulométrico según la norma ASTM D-421 y ASTM D-422 y análisis morfométrico de las partículas para determinar la redondez o angularidad de las mismas respectivamente.

Tabla 5.1 Coordenadas de ubicación de las muestras de suelos.

Muestra	Coordenadas UTM		Observación
	Este	Norte	
1	406987,44	930918,58	Muestra del talud
2	406985,88	930967,12	Muestra del centro del cauce
3	407006,66	930991,95	Muestra del centro del cauce
4	407007.18	931043,55	Muestra del centro del cauce

Para la toma de las muestras se requirió de los siguientes materiales, herramientas y equipos para la recolección de muestras:

- a. GPS,
- b. bolsas plásticas
- c. cinta métrica
- d. Palas
- e. marcadores de tinta indeleble
- f. cinta adhesiva.
- g. Libreta de campo
- h. Cámara fotográfica

En las representaciones gráficas mostradas en la figura 5.3, derivadas a partir de las tablas B1 hasta la B4 (Apéndice B), se presentan las curvas granulométricas resultantes de los ensayos granulométricos (por vía mecánica) efectuados a todas las muestras. Cabe destacar que en todas las muestras, se observó un comportamiento

similar, que los materiales predominantes del cauce son arenas con un  $D_{10}= 0,17$  mm,  $D_{30}= 0,25$  mm,  $D_{50} = 0,36$  mm, y  $D_{60}=0,50$  mm aproximadamente.

De acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el Coeficiente de Uniformidad (Cu) será 2,94 y el Coeficiente de Concavidad (Cc) será de 0,73, de lo cual se deduce que las muestras se corresponden con arenas mal gradadas (SP).



Figura 5.2 Tamizado de muestras de suelos.



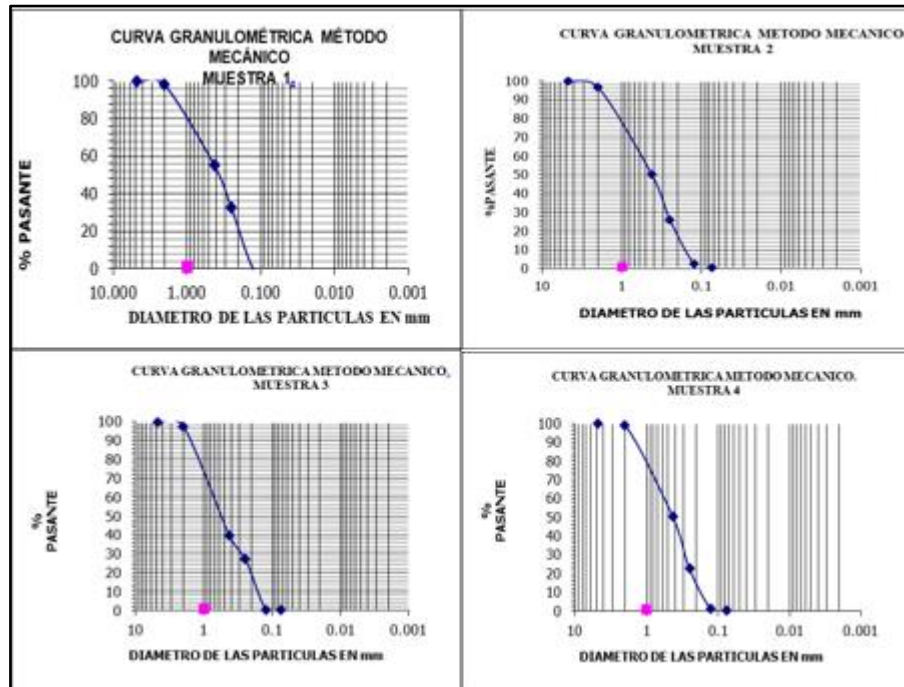


Figura 5.3 Curvas de distribución granulométrica de las muestras 1, 2, 3 y 4.



Figura 5.4 Proceso de análisis granulométrico de las muestras.

Seguidamente, se presentan los resultados del análisis morfosκόpio de las partículas en la Figura 5.5. Cabe destacar que los análisis indican que las muestras colectadas en el tramo en estudio de la cuenca media del río Caris presentan formas predominantemente sub-redondeadas y redondeadas de lo cual se puede inferir que los sedimentos han sufrido de moderado a elevado transporte.

Es necesario acotar que debido a la naturaleza predominantemente cuarzosa de las partículas que integran los sedimentos del lecho del cauce del tramo evaluado de la cuenca media del río Caris (lo cual es observable macroscópicamente), se puede inferir por el nivel de re-trabajo (abrasión) que ha sufrido la superficie de cada partícula hasta lograr formas redondeadas, que la fuente de dichos sedimentos no se encuentra cercana a la zona de estudio.

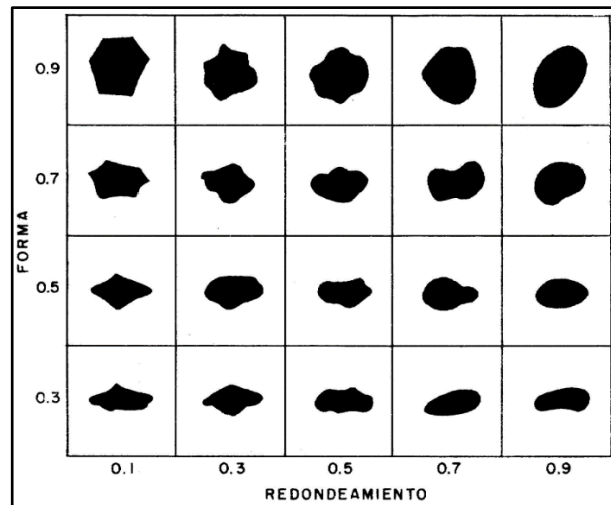


Figura 5.5 Análisis morfoscópico de las muestras de suelo.

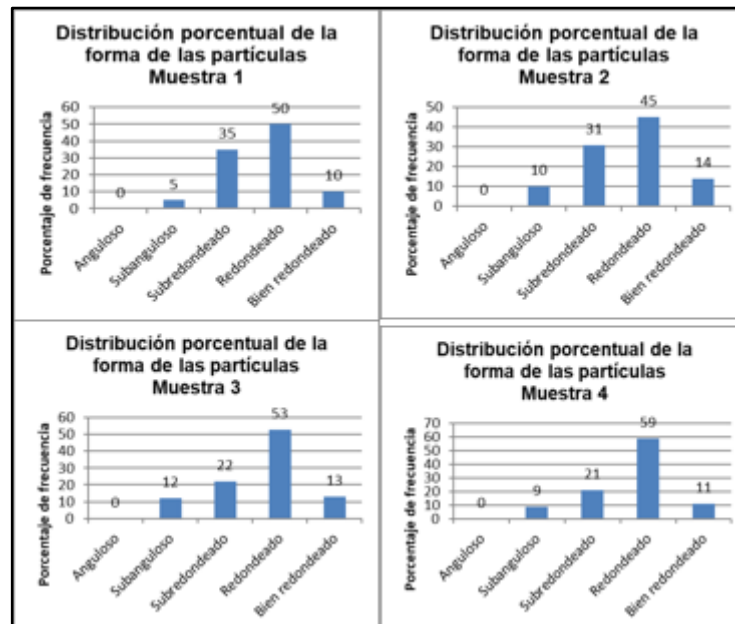


Figura 5.6 Distribución porcentual de la forma de las partículas de las muestras 1, 2, 3 y 4.

### 5.3. Describir la geomorfología de la cuenca del río Caris en el área en estudio

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, entre los tipos de relieve predominantes se destaca la llanura de inundación.

Basándose en la gráfica de la cuenca del río Caris, la cual fue delimitada hasta el área de estudio utilizando el programa Global Watershed y posteriormente procesada con el programa QGIS se obtuvo el mapa mostrado en la figura 5.7.

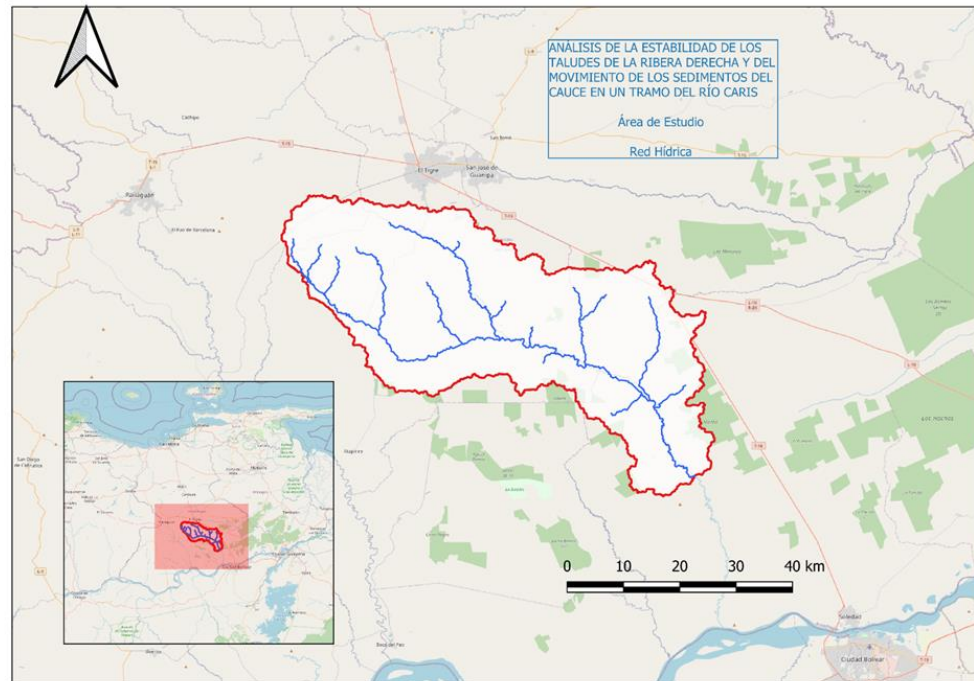


Figura 5.7 Cuenca del río Caris hasta la zona de estudio.

Las llanuras de las planicies que bordean el río Caris son de carácter eventualmente inundable durante el período de lluvias, cuando esto ocurre el líquido se torna de un color marrón claro debido a la carga de sedimentos en suspensión que viajan pendiente abajo, en época de sequía el río mantiene someras profundidades de agua dejando en evidencia aguas claras que permiten observar su lecho plano a lo largo de todo el tramo en estudio.

El movimiento de los sedimentos y la erosión o depositación en el lecho del río Caris depende en gran parte de las condiciones climáticas, es por ello que este río se encuentra en un constante cambio, no solamente cambios estacionales como sequías y lluvias, también cambios de mediano y largo plazo.

Con el Modelo Digital de Elevaciones ASTER se construyó el mapa de drenajes que permite validar el archivo shapefile generado por Global WaterShed donde también se puede visualizar el drenaje (Figura 5.8).

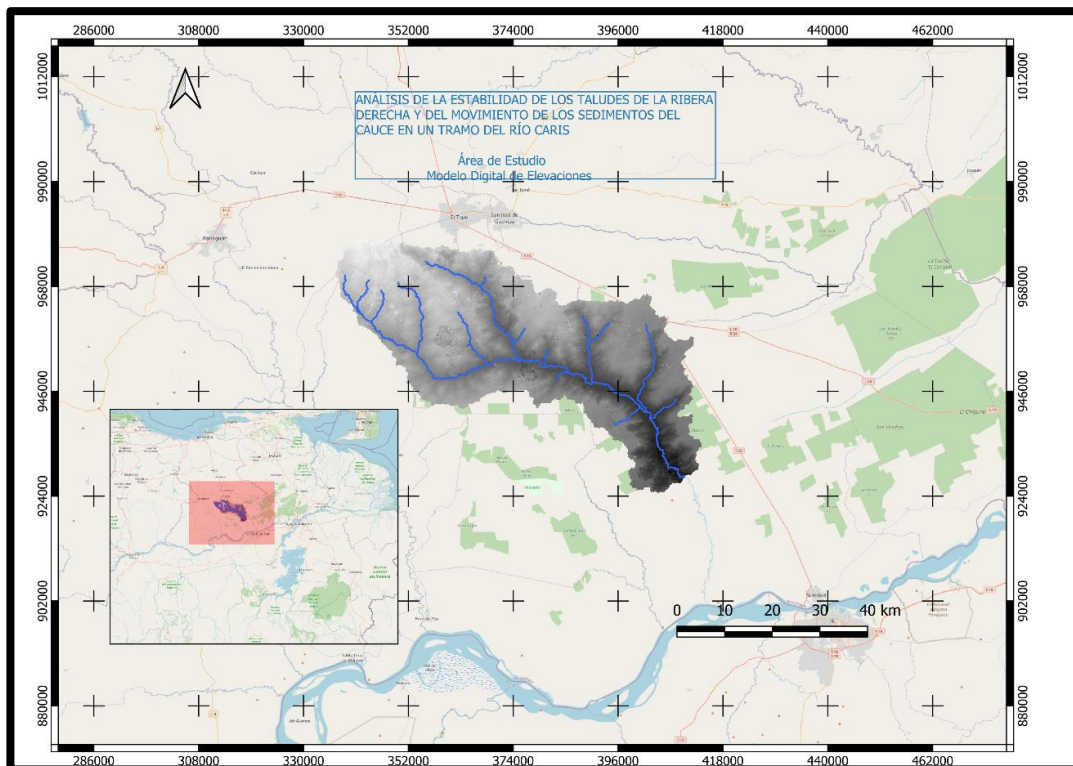


Figura 5.8 Modelo Digital de Elevaciones y red de drenajes de la cuenca del río Caris hasta el área de estudio.

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, formando dos tipos de depósitos: depósito de canal, compuestos de materiales gruesos que el río puede mover o transportar durante los períodos de máxima capacidad de las corrientes, incluye gravas, material vegetal y lodo que se erosiona de las paredes del canal y depósito de planicies de inundación, constituidos por sedimentos finos depositados por suspensión a partir

de las aguas que inundan la planicie adyacente al canal estos depósitos tienden a desarrollar poco espesor.

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 (Figuras 5.7, 5.8 y 5.9).

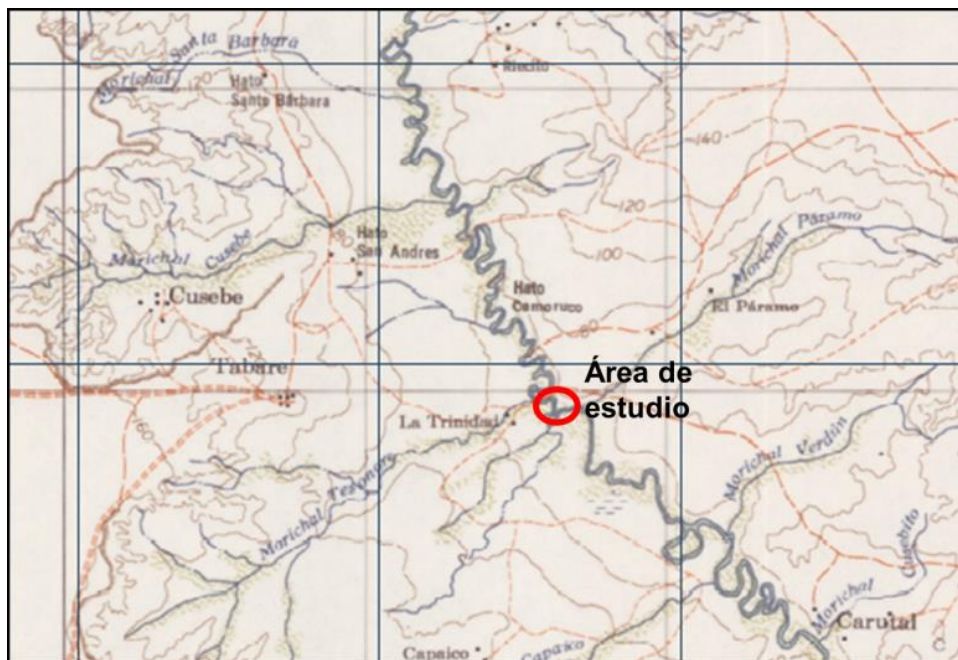


Figura 5.9 Naturaleza meandrante y dendrítica del río Caris en las adyacencias del área de estudio. (IGVSB, 2010).

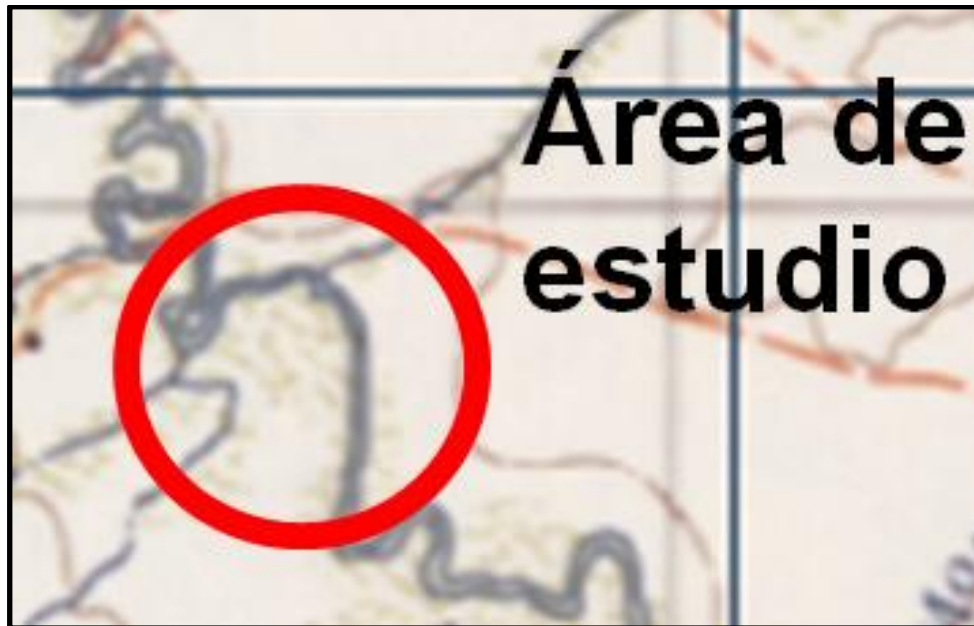


Figura 5.10 Tramo recto a sinuoso entre los tramos de meandros del río Caris (IGVSB, 2010).



Figura 5.11 Imagen de satélite landsat de la cuenca media del río Caris, se observa drenaje dendrítico (Google Earth Pro, 2023).

La caracterización del relieve se hizo posible con base a la generación del mapa de curvas de nivel (Figura 5.10) producido en el programa QGIS mediante el procesamiento del modelo digital de elevaciones ASTER descargado previamente.

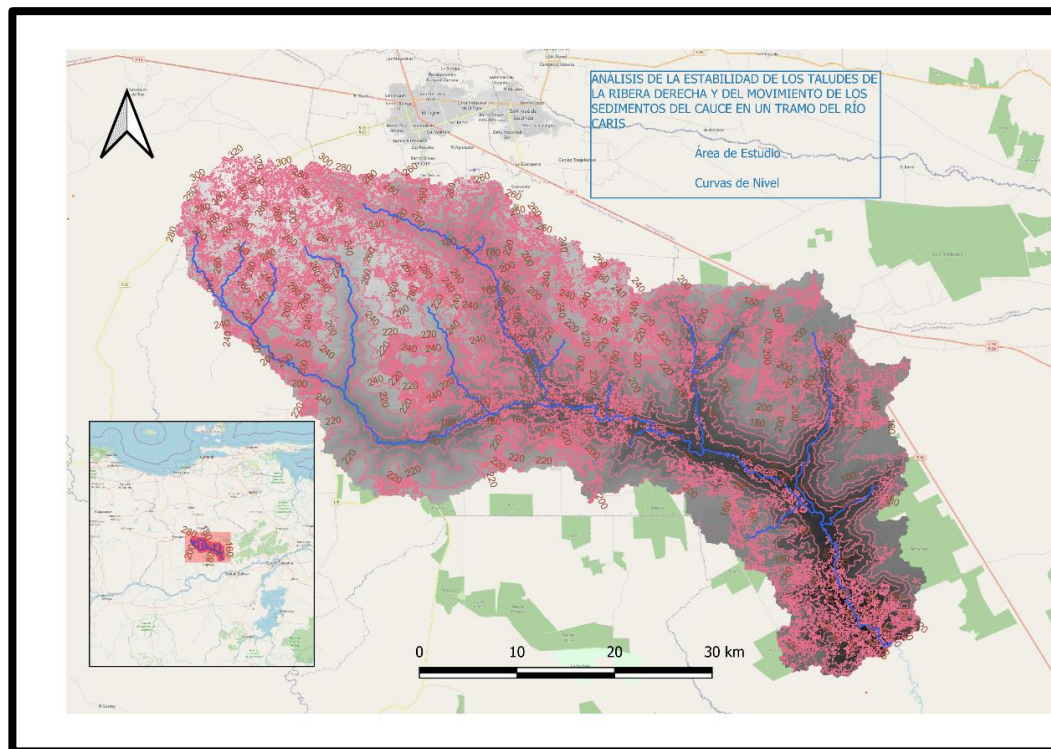


Figura 5.12 Mapa de curvas de nivel del área de la cuenca del río Caris.

También se desarrolló, con el programa QGIS, el mapa de pendientes de la cuenca media y alta del río Caris, en el cual se puede visualizar que las pendientes varían entre 0 y 46 grados; también cabe destacar que se observan extensas áreas con zonas de pendientes planas identificadas con color rojo y otras zonas con alta variabilidad entre las tonalidades rojas, amarillo y blanco que indican cambios de pendiente entre los 0 y 20 grados (Figura 5.11).



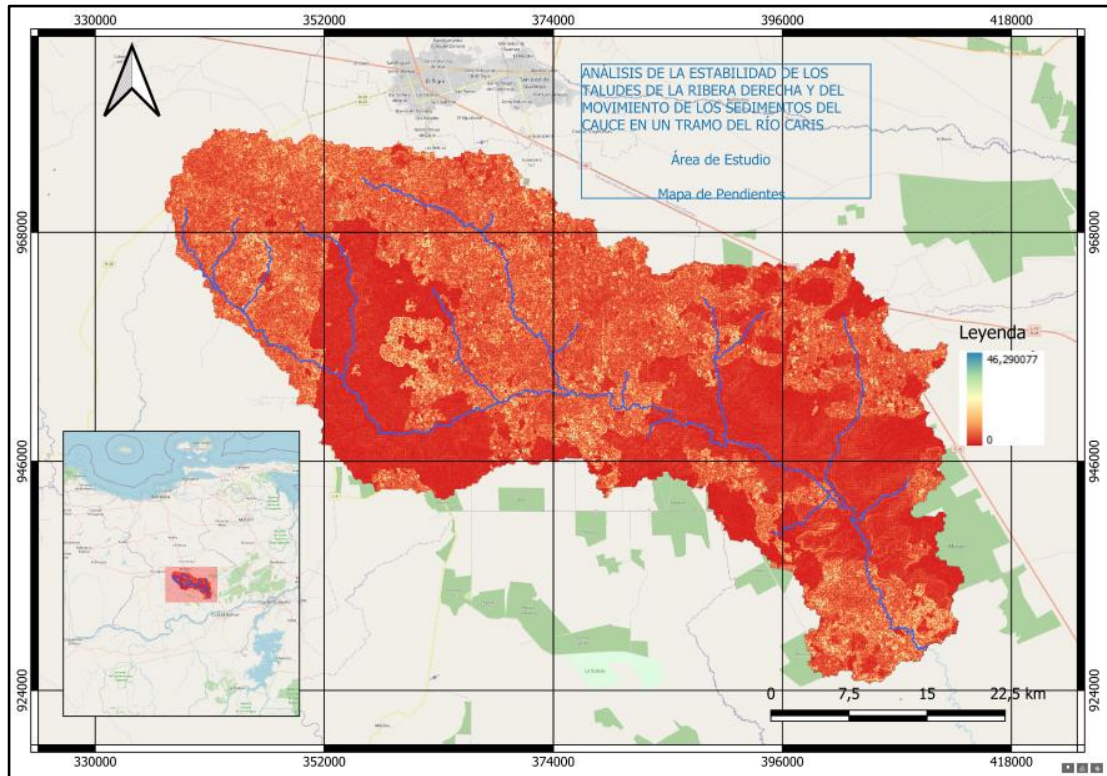


Figura 5.13 Mapa de pendientes de la cuenca alta y media del río Caris.

Se realizó un levantamiento topográfico de carácter expeditivo con teodolito marca Leica, cinta métrica, brújula Brunton, mira estadigráfica y jalón para la construcción de siete (7) secciones transversales al eje longitudinal del cauce (Figuras 5.16 a 5.22). Asimismo, se construyó un plano topográfico (Anexo 1) con la información de este levantamiento.

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 0,005 m/m. También se pudo observar, en las zonas de baja profundidad, la presencia de lechos planos.

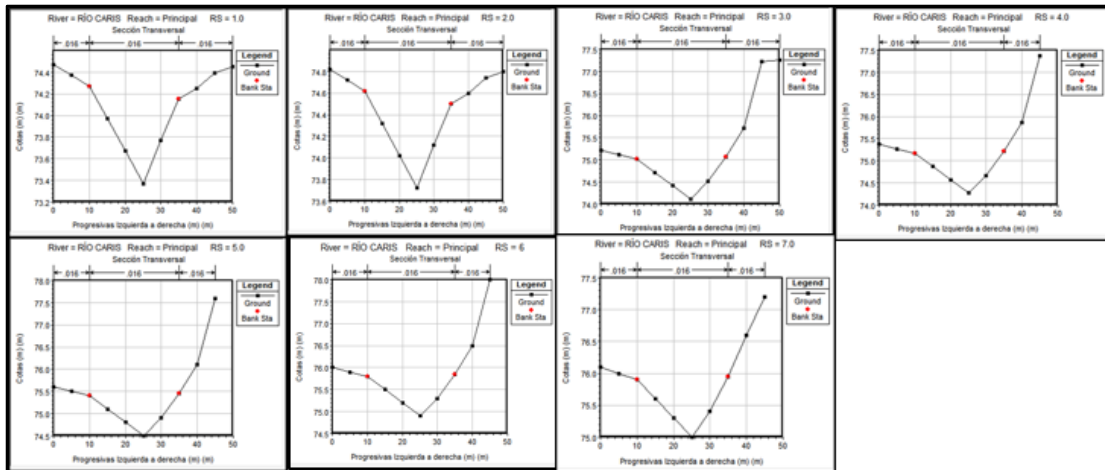


Figura 5.14 Secciones transversales del tramo evaluado del río Caris.

Para una caracterización geomorfológica cuantitativa integral del área de estudio, es necesario determinar los parámetros de la morfometría del tramo de la cuenca del río Caris hasta el área de estudio.

A tal efecto, con la ayuda de la aplicación computarizada QGIS se obtuvieron el resto de los parámetros morfométricos de la cuenca (Tabla 5.2).

Tabla 5.2 Parámetros morfométricos de la cuenca media y alta del río Caris.

Variable	Origen o Fórmula	Valor	Unidad	Interpretación
Área (A)	Del plano	2001.30	Km <sup>2</sup>	Cuenca muy pequeña
Perímetro (P)	Del plano	306.60	Km	
Ancho (An)	An = A/L	23.20	Km	
Longitud axial (Lax)	Del plano	86.35	Km	
Longitud cauce principal (Lcp)		125.2	Km	
Orientación (O)	Del plano	NW-SE		Noroeste – Sureste
Factor forma (Ff)	$Ff = A / L^2$	0.27		Cuenca alargada
C. Compacidad (Kc)	$Kc = P / (2(\pi A)^{1/2})$	1.92		Ovalada oblonga
Coef. circularidad		0.27		Cuenca plana con porciones accidentadas
Cota máxima	Del plano	366	msnm	Alturas máximas y mínimas
Cota mínima	Del plano	14	msnm	
Altitud media		196.3	msnm	
Pendiente media (Smax)	$Smax = \Delta cota / L$	0,002	%	Moderada
Pendiente media cuenca		4.1	%	
Dif. Altura	Cota max – cota min	352	m	Cuenca muy pequeña
T. concentración (Tc)	$Tc = 0,0195(L^3 / H)^{0,385}$	1575	min	
Longitud total de drenaje (Lt)		297.3	Km	
Densidad de drenaje (D)		0.15		Cuenca mal drenada
Frecuencia de drenajes (Fd)		0.009		
Coefficiente de torrencialidad (Ct)		0.01		

#### 5.4. Descripción de las características temporales del flujo agua del río Caris en el área de estudio con base a los caudales proyectados.

El área total de la superficie de la cuenca se encuentra cubierta fundamentalmente por bosques de galería, sabanas arbustivas y suelos cultivados. De acuerdo a los coeficientes de escorrentía presentados por Benitez (1980) y según la topografía del terreno (pendiente: 5 a 20%), en la tabla siguiente (Tabla 5.3) se muestran valores adecuados de coeficientes de escorrentía para los tipos de cobertura del suelo antes citados.

Tabla 5.3 Coeficientes de escorrentía (Fuente: 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 bien, 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 5.4 Determinación del coeficiente de escorrentía ponderado para toda la cuenca

Tipo de cobertura	Coefficiente de escurrimiento (Ce)	Area en ha (A)	Ce x A	Cep
Bosque de galería	0.35	2350	822,50	0,443
Gramíneas	0.40	150280	60112,00	
Suelo cultivado	0.50	117870	58935,00	
	Total	270400	119869,50	

### 5.4.1 Determinación del caudal de drenaje de la cuenca

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 10 años se hará utilizando las curvas de intensidad, duración y frecuencia propuestas en el Manual de drenaje del MOP (1967) y reeditadas en Arocha (2009) correspondientes a la zona hidrológica II (Figura 5.11) y representada en la figura siguiente:

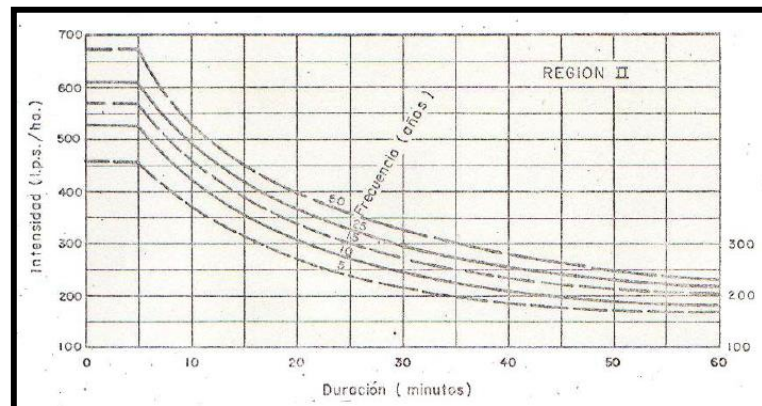


Figura 5.15 Curvas IDF para la región hidrológica II (MOP,1967).

Para un tiempo de concentración superior a 60 minutos tendremos intensidades de lluvia de 175 lps/ha (62,95 mm/hr) para un período de retorno de 10 años. Dado que se trata de zona rural y las avenidas no representan peligro inminente para seres humanos, se considerará la intensidad de lluvia para un período de retorno de 10 años.

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 (3.12) a (3.27) expuestas en el capítulo anterior. En ese sentido, tenemos los siguientes resultados:

Considerando un área de la cuenca de 2001.3 km<sup>2</sup> y un Tiempo de concentración (Tc) de 26.25 horas (1575 min) tenemos:

Tabla 5.5 Cálculo del hidrograma unitario triangular SCS para la cuenca del río Caris.

<b>Proyecto: Caudal de drenaje de la cuenca alta y media del río Carís</b>				
Parámetros	Fórmulas	Nomenclatura	Resultado	Unidad
Area de la cuenca:		A=	2001.300	km <sup>2</sup>
Tiempo de concentración		Tc =	1575.000	min
Tiempo al pico	$T_p = T_c / 1.5$	Tp=	1050.000	min
Tiempo de recesión	$T_r = 1.67 \times T_p$	Tr=	1753.500	min
Tiempo base	$T_b = 2.67 \times T_p$	Tb=	2803.500	min
Duración lluvia neta unit	$\Delta D = T_c / 7.5$	$\Delta D=$	210.000	min
Tiempo de retardo	$T_l = T_p - (\Delta D / 2)$	Tl=	945.000	min
Caudal unitario	$q_p = 0.208 \times (A / T_p)$	qp=	0.396448	m <sup>3</sup> /s.mm
<b>Cálculo del caudal de drenaje</b>				
Parámetro		Nomenclatura	Resultados	Unidades
Coef de escurrimiento ponderado de la cuenca		C =	0.443	
Intensidad de la lluvia (de curvas IDF)		I <sub>10</sub> =	62.95	mm/hr
Area de la cuenca (del plano)		A =	200130.000	ha
Tiempo de concentración (del plano)		Tc =	26.250	hr
Tiempo al pico		Tp =	17.500	hr
Caudal	$Q_d = (C \times I \times A \times T_c) / (1.33 \times 360 \times T_p)$	Q=	17484.32109	lps

En ese sentido, se dispone a continuación en la Figura 5.12, del Hidrograma Unitario Triangular SCS de la cuenca media y alta del río Caris:

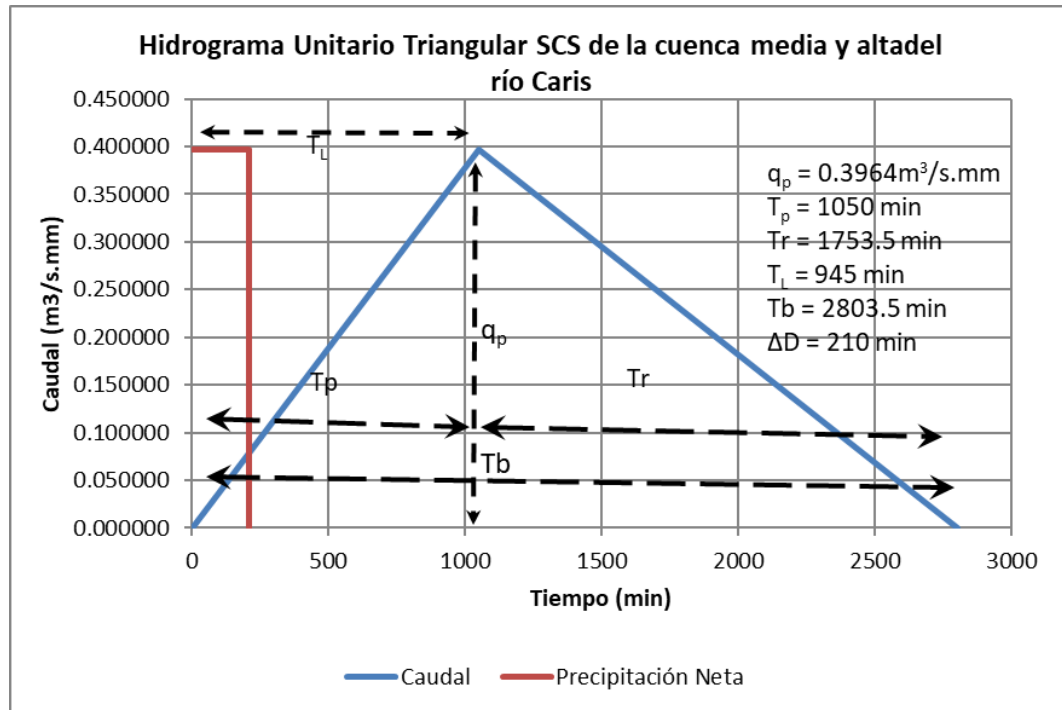


Figura 5.16 Hidrograma unitario Triangular SCS de la cuenca media y alta del río Caris.

Camacho (2012) 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 = 0,443

I = intensidad de lluvia = 175 lps/ha = 62.95 mm/hr (para  $T_r = 10$  años)

A = área de la cuenca = 200130 ha = 2001.3 km<sup>2</sup>

$T_c$  = tiempo de concentración = 26.3 hr

$T_p$  = tiempo de ocurrencia del caudal pico = 17,5 hr

El caudal de drenaje de la cuenca para un período de retorno de 10 años ( $Q_{10}$ ) sería de 17.484 m<sup>3</sup>/s el cual supera las condiciones geométricas del cauce y generaría inundaciones hacia ambos lados del canal topográficamente levantado.

Cabe destacar que los niveles que alcanzaría la superficie del agua con el caudal estimado que se presentan en la simulación hidráulica utilizando el modelo matemático unidimensional permanente del programa HEC-RAS no se corresponden a las magnitudes reales ya que las condiciones de frontera de la topografía levantada de las riberas, no abarca las zonas inundables hacia ambos lados del cauce y todo el caudal se simuló sobre la superficie del cauce efectivamente levantada.

#### **5.4.2 Determinación de las velocidades del flujo en el río Caris**

Las velocidades del flujo se calcularán considerando la ocurrencia de crecidas con los períodos de retorno antes mencionados y se simularán utilizando el modelo de flujo permanente unidimensional liberado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos de América (USACE) conocido por el nombre de HEC RAS. Dicha aplicación computarizada considerará la geometría y coeficiente de rugosidad del cauce y los caudales para las crecidas antes estimadas (Tabla 5.5).

##### **5.4.2.1 Estimación del coeficiente de rugosidad de Manning del cauce del río Caris**

A tala efecto, se efectuarán comparaciones con los datos registrados por H. Barnes (1849) y publicados por US Geological Service sobre el coeficiente de rugosidad de Manning de muchos ríos en los Estados Unidos de Norteamérica. En ese sentido, la comparación arrojó como condición similar la del río Indian Fork aguas



debajo de la presa Atwood, cerca de New Cumberland, Ohio, el cual presenta un coeficiente de rugosidad de Manning de 0.026.

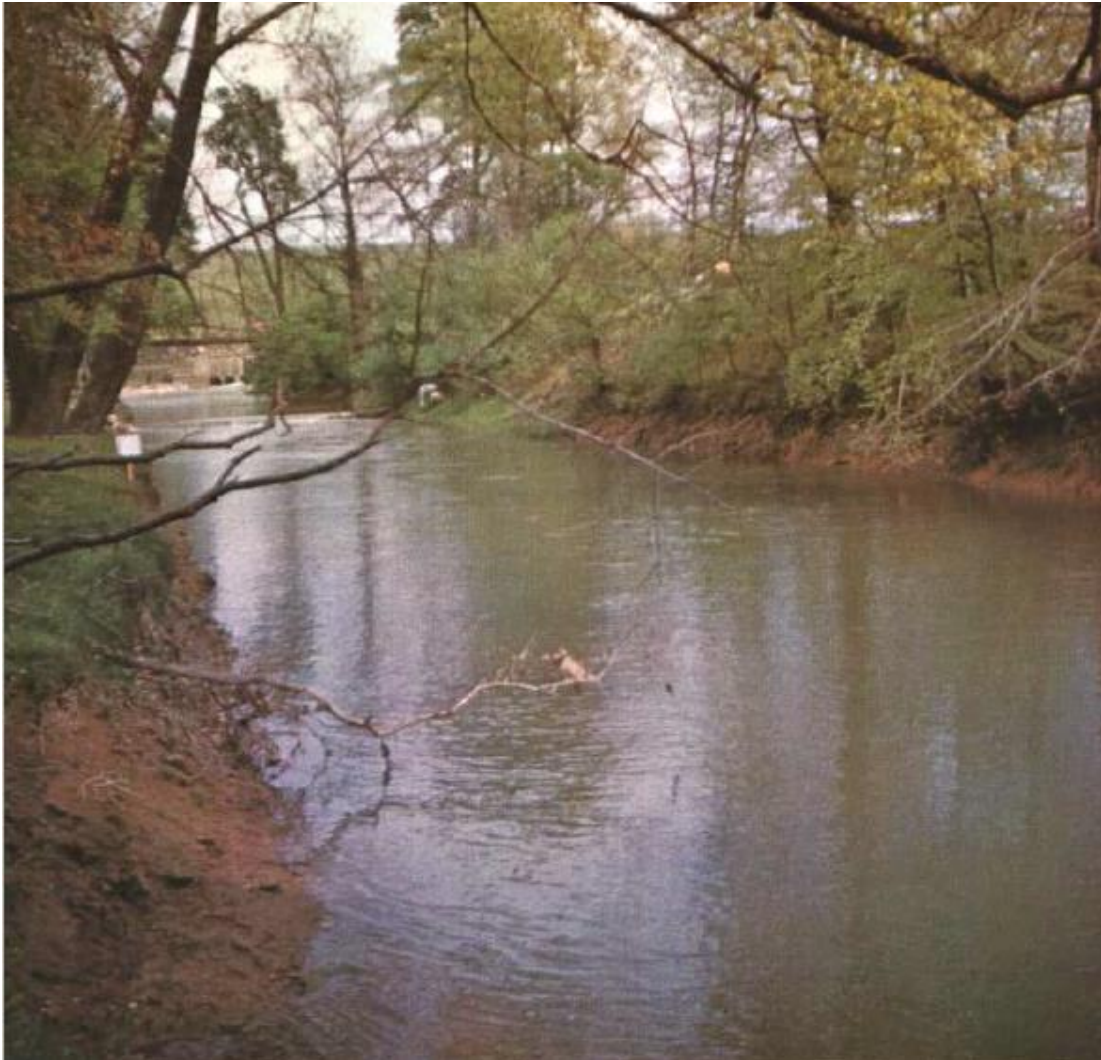


Figura 5.17 Río Indian Fork aguas debajo de la presa Atwood, cerca de New Cumberland, Ohio.

Considerando las secciones transversales del área de estudio presentadas anteriormente en este capítulo, el coeficiente de rugosidad de Manning ( $n = 0.026$ ) y el

caudal para un período de retorno de 10 años, se realiza a continuación el modelamiento de los flujos que se producen en la zona de estudio.

Tabla 5.6 Elementos geométricos e hidráulicos del tramo en estudio del río Caris.

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	W.S. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Hydr Radius (m)	Hydr Depth (m)	Froude # Chl
Tramo recto	7	Tr= 10 años	17.48	75.78	2.00	8.73	21.85	0.40	0.40	1.01
Tramo recto	6.0	Tr= 10 años	17.48	75.68	2.01	8.72	21.83	0.40	0.40	1.01
Tramo recto	5.0	Tr= 10 años	17.48	75.28	2.02	8.64	21.25	0.41	0.41	1.01
Tramo recto	4.0	Tr= 10 años	17.48	75.06	2.02	8.65	21.29	0.41	0.41	1.01
Tramo recto	3.0	Tr= 10 años	17.48	74.88	2.02	8.65	21.26	0.41	0.41	1.01
Tramo recto	2.0	Tr= 10 años	17.48	74.55	1.88	9.30	26.17	0.35	0.36	1.01
Tramo recto	1.0	Tr= 10 años	17.48	74.29	1.38	12.72	30.99	0.41	0.41	0.67

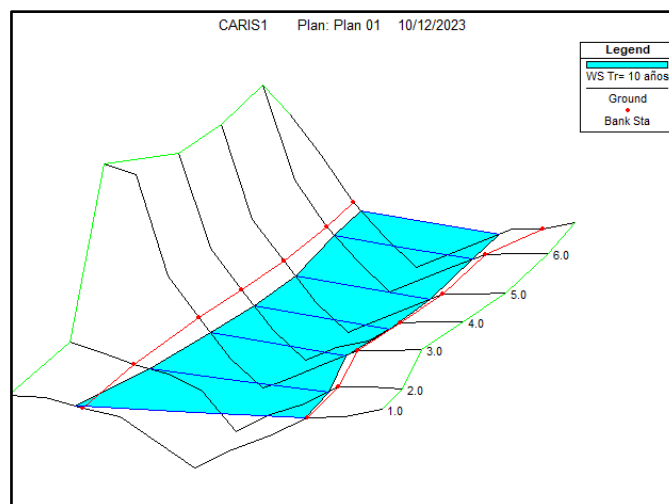


Figura 5.18 Modelo 3D del tramo del río Caris.

### 5.4.3 Cualificar el movimiento de los sedimentos

Para este propósito se utilizará el modelo de Hjulström.

Para el uso del modelo de Hjulström se deberá ingresar a la gráfica por el eje de las abscisas con el diámetro medio de las partículas ( $D_{50}$ ) obtenido de las curvas

granulométricas, para este caso se considerará como: 0.36 mm aproximadamente; y se prolongará la línea vertical hasta interceptar las curvas limitantes que separan las zonas de sedimentación, transporte y erosión. Desde estas intercepciones se trazan líneas horizontales hasta el eje de las ordenadas para obtener las velocidades requeridas del flujo para mantener en movimiento las partículas o para generar erosión.

En ese sentido, se puede observar en la tabla 5.6 las velocidades límites para producir la erosión o sedimentación de los materiales del lecho con un  $D_{50} = 0,36$  mm:

Tabla 5.7 Velocidades de flujo límite que producirían erosión, transporte o sedimentación.

Condición de Movimiento	Velocidad del flujo
Erosión	$>24$ cm/s
Transporte	$2,2$ cm/s $< V < 24$ cm/s
Sedimentación	$< 2,2$ cm/s

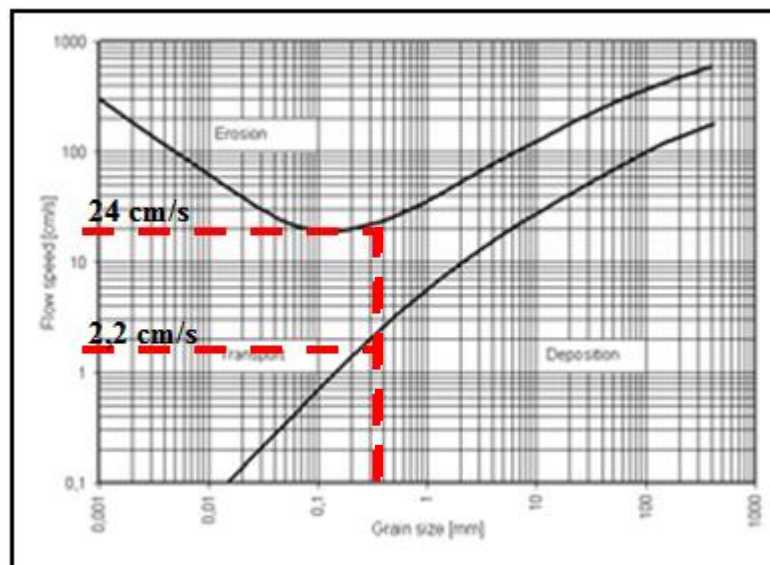


Figura 5.19 Aplicación del diagrama de Hjulström.

Cabe destacar que para las avenidas que se producen en períodos de retorno de 10 años o más, producirían velocidades de flujo superiores a las necesarias para ocasionar el movimiento de los sedimentos.

### **5.5 Estabilidad del talud de la ribera derecha descendente en el tramo de estudio**

Para determinar las condiciones de estabilidad del talud de la ribera descendente derecha del río Caris en el tramo objeto de estudio se utilizarán las características geométricas del talud (altura de 2.80 m e inclinación de 50°) y las características geotécnicas de los suelos que constituyen dicho talud las cuales son resultado de los análisis efectuados en las instalaciones del laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Católica Andrés Bello, extensión Guayana).

A tal efecto, dichos datos serán introducidos en la aplicación computarizada GEO 5 y se determinarán las condiciones de estabilidad del talud de acuerdo a los criterios de Janbu, Fellenius, Bishop, Sarma, Spencer y Morgenster-Price.

#### **5.5.1 Características de los suelos del talud**

De acuerdo a los ensayos realizados a los suelos que integraban el talud se presenta en la tabla 5.7. los parámetros geotécnicos de dichos materiales.

Tabla 5.8 Parámetros geotécnicos de los suelos del talud de la ribera derecha descendente del río Caris en el área de estudio.

Clasificación de suelos			
— Clasificación, consistencia, densidad —			
Tipo de clasificación :	Estándar		
Clasificación de suelos :	SC - Arena arcillosa		
Densidad :	Suelo de densidad media		
— Características estándares de suelos —			
<b>Arena arcillosa (SC)</b>			
Datos del suelo	Marca	Unidad	Valor
Coefficiente de Poisson	$\nu$	[—]	0.35
Peso unitario	$\gamma$	[kN/m <sup>3</sup> ]	18.5
Módulo de deformación	$E_{def}$	[MPa]	4 - 12
Parámetros efectivos :			
Ángulo de fricción interna	$\varphi_{ef}$	[°]	26 - 28
Cohesión de suelo	$c_{ef}$	[kPa]	4 - 12
Diseño de capacidad portante :			
Ancho < 0.5 m	$R_d$	[kPa]	125
Ancho < 1.0 m	$R_d$	[kPa]	175
Ancho < 3.0 m	$R_d$	[kPa]	225
Coef. de resistencia estructural	$m$	[—]	0.3

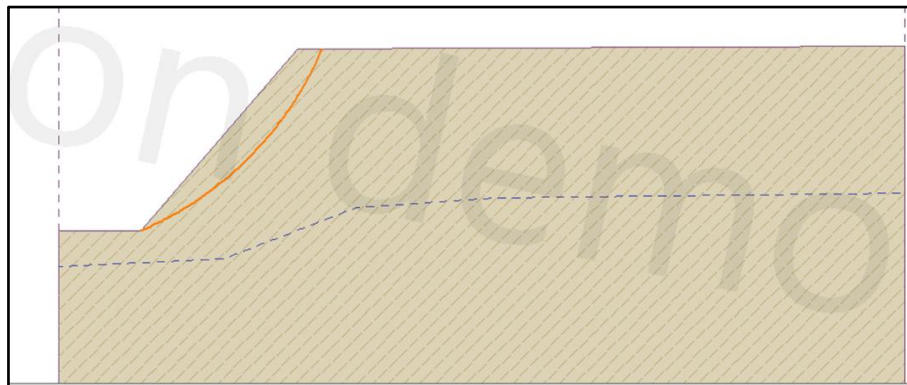


Figura 5.20 Modelo del talud derecho de la ribera en el área de estudio.

### 5.5.2 Estimación de la estabilidad del talud

A tal efecto, y como se indicó anteriormente, se utilizó el módulo de Estabilidad de taludes del programa GEO 5. Se efectuó el modelamiento de la estabilidad del talud mencionado con base a las características propias del talud y bajo los criterios de los autores: Bichop, Fellenius, Spencer, Janbú y Morgenstern - Price, se obtuvo que el estado del talud es INESTABLE.

Tabla 5.9 Reporte de la condición de estabilidad del talud de acuerdo a los criterios utilizados.

<p>— Superficie de deslizamiento circular —</p> <p>Centro: <math>x = -3.08</math> [m] <math>z = 11.82</math> [m]</p> <p>Radio: <math>R = 20.26</math> [m]</p> <p>Ángulos: <math>\alpha_1 = 23.02</math> [°] <math>\alpha_2 = 67.04</math> [°]</p>	<p><b>Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)</b></p> <p>Suma de fuerzas activas: <math>F_a = 314.98</math> kN/m</p> <p>Suma de fuerzas pasivas: <math>F_p = 272.76</math> kN/m</p> <p>Momento de deslizamiento: <math>M_a = 6381.55</math> kNm/m</p> <p>Momento estabilizador: <math>M_p = 5526.08</math> kNm/m</p> <p>Factor de seguridad = <math>0.87 &lt; 1.30</math></p> <p>Estabilidad del talud <b>NO ACEPTABLE</b></p>
<p>— Superficie de deslizamiento circular —</p> <p>Centro: <math>x = -0.18</math> [m] <math>z = 8.57</math> [m]</p> <p>Radio: <math>R = 16.19</math> [m]</p> <p>Ángulos: <math>\alpha_1 = 18.10</math> [°] <math>\alpha_2 = 73.30</math> [°]</p>	<p><b>Verificación de estabilidad de taludes (Fellenius / Petterson)</b></p> <p>Suma de fuerzas activas: <math>F_a = 339.79</math> kN/m</p> <p>Suma de fuerzas pasivas: <math>F_p = 280.96</math> kN/m</p> <p>Momento de deslizamiento: <math>M_a = 5501.27</math> kNm/m</p> <p>Momento estabilizador: <math>M_p = 4548.80</math> kNm/m</p> <p>Factor de seguridad = <math>0.83 &lt; 1.30</math></p> <p>Estabilidad del talud <b>NO ACEPTABLE</b></p>
<p>— Superficie de deslizamiento circular —</p> <p>Centro: <math>x = -2.33</math> [m] <math>z = 10.89</math> [m]</p> <p>Radio: <math>R = 19.11</math> [m]</p> <p>Ángulos: <math>\alpha_1 = 22.06</math> [°] <math>\alpha_2 = 68.60</math> [°]</p>	<p><b>Verificación de estabilidad de taludes (Spencer)</b></p> <p>Factor de seguridad = <math>0.86 &lt; 1.30</math></p> <p>Estabilidad del talud <b>NO ACEPTABLE</b></p>
<p>— Superficie de deslizamiento circular —</p> <p>Centro: <math>x = -2.33</math> [m] <math>z = 10.89</math> [m]</p> <p>Radio: <math>R = 19.11</math> [m]</p> <p>Ángulos: <math>\alpha_1 = 22.06</math> [°] <math>\alpha_2 = 68.60</math> [°]</p>	<p><b>Verificación de estabilidad de taludes (Janbu)</b></p> <p>Factor de seguridad = <math>0.86 &lt; 1.30</math></p> <p>Estabilidad del talud <b>NO ACEPTABLE</b></p>
<p>— Superficie de deslizamiento circular —</p> <p>Centro: <math>x = -2.33</math> [m] <math>z = 10.89</math> [m]</p> <p>Radio: <math>R = 19.11</math> [m]</p> <p>Ángulos: <math>\alpha_1 = 22.06</math> [°] <math>\alpha_2 = 68.60</math> [°]</p>	<p><b>Verificación de estabilidad de taludes (Morgenstern-Price)</b></p> <p>Factor de seguridad = <math>0.86 &lt; 1.30</math></p> <p>Estabilidad del talud <b>NO ACEPTABLE</b></p>

### 5.5.3 Opciones de modificación de la condición de estabilidad del talud

Aún cuando no fue planteado como un objetivo de esta investigación se plantean a continuación dos (2) opciones de estabilización del talud, tal como se muestran a continuación:

- a. Opción A: colocación de anclajes en el talud (Figura 5.17)

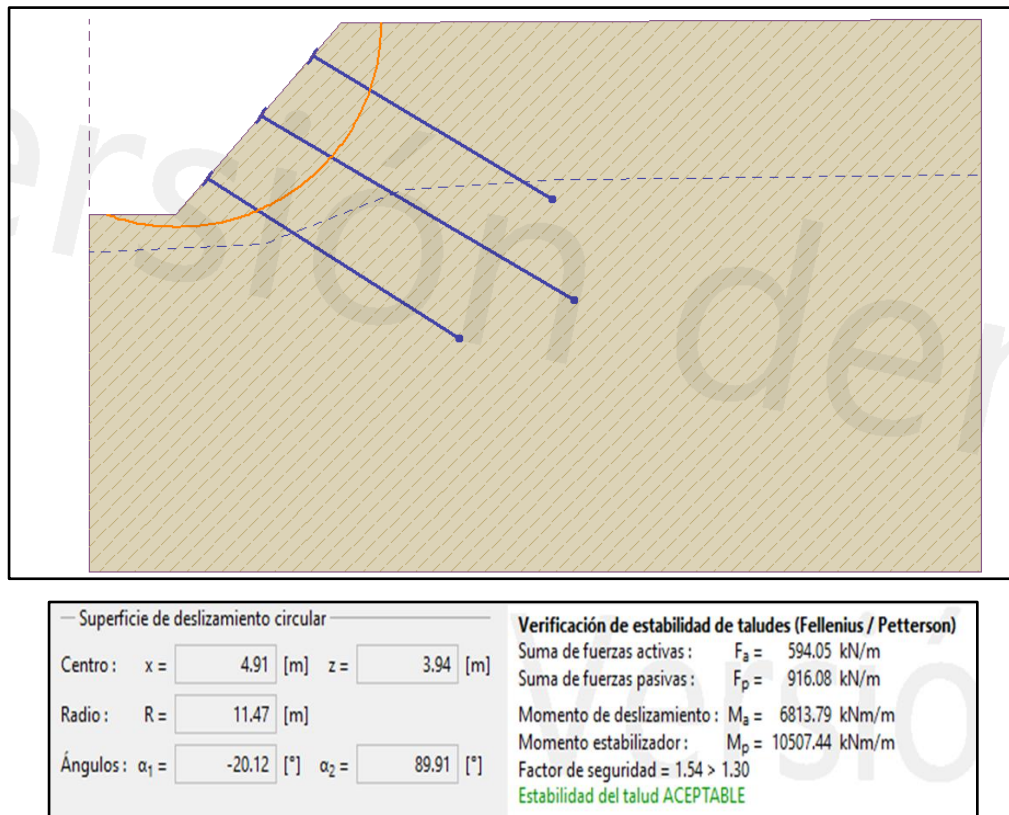


Figura 5.21 Opción de estabilización mediante anclajes.

b. Opción B: Terraceo del talud (Figura 5.18)

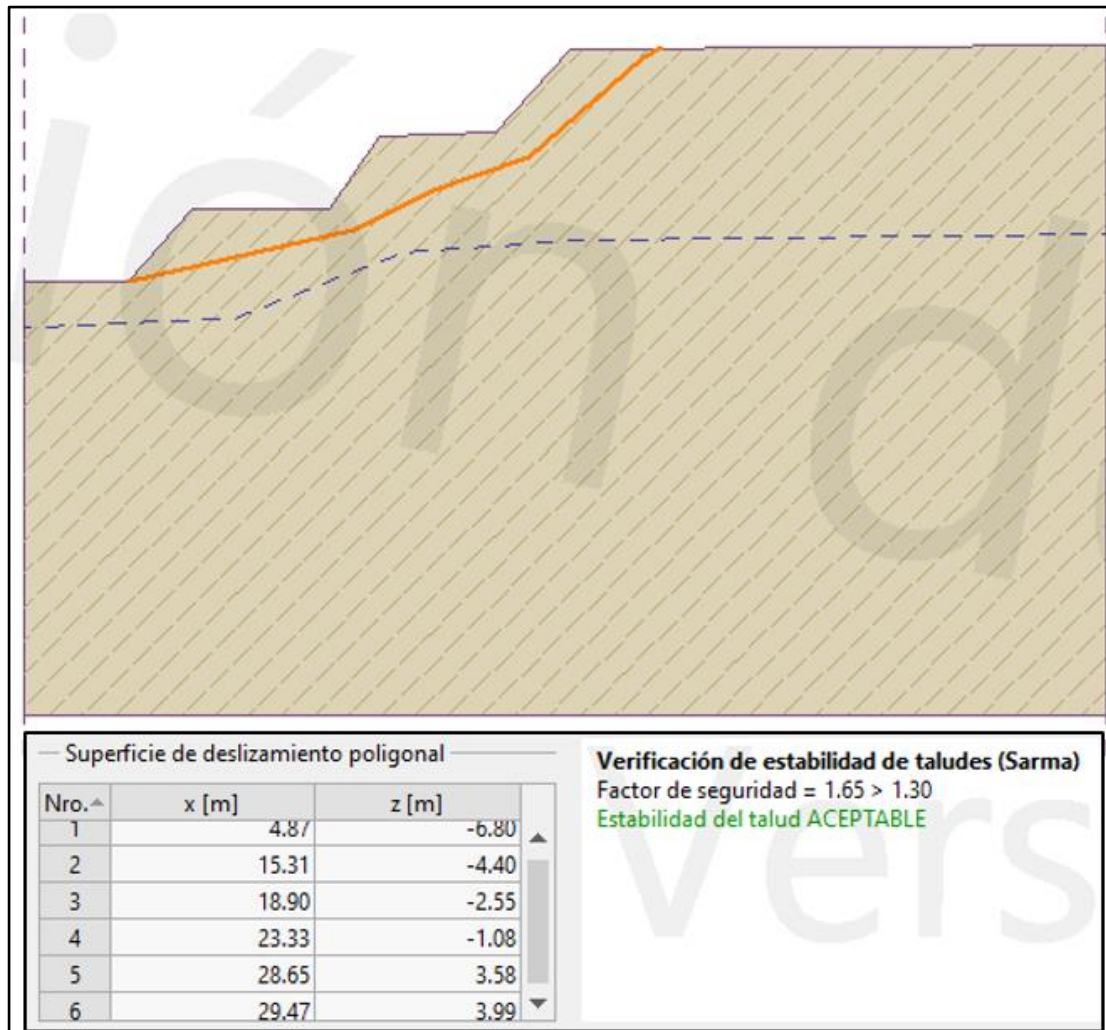


Figura 5.22 Opción de estabilización mediante terracedo.

Tal como se puede observar, en ambos casos la condición de estabilidad cambió a Estable. Es importante destacar que las opciones aquí presentadas no pretenden ser las únicas con probabilidad de éxito para tornar la condición de estabilidad del talud evaluado.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. De acuerdo a la observación del estado actual de los taludes de la ribera derecha descendente se concluye que aún cuando se trata de arenas consolidadas, su estabilidad depende en gran medida de los procesos de socavación de la sección inferior expuesta del estrato de arena constituye la base del talud. Por lo tanto, la sección superior superior del estrato de arena tendrá la tendencia a colapsar por gravedad por pérdida de su soporte.

2. Con base a los resultados de los ensayos de distribución granulométrica de las muestras de suelos tomadas en el cauce y en el cauce y talud de la ribera derecha descendente del tramo evaluado de la cuenca media del río Caris se concluye que los suelos analizados, de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), poseen una distribución granulométrica correspondiente a Arenas mal gradadas (SP) con pocos finos.

3. De los análisis morfoscópicos de las partículas se desprende que las formas predominantes son subredondeadas y redondeadas. Tales resultados indican que los sedimentos han sido muy trabajados en la superficie de sus partículas muy probablemente por mecanismos de fricción durante su movilización. Por otro lado, dado el contenido cuarzoso predominante de los suelos, se presume que la fuente de los sedimentos se encuentra distante.

4. La cuenca media del río Caris posee una pendiente longitudinal del lecho que alcanza, en el tramo evaluado, una magnitud de 0.004 a 0,005 m/m escasa. Asimismo, las riberas y la cuenca media presenta relieve bajos de colinas que oscilan

entre 0% y 20%, mientras que en las zonas de la Mesa disectada se presentan escarpes importantes de casi 50% de inclinación. Planimétricamente, la trayectoria del cauce, en el tramo evaluado, es recto con tendencia sinuosa. El lecho del cauce del río Caris no mostraba estructuras superficiales diferentes al lecho plano (solo observables en las zonas de aguas someras). Frente al talud de la ribera derecha descendente, existe desarrollo de terrazas con alturas variable que oscilan entre 0,30 m y 0,5 m que separan el cauce de zonas anegadizas.

5. Hidrológicamente, la cuenca media y alta del río Caris tiene un área de 2001.3 km<sup>2</sup> y es de forma alargada, oblonga con moderadas probabilidades de generar crecientes importantes. Drena sus aguas arrastrando los sedimentos de su lecho hasta el río Orinoco. La cuenca es capaz de drenar un caudal de 17.48 m<sup>3</sup>/s y sus flujos alcanzan velocidades que oscilan entre 1.38 m/s y 2.02 ,m/s.

6. Considerando el diámetro medio de las partículas de 0,36 mm se estimó mediante el modelo de Hjulström que los sedimentos presentes en el cauce del río Caris ameritaban velocidades de flujo del agua superiores a los 24 cm/s (0.24 m/s) para que se produzca la erosión de los sedimentos, con velocidades del flujo entre 2,2 cm/s y 24 cm/s para garantizar su transporte y que para velocidades del flujo inferiores a 2,2 cm/s (0.022 m/s) se produciría la sedimentación de los materiales.

7. De acuerdo a las condiciones geotécnicas de los materiales, a la geometría y dimensiones del talud, a las condiciones del nivel freático y de la incidencia del agua sobre el talud derecho descendente de la ribera del río Caris en el área de estudio y a la luz de los resultados arrojados por la aplicación computarizada GEO 5, se concluye que el talud objeto de estudio se encuentra en condiciones de inestabilidad.

## **Recomendaciones**

1. Se sugiere analizar la aplicación de métodos de estabilización de taludes con muros (ciclópeos o de gaviones) u otras opciones en un corto tramo piloto y evaluar parámetros como complejidad de las técnicas y tiempo de construcción, costos involucrados, disponibilidad de materiales y equipos, entre otras, para evaluar la idoneidad técnica de cada método de estabilización y las potencialidades del programa GEO 5 para evaluarlas.

2. Aplicar y validar otros modelos de transporte de sedimentos y socavación de taludes en tramos rectos que permitan jerarquizar y discriminar los mejores modelos de transporte y socavación de sedimentos aplicables a los cauces del oriente y sur del país.

3. Evaluar la aplicación de las distintas opciones de protección de taludes en distintas situaciones o comportamientos geomorfológicos del río Caris; es decir, que posean tramos rectos, sinuosos o meandranes.

## REFERENCIAS

Aguirre-Pe, J. (1980). **HIDRÁULICA DE SEDIMENTOS**. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela. pp 269.

Aldefae, A.H., Alkhafaji, R.A. Experimental and numerical modeling to investigate the riverbank's stability. SN Appl. Sci. 3, 164 (2021). <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04168-5>

Aparicio, Francisco. (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.

Arias, Fideas (1999). **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: GUÍA PARA SU ELABORACIÓN**. Caracas: Episteme, C.A. pp 66

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

Barredo, Silvia (1999) **ROCAS SEDIMENTARIAS**, Universidad de buenos aires, Departamento de Ciencias Geológicas - facultad de ciencias exactas y naturales  
Recuperad de: 22 de febrero de 2016, [<http://introgeo.gl.fcen.uba.ar/Introduccion/Tprocasyestrucsedim/TProcyestrucsediment.PDF>]

Blanco, Luzmila (1991), **EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS, GEOHIDROLÓGICAS Y AMBIENTALES DE LA**

**CUENCA DEL RÍO CAÑAFÍSTOLA**, trabajo de grado inédito, Ciudad Bolívar: Univ. Oriente, Esc. de Cs. de la Tierra, pp. 18-74.

Bonnefille, R. (1963). **ESSAIS DE SYNTHÈSE DES LOIS DE DÉBUT D'ENTRAÎNEMENT DES SEDIMENTS SOUS L'ACTION D'UN COURANT EN RÉGIME UNIFORME BULL.** Du CREC, No 5, Chatou. pp 15

Cilento, N. (2007). **“ESTADO ANZOÁTEGUI. GEOGRAFÍA DE LA DIVISIÓN POLÍTICO-TERRITORIAL DEL PAÍS”** Tomo 5. Capítulo 38. Colección Geo Venezuela. Coordinador del proyecto: Pedro Cunill Grau. Caracas: Fundación Empresas Polar ISBN: 978-980-379-165-0 (obra completa) 5.944 páginas [https://bibliofep.fundacionempresaspolar.org/media/1038/gv\\_t5\\_c38\\_p240\\_343\\_lres\\_single\\_preview.pdf](https://bibliofep.fundacionempresaspolar.org/media/1038/gv_t5_c38_p240_343_lres_single_preview.pdf)

Corrales, I., Rosell J., Sánchez L., Vera J., Vilas L. (1977) **ESTRATIGRAFÍA.** Editorial Rueda, Madrid, pp. 272-274.

Clauso, Adelina. (1993) **ANÁLISIS DOCUMENTAL: EL ANÁLISIS FORMAL**, Revista general de información y documentación. Vol. 3, Editorial Complutense, Madrid. 03 de mayo de 2016, [<https://revistas.ucm.es/index.php/RGID/article/viewFile/RGID9393120011A/11739>]

C.V.G Técnica Minera (1986). **INFORME DE AVANCE NC-20-14 Y NB-20-2 CLIMA, GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA, SUELOS, VEGETACIÓN. GERENCIA DE PROYECTOS ESPECIALES PROYECTO INVENTARIO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA REGIÓN GUAYANA.** Tomo I Y II. Ciudad Bolívar; pp 9-489 Y 515-756.

Corporación Venezolana de Guayana (C.V.G.) Técnica Minera C.A., (1989). **INFORME DE AVANCE NC 20 – 14 Y NC20 – 15, CLIMA, GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA, SUELOS Y VEGETACION TOMO I, II, III.** Ciudad Bolívar, Venezuela. pp. 185-203, 441-444, 453 – 461.

Chow, Ven, Maidment, David y Mays, Larry. (1994). **HIDROLOGÍA APLICADA.** Edición McGraw-Hill. Santa fe de Bogotá. pp 500-525.

Díaz, Albert y Osorio, Oriana (2015), **ANÁLISIS DE LAS VARIACIONES DE LOS NIVELES DE LA SUPERFICIE DEL AGUA DEBIDO A LA CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE EN EL RÍO LA CANOA MEDIANTE EL USO DE UN MODELO DE FLUJO PERMANENTE UNIDIMENSIONAL. LA CANOA. MUNICIPIO INDEPENDENCIA, ESTADO ANZOÁTEGUL. VENEZUELA.** Trabajo de grado, Universidad de Oriente, Ciudad Bolívar. pp 97-99

Dirección de Cartografía Nacional (MARN) (1966). Hoja 7441, **LA CANOA Y HOJA 7442, LA VIUDA.** Barcelona, Venezuela.

Dirección de Hidrología y Meteorología (MARN) (2013). **ESTACIÓN: LA VIUDA, SERIAL: 3838,** Venezuela.

Franceschi, Luis (1984). **DRENAJE VIAL.** Fundación Juan José Aguerreveré; Fondo Editorial del Colegio de Ingenieros de Venezuela. pp 41-45.

González, Carlos., Iturralde, Juan y Picard, Xavier (1.980), **GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y DE SUS CUENCAS PETROLÍFERAS,** tomo I y II, ed. facsimilar 1.993, Caracas: Ed. Foninves. pp 99-111

Iriondo, Martín. (2006) **INTRODUCCIÓN A LA GEOLOGÍA**, Tercera edición, editorial Brujas, Argentina. pp 15-129.

Lahee, Frederic. (1970) **GEOLOGÍA PRÁCTICA**, Tercera edición, Ediciones Omega. Barcelona, España. pp 143, 324-326.

Leliavsky, Serge. (1964) **INTRODUCCIÓN A LA HIDRÁULICA FLUVIAL**. Editorial Ediciones Omega, S.A. Casanova, Barcelona. pp 2-5.

Landeau, Rebeca. (2007) **ELABORACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN**. Editorial Alfa, Caracas, Venezuela. pp 53-55.

Llanos, Yennifer y Ortiz María (2019). **“ESTUDIO HIDROLÓGICO Y GEOTÉCNICO APLICADO AL FENÓMENO DE EROSIÓN DE ORILLAS EN RÍOS”**. Universidad de la Costa. Barranquilla, Colombia

Macias, Marianela. (2014). **ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS QUE PRESENTA LA CUENCA ALTA Y MEDIA DEL RÍO LA CANOA DURANTE EL PERÍODO SEPTIEMBRE – DICIEMBRE 2013. MUNICIPIO INDEPENDENCIA, ESTADO ANZOÁTEGUI. VENEZUELA**. Trabajo de grado, Universidad de Oriente, Ciudad Bolívar. pp 88-92

Ministerio del Ambiente (2003). **ESTACIONES LA CANOA, SERIAL 3811, Y LA VIUDA, SERIAL 3838**. Barcelona Venezuela.

Moreno, Guadalupe. (2000) **INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA II**. Editorial Progreso, S.A. de C.V. D.F., México, pp 60-64.

Ordoñez, Juan. (2011). **CARTILLA TÉCNICA: ¿QUÉ ES CUENCA HIDROLÓGICA?**. Foro peruano para el agua, Sociedad Geográfica de Lima. Lima, Perú, octubre de 2011, [[http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm\\_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca\\_hidrologica.pdf](http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca_hidrologica.pdf)]

Ortiz, Frida (2004). **DICCIONARIO DE METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**. Editorial Limusa, S.A. México. pp 93-127.

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

Sabino, Carlos (2007). **COMO HACER UNA TESIS Y ELABORAR TODO TIPO DE ESCRITOS**. Caracas. pp 14-21

Sánchez, Marian (2014), **GASTO DOMINANTE DEL RIO LA CANOA Y SU INFLUENCIA EN LA GEOMORFOLOGIA DEL CAUCE, LA CANOA, MUNICIPIO INDEPENDENCIA, ESTADO ANZOÀTEGUI, VENEZUELA**. Trabajo de grado, Universidad de Oriente, Ciudad Bolívar. pp 45-63.

Schumm, Arthur (1960). **THE SHAPE OF ALLUVIAL CHANNELS IN RELATION TO SEDIMENT TYPE, UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY PROFESSIONAL PAPER**. pp 352B: 17-30.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) (2000). **ISOYETAS DE INTENSIDAD-DURACIÓN FRECUENCIA. SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA**. México, DF pp 495-600

Servicio de Meteorología (FAV) **ESTACIÓN: CIUDAD BOLIVAR**



**INDICATIVO INT. 80444 SERIAL NAC. 3882, SISTEMA CLICOM,  
RESUMEN CLIMATOLÓGICO AÑO 2000 AL 2011.**

Suarez D., Jaime. (2001). **CONTROL DE EROSIÓN EN ZONAS TROPICALES.** Bucaramanga. pp 227 -258

Tarbutck, Edward y Lutgens, Frederick. (2005). **CIENCIAS DE LA TIERRA. UNA INTRODUCCIÓN A LA GEOLOGÍA FÍSICA.** Edición Pearson-Prentice Hall, 8ª ed. Madrid. pp 64

Ven Te Chow., Maidmen, David., y Mays, Larry. (1994) **HIDROLOGÍA APLICADA.** Editorial McGRAW-HILL INTERAMERICANA, S.A. Santa Fé de Bogotá, Colombia. Pp 180-190.

Yalin, M. S. (1972) **MECHANICS OF SEDIMENT TRANSPORT.** Pergamon Press. Denver. pp 55-57

## **APÉNDICES**

**APÉNDICE A**  
**DATOS CLIMATOLÓGICOS**







A8 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 dia mm.	0	7	7		86	26	18	73	28	65	163	14	163
EVAP Total mm.													
max dia													
Dias c/TORMENTA	1	2	1		11	8	4	6	6	6	9	2	56

**APÉNDICE B**  
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS**



## B.1 Análisis granulométrico de la muestra 1.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE			MUESTRA:		1 (Talud derecho)		
NÚCLEO BOLÍVAR			LUGAR:		Cuenca media río Caris		
ESCUELA CIENCIAS DE LA TIERRA			FECHA:		Julio 2023		
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA E INGENIERÍA GEOLÓGICA							
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR VÍA MECÁNICA							
Tam iz (nº)	Tam iz (mm)	Peso del tam iz (gr)	Peso tam iz + suelo (gr)	Suelo retenido (gr)	% Retenido	Retenido acumulado	% Pasante
4	4.750	761.05	761.86	0.81	0.16	0.16	99.84
10	2.000	703.86	712.58	8.72	1.75	1.91	98.09
40	0.425	576.89	790.22	213.33	42.69	44.60	55.40
60	0.250	531.54	643.55	112.01	22.42	67.02	32.98
120	0.125	279.13	444.23	165.10	33.04	100.06	-0.06
200	0.075	266.34	282.33	15.99	3.20	103.26	-3.26
PAN	0.000	246.39	230.1	-16.29	-3.26	100.00	0.00
Peso Suelo Final(g)				499.67	100.00		
Peso Suelo inicial(g)				500.00			
%ERROR				0.07			

Tabla B2. Análisis granulométrico de la muestra 2

UNIVERSIDAD DE ORIENTE			MUESTRA:		2 (Cauce)		
NÚCLEO BOLÍVAR			LUGAR:		Cuenca media del río Caris		
ESCUELA CIENCIAS DE LA TIERRA			FECHA:		Julio 2023		
DEPARTAMENTOS DE GEOLOGÍA E INGENIERÍA GEOLÓGICA							
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR VÍA MECÁNICA							
Tam iz (nº)	Tam iz (mm)	peso del tam iz (gr)	peso tam iz + suelo (gr)	suelo retenido (gr)	% retenido	retenido acumulado	% Pasante
4	4.75	761.11	761.13	0.02	0.00	0.00	100.00
10	2	704.10	720.3	16.20	3.24	3.24	96.76
40	0.425	578.05	810.19	232.14	46.43	49.67	50.33
60	0.25	531.75	654.01	122.26	24.45	74.13	25.87
120	0.125	279.18	395.36	116.18	23.24	97.37	2.63
200	0.075	266.44	277.6	11.16	2.23	99.60	0.40
PAN	0	246.44	248.45	2.01	0.40	100.00	0.00
Peso Suelo Final(g)				499.97	100.00		
Peso Suelo inicial(g)				500.00			
%ERROR				0.01			

Tabla B3. Análisis granulométrico de la muestra 3

UNIVERSIDAD DE ORIENTE		MUESTRA		3 (Cauce)			
NÚCLEO BOLÍVAR		LUGAR:		Cuenca media río Caris			
ESCUELA CIENCIAS DE LA TIERRA		FECHA:		Julio 2023			
DEPARTAMENTOS DE GEOLOGÍA E INGENIERÍA GEOLÓGICA							
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR VÍA MECÁNICA							
Tamiz (nº)	Tamiz (mm)	peso del tamiz (gr)	peso tamiz + suelo (gr)	suelo retenido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% Pasante
4	4.75	761.11	761.37	0.26	0.05	0.05	99.95
10	2	704.31	716.07	11.76	2.35	2.41	97.59
40	0.425	578.96	868.75	289.79	58.00	60.41	39.59
60	0.25	532.30	593.5	61.20	12.25	72.66	27.34
120	0.125	266.38	400.93	134.55	26.93	99.59	0.41
200	0.075	279.27	279.41	0.14	0.03	99.62	0.38
PAN	0	246.42	248.33	1.91	0.38	100.00	0.00
Peso Suelo Final(gr)				499.61	100.00		
Peso Suelo inicial(g)				500.00			
%ERROR				0.08			

Tabla B4. Análisis granulométrico de la muestra 4

UNIVERSIDAD DE ORIENTE		MUESTRA:		4 (Cauce)			
NÚCLEO BOLÍVAR		LUGAR:		Cuenca media del río Caris			
ESCUELA CIENCIAS DE LA TIERRA		FECHA:		Julio 2023			
DEPARTAMENTOS DE GEOLOGÍA E INGENIERÍA GEOLÓGICA							
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR VÍA MECÁNICA							
Tamiz (nº)	Tamiz (mm)	peso del tamiz (gr)	peso tamiz + suelo (gr)	suelo retenido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% Pasante
4	4.75	761.11	761.2	0.09	0.02	0.02	99.98
10	2	704.34	708.28	3.94	0.79	0.81	99.19
40	0.425	580.19	824.85	244.66	48.93	49.74	50.26
60	0.25	532.95	670.05	137.10	27.42	77.16	22.84
120	0.125	279.19	386.12	106.93	21.39	98.55	1.45
200	0.075	266.35	271.68	5.33	1.07	99.62	0.38
PAN	0	246.43	248.35	1.92	0.38	100.00	0.00
Peso Suelo Final(gr)				499.97	100.00		
Peso Suelo inicial(g)				500.00			
%ERROR				0.01			

**APÉNDICE D**  
**DATOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LAS**  
**SECCIONES TRANSVERSALES**

D.1 Coordenadas y cotas de las secciones transversales levantadas topográficamente.

EST	P. VISADO	AZIMUT	AZIMUT rad	DIST HOR	PROYEC ESTE	PROYEC NORTE	COORD ESTE	COORD NORTE	COTAS	OBSERV
	7A						407029.00	931085.00	76.10	Rib lzq
	7B	270.00	4.71238898	5.00	-5.00000000	0.00000000	407024.00	931085.00	76.00	cauce
	7C	270.00	4.71238898	10.00	-10.00000000	0.00000000	407019.00	931085.00	75.90	cauce
	7D	270.00	4.71238898	15.00	-15.00000000	0.00000000	407014.00	931085.00	75.80	cauce
	7E	270.00	4.71238898	20.00	-20.00000000	0.00000000	407009.00	931085.00	75.30	cauce
	7F	270.00	4.71238898	25.00	-25.00000000	0.00000000	407004.00	931085.00	75.00	cauce
	7G	270.00	4.71238898	30.00	-30.00000000	0.00000000	406999.00	931085.00	75.40	cauce
	7H	270.00	4.71238898	35.00	-35.00000000	0.00000000	406994.00	931085.00	75.95	cauce
	7I	270.00	4.71238898	40.00	-40.00000000	0.00000000	406989.00	931085.00	76.60	cauce
	7J	270.00	4.71238898	45.00	-45.00000000	0.00000000	406984.00	931085.00	77.20	Rib der
	6A						407029	931035	76.00	Rib lzq
	6B	270.00	4.71238898	5.00	-5.00000000	0.00000000	407024.00	931035.00	75.90	cauce
	6C	270.00	4.71238898	10.00	-10.00000000	0.00000000	407019.00	931035.00	75.80	cauce
	6D	270.00	4.71238898	15.00	-15.00000000	0.00000000	407014.00	931035.00	75.50	cauce
	6E	270.00	4.71238898	20.00	-20.00000000	0.00000000	407009.00	931035.00	75.20	cauce
	6F	270.00	4.71238898	25.00	-25.00000000	0.00000000	407004.00	931035.00	74.90	cauce
	6G	270.00	4.71238898	30.00	-30.00000000	0.00000000	406999.00	931035.00	75.30	cauce
	6H	270.00	4.71238898	35.00	-35.00000000	0.00000000	406994.00	931035.00	75.85	cauce
	6I	270.00	4.71238898	40.00	-40.00000000	0.00000000	406989.00	931035.00	76.50	cauce
	6J	270.00	4.71238898	45.00	-45.00000000	0.00000000	406984.00	931035.00	78.00	Rib der
	5A						407029	930985	75.60	Rib lzq
	5B	280.00	4.886921906	5.00	-4.92403877	0.86824089	407024.08	930985.87	75.50	cauce
	5C	280.00	4.886921906	10.00	-9.84807753	1.73648178	407019.15	930986.74	75.40	cauce
	5D	280.00	4.886921906	15.00	-14.77211630	2.60472267	407014.23	930987.60	75.10	cauce
	5E	280.00	4.886921906	20.00	-19.69615506	3.47296355	407009.30	930988.47	74.80	cauce
	5F	280.00	4.886921906	25.00	-24.62019383	4.34120444	407004.38	930989.34	74.50	cauce
	5G	280.00	4.886921906	30.00	-29.54423259	5.20944533	406999.46	930990.21	74.90	cauce
	5H	280.00	4.886921906	35.00	-34.46827136	6.07768622	406994.53	930991.08	75.45	cauce
	5I	280.00	4.886921906	40.00	-39.39231012	6.94592711	406989.61	930991.95	76.10	cauce
	5J	280.00	4.886921906	45.00	-44.31634889	7.81416800	406984.68	930992.81	77.60	Rib der
	4A						407020.32	930935.76	75.37	Rib lzq
	4B	270.00	4.71238898	5.00	-5.00000000	0.00000000	407015.32	930935.76	75.27	cauce
	4C	270.00	4.71238898	10.00	-10.00000000	0.00000000	407010.32	930935.76	75.17	cauce
	4D	270.00	4.71238898	15.00	-15.00000000	0.00000000	407005.32	930935.76	74.87	cauce
	4E	270.00	4.71238898	20.00	-20.00000000	0.00000000	407000.32	930935.76	74.57	cauce
	4F	270.00	4.71238898	25.00	-25.00000000	0.00000000	406995.32	930935.76	74.27	cauce
	4G	270.00	4.71238898	30.00	-30.00000000	0.00000000	406990.32	930935.76	74.67	cauce
	4H	270.00	4.71238898	35.00	-35.00000000	0.00000000	406985.32	930935.76	75.22	cauce
	4I	270.00	4.71238898	40.00	-40.00000000	0.00000000	406980.32	930935.76	75.87	cauce
	4J	270.00	4.71238898	45.00	-45.00000000	0.00000000	406975.32	930935.76	77.37	Rib der
	3A						407029.00	930886.52	75.22	Rib lzq
	3B	260.00	4.537856055	5.00	-4.92403877	-0.86824089	407024.08	930886.65	75.12	cauce
	3C	260.00	4.537856055	10.00	-9.84807753	-1.73648178	407019.15	930887.78	75.02	cauce
	3D	260.00	4.537856055	15.00	-14.77211630	-2.60472267	407014.23	930888.91	74.72	cauce
	3E	260.00	4.537856055	20.00	-19.69615506	-3.47296355	407009.30	930889.05	74.42	cauce
	3F	260.00	4.537856055	25.00	-24.62019383	-4.34120444	407004.38	930890.18	74.12	cauce
	3G	260.00	4.537856055	30.00	-29.54423259	-5.20944533	406999.46	930891.31	74.52	cauce
	3H	260.00	4.537856055	35.00	-34.46827136	-6.07768622	406994.53	930892.44	75.07	cauce
	3I	260.00	4.537856055	40.00	-39.39231012	-6.94592711	406989.61	930893.57	75.72	cauce
	3J	260.00	4.537856055	45.00	-44.31634889	-7.81416800	406984.68	930894.71	77.22	cauce
	3K	260.00	4.537856055	50.00	-49.24038765	-8.68240888	406979.76	930877.84	77.25	Rib der
	2A						407029.00	930836.52	74.82	Rib lzq
	2B	270.00	4.71238898	5.00	-5.00000000	0.00000000	407024.00	930836.52	74.72	cauce
	2C	270.00	4.71238898	10.00	-10.00000000	0.00000000	407019.00	930836.52	74.62	cauce
	2D	270.00	4.71238898	15.00	-15.00000000	0.00000000	407014.00	930836.52	74.32	cauce
	2E	270.00	4.71238898	20.00	-20.00000000	0.00000000	407009.00	930836.52	74.02	cauce
	2F	270.00	4.71238898	25.00	-25.00000000	0.00000000	407004.00	930836.52	73.72	cauce
	2G	270.00	4.71238898	30.00	-30.00000000	0.00000000	406999.00	930836.52	74.12	cauce
	2H	270.00	4.71238898	35.00	-35.00000000	0.00000000	406994.00	930836.52	74.50	cauce
	2I	270.00	4.71238898	40.00	-40.00000000	0.00000000	406989.00	930836.52	74.60	cauce
	2J	270.00	4.71238898	45.00	-45.00000000	0.00000000	406984.00	930836.52	74.74	cauce
	2K	270.00	4.71238898	50.00	-50.00000000	0.00000000	406979.00	930836.52	74.80	Rib der
	1A						407029.00	930786.52	74.47	Rib lzq
	1B	270.00	4.71238898	5.00	-5.00000000	0.00000000	407024.00	930786.52	74.37	cauce
	1C	270.00	4.71238898	10.00	-10.00000000	0.00000000	407019.00	930786.52	74.27	cauce
	1D	270.00	4.71238898	15.00	-15.00000000	0.00000000	407014.00	930786.52	73.97	cauce
	1E	270.00	4.71238898	20.00	-20.00000000	0.00000000	407009.00	930786.52	73.67	cauce
	1F	270.00	4.71238898	25.00	-25.00000000	0.00000000	407004.00	930786.52	73.37	cauce
	1G	270.00	4.71238898	30.00	-30.00000000	0.00000000	406999.00	930786.52	73.77	cauce
	1H	270.00	4.71238898	35.00	-35.00000000	0.00000000	406994.00	930786.52	74.15	cauce
	1I	270.00	4.71238898	40.00	-40.00000000	0.00000000	406989.00	930786.52	74.25	cauce
	1J	270.00	4.71238898	45.00	-45.00000000	0.00000000	406984.00	930786.52	74.39	cauce
	1K	270.00	4.71238898	50.00	-50.00000000	0.00000000	406979.00	930786.52	74.45	Rib der

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/5

<b>Título</b>	<b>ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES DE LA RIBERA DERECHA Y DEL MOVIMIENTO DE LOS SEDIMENTOS DEL CAUCE EN UN TRAMO DEL RÍO CARIS, MUNICIPIO INDEPENDENCIA, ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA.</b>
<b>Subtítulo</b>	

**Autor(es)**

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>Código CVLAC / e-mail</b>	
<b>CASANOVA CÓRDOVA, JOSÉ ROBERTO</b>	<b>CVLAC</b>	22.800.658
	<b>e-mail</b>	josecasanova03112@gmail.com
	<b>e-mail</b>	
<b>ROJAS, ANTHONY JESÚS</b>	<b>CVLAC</b>	26.997.816
	<b>e-mail</b>	rojasanthony28@gmail.com
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	

**Palabras o frases claves:**

<i>taludes de la ribera del río</i>
<i>Transporte de sedimentos</i>
<i>Geomorfología fluvial Río Caris</i>
<i>Río Caris, estado Anzoátegui</i>

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/5

**Líneas y sublíneas de investigación:**

Área	Subárea
Mecánica de Suelos	Estabilidad de taludes
Mecánica de sedimentación / Geomorfología fluvial	Movimiento de sedimentos

**Resumen (abstract):**

La presente investigación se desarrolló en un tramo del río Caris, específicamente en su cuenca media, el cual es uno de los ríos más importantes del sur del estado Anzoátegui, drenando sus aguas cargadas de sedimentos en el río Orinoco, en el municipio Independencia del citado estado. El objetivo del estudio es evaluar las condiciones de estabilidad del talud de la ribera derecha descendente de este tramo del río Caris. Para el desarrollo de este objetivo se aplicó una metodología de investigación de tipo descriptiva con un diseño de campo y documental. Para el logro de la investigación se realizará un reconocimiento del área de estudio a fin constatar las condiciones del talud de ribera del río; luego, se efectuó un levantamiento topográfico expeditivo para la construcción del plano topográfico y las secciones transversales que permitirán describir geomorfológicamente dicha zona (incluyendo el cauce y riberas del río Caris. En el cauce y talud de la ribera derecha, se tomaron cuatro (4) muestras de suelos del cauce y talud, para caracterizar texturalmente los sedimentos que se presume sean erosionados y transportadas por las corrientes fluviales. Posteriormente, se determinaron las características morfométricas de la cuenca y las geométricas del cauce. Asimismo, utilizando el método del Hidrograma Triangular Unitario SCS, se estimó el caudal que aportaría la cuenca y con base a ello se simuló los procesos de erosión (socavación) o transporte de sedimentos utilizando el modelo de Hjulström. Entre los resultados relevantes se concluyó que la geomorfología indica que el tramo evaluado del río Caris en su cuenca media es sinuoso a recto, aunque regionalmente es meandrante y su pendiente es baja. Las riberas y llanura de inundación poseen relieve de sabana. Por otro lado, los sedimentos corresponden a arenas mal gradadas (SP) y la forma de sus partículas son predominantemente sub-redondeados y redondeados. La cuenca presenta un área de 2001.3 km<sup>2</sup> con una forma entre ovalada y oblonga con buenas condiciones de producir inundaciones significativas. El caudal aportado por la cuenca es de 17.48 m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 10 años respectivamente. Según el modelo de Hjulström los sedimentos del cauce requieren para ser erosionados, velocidades del flujo de al menos 0.24 m/s. Finalmente, la evaluación de la estabilidad del talud indica que es talud se encuentra en condiciones de inestabilidad.

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/5

**Contribuidores:**

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>ROL / Código CVLAC / e-mail</b>	
<i>Echeverría Díaz, Dafnis José</i>	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> T <input checked="" type="checkbox"/> ju <input type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	4.506.408
	<b>e-mail</b>	dafnisecheverria2807@gmail.com
	<b>e-mail</b>	
<i>Padilla F., Karla A.</i>	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> ju <input checked="" type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	21.264.829
	<b>e-mail</b>	krpadilla9@gmail.com
	<b>e-mail</b>	
<i>Jiménez, Erasto</i>	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/> U <input checked="" type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	26.193.985
	<b>e-mail</b>	erastojimenez@gmail.com
	<b>e-mail</b>	
	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	

**Fecha de discusión y aprobación:**

<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>Día</b>
------------	------------	------------

2024	10	20
------	----	----

**Lenguaje:** spa

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/5

**Archivo(s):**

<b>Nombre de archivo</b>	<b>Tipo MIME</b>
<i>Análisis de la estabilidad de los taludes de la ribera derecha y del movimiento de los sedimentos del cauce en un tramo del río Caris.doc</i>	<i>application/msword</i>

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, estado Anzoátegui, Venezuela (Opcional)

**Temporal:** 10 años (Opcional)

**Título o Grado asociado con el trabajo:**

*Geólogo e Ingeniero Geólogo*

**Nivel Asociado con el Trabajo:** *Pregrado*

**Área de Estudio:**

*Geomorfología Fluvial*

Usualmente el nombre del programa o departamento.

**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

CU N° 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

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

Estimado Profesor Martínez:

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

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

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

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

Cordialmente,

*Juan A. Bolaños Curvelo*  
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.



**José Roberto Casanova Córdova**  
C.I. No. 22.800.658  
AUTOR 1



**Anthony Jesús Rojas.**  
C.I. No 26.997.816  
AUTOR 2



**Dafnis José Echeverría Díaz**  
C.I. No 4.506.408  
TUTOR