

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



**INCIDENCIA DEL MOVIMIENTO DE SEDIMENTOS EN EL
TRAZADO DEL CANAL DE NAVEGACIÓN DEL SECTOR
NOINA DEL RÍO ORINOCO, ESTADO DELTA AMACURO,
VENEZUELA.**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO PRESENTADO
POR LA BACHILLER
GARCÍA R., MARILEN C.
PARA OPTAR AL TÍTULO
DE GEÓLOGO.**

CIUDAD BOLÍVAR, MOYO 2023



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

HOJA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, titulado **“INCIDENCIA DEL MOVIMIENTO DE SEDIMENTOS EN EL TRAZADO DEL CANAL DE NAVEGACIÓN DEL SECTOR NOINA DEL RÍO ORINOCO, ESTADO DELTA AMACURO, VENEZUELA”**, presentado por el bachiller **GARCÍA RONDÓN, MARILEN CAROLINA**, de cédula de identidad N° **25.932.881**, como requisito parcial para optar por el título de: **GEÓLOGO**, ha sido aprobado de acuerdo al reglamento de la Universidad de Oriente.

Nombre y Apellido del profesor.:

Firma

Prof. Dafnis Echeverría D.
(Asesor)

Prof. Juan España
(Jurado)

Prof. Beatriz Echeverria
(Jurado)

Prof. Rosario Rivadulla
Jefe del Depto. de Geología

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

En Ciudad Bolívar a los 9 días del mes de mayo de 2022

DEDICATORIA

Le dedico este logro a mis seres más queridos, Dios omnipotente por permitir que este hoy donde esté.

A mi madre Marlen Rondon, mi papá Romaldo García, mis hermanas, mi ángel en el cielo Gyselee Salamanca y mis primos que siempre estuvieron allí. Gracias por ser quienes son y por creer en mí.

A mi grupo de estudio, siempre luchando juntos: Adriana Seafort, Anggy Hernández, Caren Gutiérrez, Dalia García, Estefanía Bisoonday, George Rodríguez, Jesús ledezma, José Barrios, José Leon, Míglelis Díaz, Rusmervi Cordobés, Yorman Ledezma. Gracias por siempre estar ahí.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad de Oriente por las oportunidades brindadas, y a todas las personas que fueron partícipes en ellas de manera directa o indirecta del conjunto de todos los conocimientos que me han otorgado. Gracias a todos ustedes hoy se ve reflejada la culminación de mi paso por la institución. Gracias a mi tutor académico por sus consejos, ideas y correcciones, por sus horas de trabajo cuando mis ideas eran confusas para escribir lo que hoy he logrado. Finalmente, a mis padres y a Dios por ser mi motivación.

RESUMEN

El objetivo general de la investigación es analizar la incidencia del movimiento de los sedimentos en el trazado del canal de navegación en el sector Noina del río Orinoco, estado Delta Amacuro. El trabajo de investigación se enmarcó dentro de las características del nivel de investigación denominado descriptiva. Para la realización de la presente investigación se determinaron las características morfológicas del lecho del río, mediante la elaboración de secciones transversales para observar las profundidades presentes, también se realizaron modelos digitales tridimensionales del lecho con el fin de observar la morfología en el lecho. Además, se estableció el comportamiento hidrodinámico del río, para ello se construyó un hidrograma de niveles del río, correlaciones de caudales, niveles y velocidades, así mismo se describieron los parámetros hidráulicos más importantes como fueron el coeficiente de rugosidad de Manning, la pendiente hidráulica y la pendiente del lecho. También se realizaron análisis geotécnicos del material del lecho, a través de ensayos granulométricos, clasificando el material del lecho como arenas medias. Las formas predominantes de las partículas presentes son angulosas siendo el cuarzo el mayor contenido mineralógico presente. Además, se aplicaron diferentes modelos de movimiento incipiente de las partículas tales como, Hjulström, Shields, Van Rijn, Bagnold y Engellund, con el fin de observar los parámetros de iniciación de movimiento. Finalmente se revisaron las velocidades de corrientes y los patrones preferenciales de flujos en el sector Noina, se pudo observar que el trazado actual del canal se corresponde con las mayores profundidades las cuales están en el orden entre 14 m a 18 m, presentando velocidades de los flujos entre 1,60 m/s a 2,35 m/s. Es importante señalar que las corrientes predominantes del río en el sector es afectada, al menos en dos (2) oportunidades durante cada día, por los cambios de dirección de corriente que se producen en el caño Noina por efecto de la ocurrencia de las dos (2) mareas altas y las dos (2) mareas bajas, se presume que este proceso de inversión de corriente en el caño mencionado pudiese tener un efecto positivo en el auto mantenimiento o limpieza de los sedimentos que pudiesen transitar a través del trazado actual del canal de navegación, en virtud de lo cual se ratifica como adecuado el actual alineamiento de esta vía fluvial artificial.

CONTENIDO

	Página
HOJA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	v
CONTENIDO	vi
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABLAS	xi
LISTA DE APÉNDICES	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
SITUACIÓN A INVESTIGAR	3
1.1 Formulación del problema.....	3
1.2 Objetivos de la investigación.....	4
1.2.1 Objetivo general	4
1.2.2 Objetivos específicos	5
1.3 Justificación de la investigación	5
1.4 Alcance de la investigación	6
1.5 Limitaciones de la investigación	6
CAPÍTULO II	7
GENERALIDADES	7
2.1 Ubicación geográfica.....	7
2.2 Acceso al área.....	8
2.3 Geología regional	8
2.3.1. Provincia geológica de Imataca.....	8
2.3.2 Formación Mesa	9
2.4 Características físicas y naturales del área de estudio	12
2.4.1 Clima	12
2.4.2 Vegetación	13
2.4.3 Fauna	15
2.5. Características de suelo	16
2.5.1 Milla 40 a milla 53.....	16
2.5.3 Milla 52 a milla 62.....	16
2.6 Características geomorfológicas.....	16
2.7 Características hidrológicas.....	19

CAPÍTULO III	21
MARCO TEÓRICO	21
3.1 Antecedente de la investigación	21
3.2 Bases teóricas	23
3.2.1 Canales de navegación	23
3.2.2 El Canal navegable	23
3.2.3 Dragado	24
3.2.4 Dragado de tolva	25
3.2.5 Morfología de río	25
3.2.6 Forma de lecho	27
3.2.7 Transporte de sedimentos	28
3.2.8 Procesos sedimentarios	29
3.2.9 Aforos	30
3.2.10 Requisitos para la realización de los aforos de vado	30
3.2.11 Métodos de aforos	31
3.2.12 Movimiento incipiente	32
3.2.13 Programa HEC-RAS	49
3.2.14 Programa S.M.S	52
3.3 Bases legales	54
3.4 Definición de términos básicos	55
3.4.1 Barras	55
3.4.2 Los sedimentos gruesos (arenas y grabas)	55
3.4.3 Los sedimentos finos (arenas finas, limos y arcillas)	56
3.4.4 Carga de fondo	56
3.4.6 El número de Froude	56
3.4.7 Patrón de drenaje	56
3.4.8 Caudal	56
3.4.9 Saltación	57
3.4.10 Suelo	57
3.4.11 Estructuras	58
CAPÍTULO IV	59
METODOLOGÍA DEL TRABAJO	59
4.1 Nivel de investigación	59
4.1.1 Investigación descriptiva	59
4.1.2 Investigación aplicada	59
4.2 Diseño de investigación	60
4.2.1 Investigación documental	60
4.3 Población y muestra de la investigación	61
4.3.1 Población de la investigación	61
4.3.2 Muestra de la investigación	62

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	63
4.4.1 Técnicas de recolección de datos.....	63
4.4.2 Instrumentos de recolección de datos.....	64
4.5. Flujograma de la metodología y descripción del flujograma	65
4.6 Procedimiento para el logro de los objetivos.....	65
4.6.1 Recopilación de datos del área en estudio	65
4.6.2 Descripción de la morfología del área de estudio.....	66
4.6.3 Describir los parámetros hidráulicos del flujo en el área de estudio	67
CAPÍTULO V	69
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	69
5.1 Caracterización climatológica del área de estudio	69
5.2 Descripción morfológica del área de estudio	70
5.3 Descripción de parámetros hidráulicos.....	74
5.3.1 Elaboración de la correlación de niveles, caudal y velocidad	74
5.3.2 Determinación de pendientes hidráulicas y pendientes del lecho	76
5.3.3 Estimación de niveles de la superficie del agua	78
5.4 Características texturales de los materiales del lecho.....	79
5.4.1 Análisis granulométrico de las muestras	82
5.4.2 Análisis de esfericidad y redondez	83
5.5 Caracterización del movimiento de las partículas del lecho.....	84
5.5.2 Aplicación del modelo de Hjulström.....	86
5.5.3 Aplicación del modelo de Van Rijn	87
5.5.4 Aplicación de los modelos de Bagnold y Engellund	88
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	91
Conclusiones.....	91
Recomendaciones	93
REFERENCIAS	94
APÉNDICES.....	97

LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 Ubicación del sector Noina del río Orinoco.....	7
2.2 Acceso al área de estudio.....	8
2.3 Mapa de las provincias geológicas del escudo de Guayana (Modificado de Mendoza, 2002).....	9
2.4 Extensión geográfica de la Formación Mesa (Modificada de PDVSA-Intevep, 2005).....	10
3.1 Formas del lecho en ríos arenosos (Chang, 1988).....	28
3.2 Diagrama de Shields para movimiento incipiente (Vanoni, 1975 en Yang, 1996).....	33
3.3 Criterio erosión – depositación para partículas uniformes (Hjulström, 1935 en Yang, 1996).....	38
3.4 Velocidades críticas del agua para sedimentos de cuarzo como una .función del tamaño medio del grano (Vanoni, 1977 en Yang, 1996).	38
3.5 Fuerza tractiva versus el tamaño del sedimento transportable (USBR 1987 en Yang, 1996).....	40
3.6 Distribución de la fuerza tractiva en una sección de canal. Trapezoidal (Chow, 1994).....	42
3.7 Fuerzas tractivas unitarias máximas en términos de w y S (Chow, 1994).....	43
3.8 Análisis de las fuerzas que actúan en una partícula que reposa en la superficie del lecho de un canal. (Chow, 1994).....	44
3.9 Fuerzas tractivas unitarias permisibles recomendadas por el U.S. Bureau of. Reclamation, para materiales no cohesivos (Chow, 1994).....	47
3.10 Iniciación del movimiento y suspensión de las partículas sobre el fondo del lecho (Rijn Van, 1989).....	49
3.11 Ventana principal del programa HEC-RAS.....	51
3.12 Ventana principal de SMS (<i>Modeling System</i>).....	53
4.1 Flujograma de la investigación.....	65
5.1 Secciones transversales del sector Noina.....	72
5.2 Imagen tridimensional, del sector Noina del canal de navegación del río Orinoco (referencia plano OODB5399 del 14.07.2001).....	73
5.3 Profundidades en el sector Noina interpretadas por el programa SMS.....	74
5.4 Correlación Velocidad del flujo vs Nivel del agua en la estación de aforos de la Vuelta del Diablo.....	75
5.5 Correlación Caudal vs Nivel del agua.....	75
5.6 Esquema de relación entre los datum Nivel de aguas bajas (NAB) y el Nivel medio del mar (NMM).....	76
5.7 Estimación de la pendiente hidráulica entre las secciones transversales construidas en el sector Noina en el programa	

	HEC.RAS.....	77
5.8	Hidrograma del río Orinoco en el sector Noina período 2000-2009	78
5.9	Plano de velocidad de corriente en el sector Noina.....	79
5.10	Posición aproximada de los puntos de muestreo de materiales del lecho (imagen de satélite Landsat/Copernicus de Google Earth Pro modificada).....	81
5.11	Imagen de la tolva de la draga donde se toman las muestras de suelos	81
5.12	Curvas granulométricas de las muestras 1, 2, 3 y 4.....	83
5.13	Análisis de esfericidad y redondez promedio de las partículas.....	84
5.14	Diagrama de Shields para movimiento incipiente.....	86
5.15	Diagrama de Hjulström Criterio erosión – depositación para Partículas.....	87
5.16	Diagrama Van Rijn, Iniciación del movimiento y suspensión de partículas sobre el fondo del lecho.....	88
5.17	Diagrama para Bagnold y Engellund, de Iniciación del movimiento y suspensión de las partículas sobre el fondo del lecho.....	89

LISTA DE TABLAS

		Página
5.1	Condiciones de temperatura, precipitación, radiación solar y vientos en Noina.....	70
5.2	Coordenadas UTM de los puntos de muestreo.....	80
5.3	Datos para el análisis de movimiento incipiente.....	85
5.4	Variables para aplicación del modelo de Shields.....	85
5.5	Variables para la aplicación del modelo de Van Rijn.....	87
5.6	Resumen de los modelos de movimiento de las partículas del lecho	89

LISTA DE APÉNDICES

	Página
A TABLAS DE DATOS HIDRÁULICOS, BATIMÉTRICOS Y TEXTURALES.....	96
A.1.Datos de Correlación de nivel, caudal y velocidad, correspondiente al sector Noina.....	97
A.2.Coordenadas de las secciones transversales escogidas en el plano batimétrico OODB5399 del sector Noina.....	98
A.3 Datos del hidrograma proyectado del sector Noina.....	98
A.4 Secciones transversales 1 a 5 del sector Noina.....	99
A.5 Secciones transversales 6 a 10 del sector Noina.....	100
A.6 Análisis granulométrico de la muestra M1.....	101
A.7 Análisis granulométrico de la muestra M2.....	101
A.8 Análisis granulométrico de la muestra M3.....	102
A.9 Análisis granulométrico de la muestra M4.....	102

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo considera como objeto de estudio el análisis de la incidencia del movimiento de los sedimentos en el trazado del canal de navegación del sector Noina del río Orinoco, con la finalidad de analizar los flujos de agua y sedimentos que permitan validar o proponer la modificación u opciones de mejoras de la posición actual del alineamiento o del trazado planta del canal de navegación.

Los alcances planteados para el desarrollo de esta investigación se fundamentan en revisar la información geológica, geomorfológica, hidrológica, textural e hidrodinámica, así como de la dirección de corrientes, o cualquier otra que resulte pertinente y adecuada para revisar el trazado actual del canal de navegación del río Orinoco en el sector antes mencionado.

El trabajo de investigación se encuentra estructurado en cinco (5) capítulos, como se describe a continuación:

El Capítulo I contiene la formulación del problema, los objetivos de la investigación: objetivo general, específicos, la justificación, el alcance y las limitaciones.

El Capítulo II expresa las generalidades del sector de estudio, como son, su ubicación geográfica, el acceso al área, las características físicas y naturales y la geología regional y local de dicho sector.

El Capítulo III contiene el marco teórico y los antecedentes de la investigación, el cual sirvió de base para la indagación y esclarecimiento de diversos elementos

comprendidos en la investigación. Además, contiene la definición de términos básicos con el objeto expresar un significado preciso, acorde con el desarrollo del tema.

El Capítulo IV corresponde a la metodología utilizada al realizar la investigación, la población y muestra objeto de estudio, las técnicas e instrumentos empleados para obtener la información, así como los pasos requeridos para realizar la investigación.

El Capítulo V expresa el análisis e interpretación de los datos obtenidos a lo largo del desarrollo de la investigación, para finalmente presentar las conclusiones, recomendaciones, bibliografía utilizada y anexos.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Formulación del problema

De acuerdo a los estudios realizados sobre el transporte de sedimentos en el río Orinoco este podría sobrepasar los 400 millones de metros cúbicos anuales (TAMS, 1970) a todo lo largo de su cauce. Estos materiales se erosionan, transportan y depositan en el río obedeciendo a las condiciones hidrodinámicas y geomorfológicas presentes las cuales varían a lo largo del ciclo hidrológico anual del río.

Y tal como se ha expresado en el párrafo anterior, las corrientes fluviales del río Orinoco no son sólo agua sino que acarrean una importante cantidad de sedimentos; es decir, es un flujo bifásico y ambos componentes (agua y sedimentos) tienen una importancia determinante en el diseño, construcción y mantenimiento de cualquier infraestructura que se pretenda construir en este ámbito fluvial.

Ahora bien, el río Orinoco es utilizado como vía de navegación para el ingreso y salida de gabarras de buques de gran calado; sin embargo, el continuo proceso de sedimentos dificulta la permanencia de adecuadas profundidades que permitan el tránsito seguro de todas estas embarcaciones. Por ello, es de vital importancia conocer la dinámica sedimentaria que permita programar el diseño y mantenimiento adecuado del canal de navegación.

En ese orden de ideas y debido a que el sector Noina es uno de los sectores del río Orinoco eventualmente sujeto a procesos de dragado de mantenimiento y balizamiento, se plantea como problemática de investigación la necesidad de conocer con mayor detalle todos los aspectos involucrados en el movimiento de sedimentos en

dicho sector con la finalidad de evaluar la idoneidad del trazado actual del canal de navegación y proponer opciones de un nuevo trazado en el caso de que ello se requiera.

Visto el anterior planteamiento, cabe formular las siguientes interrogantes de investigación:

¿Cuáles son las características geológicas y climáticas del área de estudio?

¿Cómo es la morfología del cauce del sector Noina del río Orinoco?

¿Describir los parámetros hidráulicos del flujo bifásico (agua – sedimentos) en el área de estudio?

¿Cuáles son las características texturales de los materiales del lecho que son transportados por las corrientes fluviales?

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

1.2 Objetivos de la investigación

Los objetivos de la investigación se definen a continuación:

1.2.1 Objetivo general

Analizar la incidencia del flujo bifásico (agua – sedimentos) en el trazado del canal de navegación en el sector Noina del río Orinoco, estado Delta Amacuro, Venezuela.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar la climatología del área de estudio
2. Describir la morfología del área de estudio.
3. Describir los parámetros hidráulicos del flujo del agua en el sector .
4. Caracterizar texturalmente los materiales del lecho del río en el sector Noina.
5. Analizar el movimiento de los sedimentos de acuerdo a los modelos de Hjulström, Shields, Van Rijn, Bagnold y Engellund.

1.3 Justificación de la investigación

La zona de estudio es utilizada como vía de navegación de gabarras y buques de gran calado, pero también, al igual que otras zonas del río Orinoco, es un área eventualmente propensa a la depositación anual de volúmenes importantes de sedimento.

Estos procesos hidrodinámicos de erosión, transporte y sedimentación de alguna forma significan un inconveniente para mantener constantemente profundidades adecuadas para el tránsito seguro de entrada y salida de las embarcaciones de gran calado a través del canal del Orinoco.

Por tal motivo, es necesario conocer con mayor detalle todos los aspectos relacionados con el movimiento de este flujo bifásico que puede incidir de alguna manera en el trazado óptimo del canal de navegación en el sector de estudio.

1.4 Alcance de la investigación

Esta investigación aportará conocimientos importantes sobre aspectos variados de la hidrodinámica y de los procesos de mecánica de arrastre de sedimentos en el sector que contribuirán finalmente a un trazado óptimo del canal de navegación. En ese orden de ideas, es necesario acotar que para esta investigación se realizarán caracterizaciones del área de estudio desde el punto de vista geológico, climático, geomorfológico, textural de los sedimentos, hidráulica de las corrientes y finalmente, caracterizar las condiciones del flujo de la fase sólida a través del sector.

Todos estos conocimientos aportados contribuirán a la mejora del trazado idóneo del canal navegable.

1.5 Limitaciones de la investigación

Para el momento de elaboración del presente anteproyecto de la investigación no se han detectado limitaciones u obstáculos que pudiesen impedir el desarrollo normal del proceso de ejecución del Trabajo de grado. Sin embargo, se prevé que algunas acciones de campo como los procesos de muestreo deberán ser coordinadas con la CVG Gerencia del Canal de Navegación del Orinoco (CVG -GCNO) por cuanto existen limitaciones de seguridad industrial para la intervención de estudiantes y pasantes en las actividades de campo tal como el muestreo de materiales del lecho.

Finalmente, es necesario destacar que si bien es cierto que la entidad Estatal CVG -GCNO facilitó la información batimétrica del área de estudio para su consulta dentro de las instalaciones de la empresa, no se contó con el documento gráfico en formato digital para ser incluido dentro de la Tesis de , por políticas de la empresa,

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica

El área de estudio está comprendida por el sector Noina, que se encuentra en la milla 42 hasta la milla 54.1 del canal de navegación del río Orinoco y abarca un canal de dragado con un ancho de 152 metros. Cuyas características de rumbo del canal artificial queda conformado así: primer rumbo $316^{\circ}50'$ y segundo rumbo $320^{\circ}00'$. Manteniendo vinculación territorial el estado Delta Amacuro.

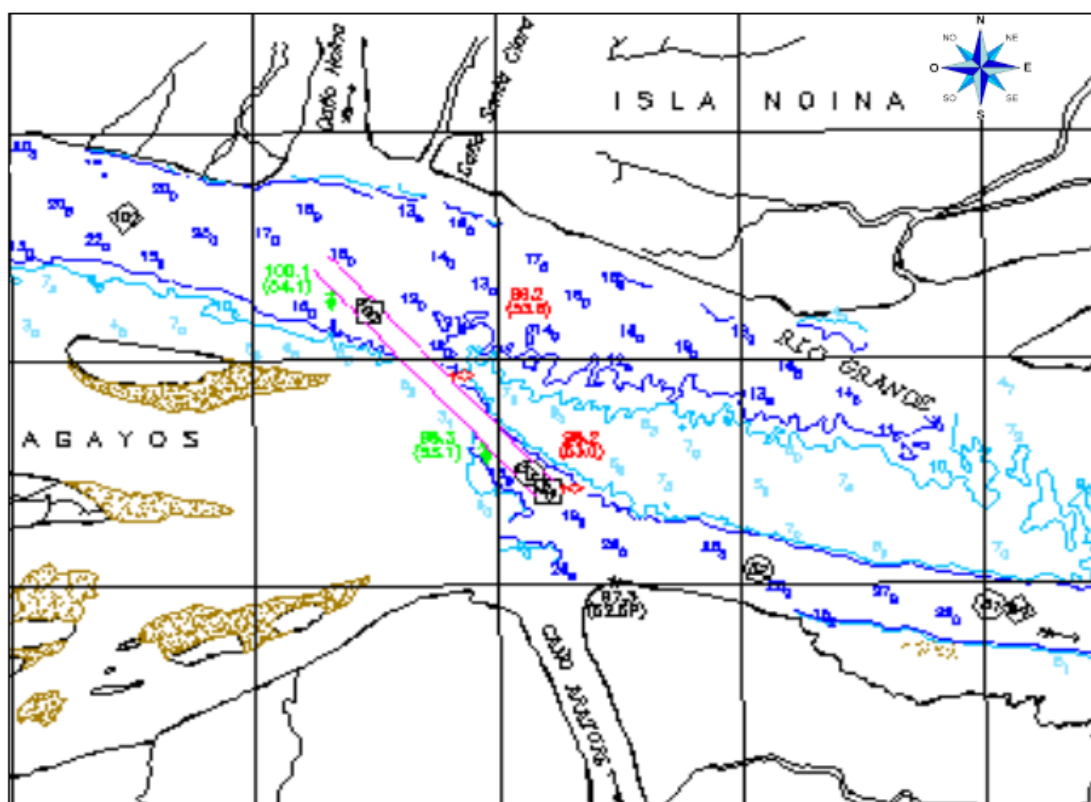


Figura 2.1 Ubicación del sector Noina del río Orinoco.

2.2 Acceso al área

Debido a la ubicación geográfica de la zona de estudio, el acceso se realiza vía terrestre hasta la población de Barrancas del Orinoco y desde allí por vía fluvial, por embarcaciones facilitadas por la empresa (CVG GCNO) del río Orinoco, hasta el sector Noina.

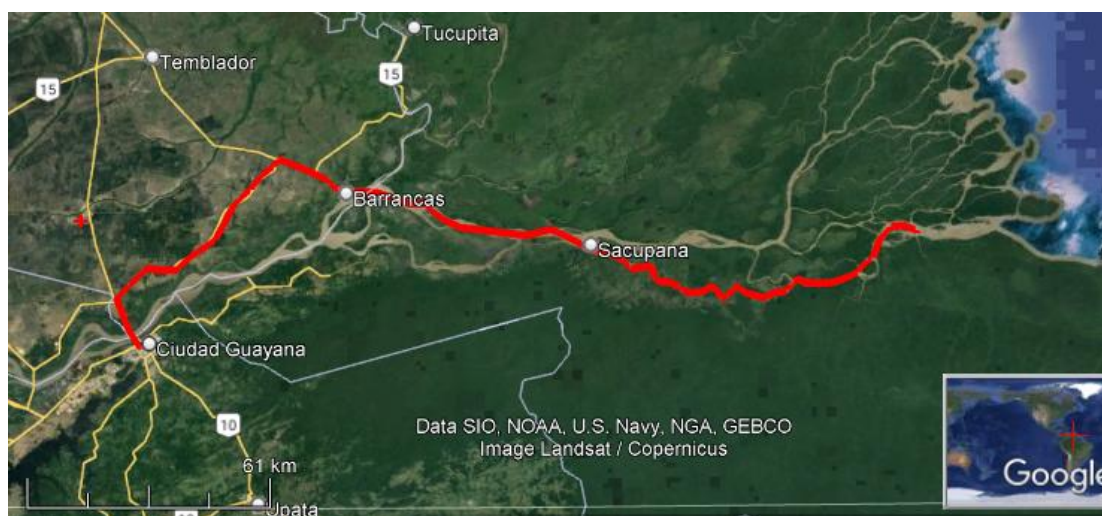


Figura 2.2 Acceso al área de estudio.

2.3 Geología regional

La geología regional está representada por lo que se conoce como Provincia geológica de Imataca, la Formación Mesa y los Sedimentos Recientes.

2.3.1. Provincia geológica de Imataca

La Provincia Geológica de Imataca se extiende en dirección Suroeste-Noreste desde las Proximidades del río Caura hasta el Delta del Orinoco y en dirección Noroeste-Sureste aflora desde el curso del río Orinoco hasta la Falla de Guri por unos

550 Km .y 80 Km. Respectivamente (Figura 2.1). Litológicamente la Provincia de Imataca está formada por gneises graníticos y granulitas félsicas (60 – 75%), anfibolitas y granulitas máficas, y hasta ultramáficas (15 – 20%), y cantidades menores complementarias de formaciones bandeadas de hierro, dolomitas, charnockitas, anortositas y granitos intrusivos más jóvenes y remanentes erosionales de menos metamorfizados y más jóvenes CRV – TTG gneisicos (El Torno – Real Corona)(Mendoza,2.002).

2.3.2 Formación Mesa

Se extiende por los llanos centro-orientales (estados Guárico, Anzoátegui, Monagas), sin embargo se encuentran algunos afloramientos en los estados Sucre y Bolívar (inmediatamente al Sur del río Orinoco) (Figura 2.3) (PDVSA Intevep, 2005).

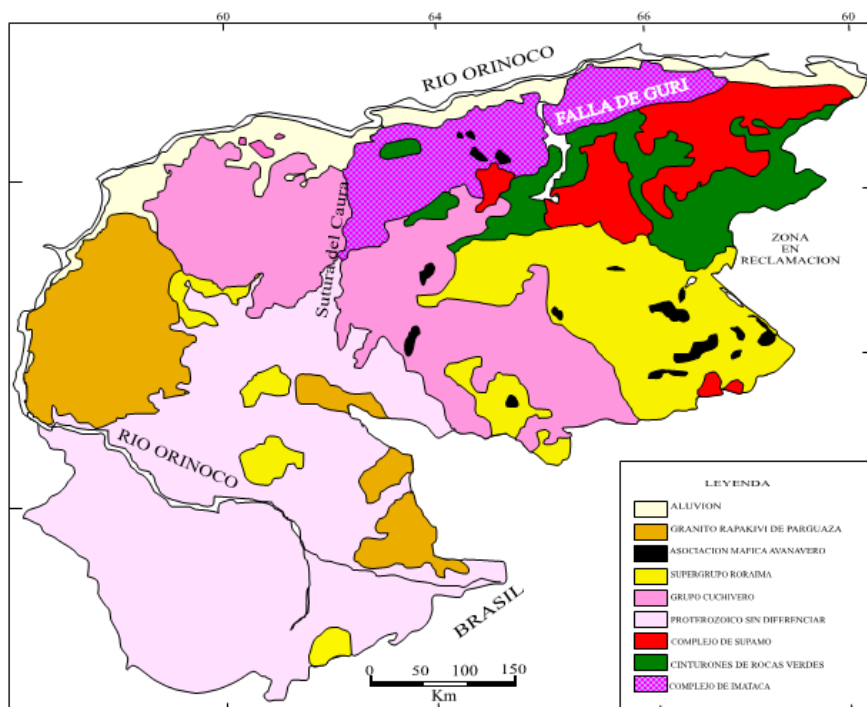


Figura 2.3 Mapa de las provincias geológicas del escudo de Guayana (Modificado de Mendoza, 2002).

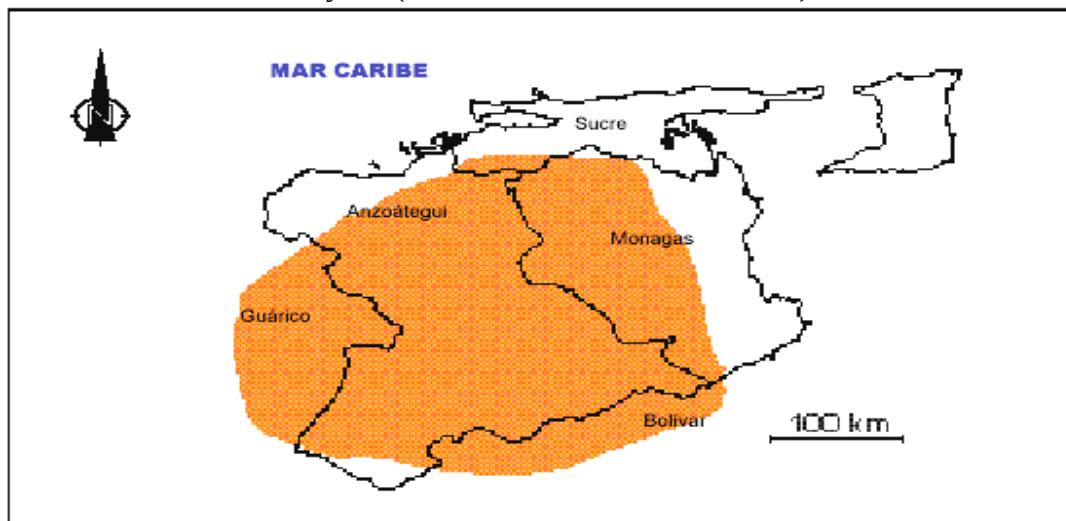


Figura 2.4 Extensión geográfica de la Formación Mesa (Modificada de PDVSA-Intevep, 2005).

a. Descripción litológica: consiste de arenas, algunas de grano grueso con gravas, de color blanco a gris, amarillentas, rojo y púrpura, algunas cementadas con cemento ferruginoso, muy duras, con estratificación cruzada (PDVSA-Intevep, 2005). Conglomerados de color rojo a casi negro, algunos con elementos líticos redondos, tipo pudinga, de tamaño grande, aproximadamente 15 centímetros de diámetro, en una matriz arcillo-arenosa de color gris claro a amarillo (PDVSA-Intevep, 2005). Arcilla, de color gris, rojo y amarillo intenso, algunas moteadas, abigarradas y en lentes discontinuos de arcilla arenosa y lentes de limonita (González de Juana, 1.946 y Furrer y Castro, 1.997 en PDVSA-Intevep, 2005). 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 Guayana, gradan de más finos a más gruesos (PDVSA-Intevep, 2005).

b. Espesor: es muy variable, pero en términos generales disminuye de Norte a Sur como consecuencia del cambio en la sedimentación fluvial y deltaica, y aumenta

de Oeste a Este por el avance de los sedimentos deltaicos (González de Juana et al., 1.980 en PDVSA-Intevep, 2005). Su espesor máximo puede llegar a alcanzar los 275 metros, mientras que en el estado Bolívar llega a los 80 metros o más (PDVSA-Intevep, 2005).

c. Contactos: en el estado Bolívar la Formación Mesa suprayace en posición discordante a las rocas del Complejo de Imataca (PDVSA-Intevep, 2005). Por debajo de la Formación Mesa, en ocasiones debajo de las capas de suelo y como terrazas de inundación se observa la presencia de roca meteorizada del basamento, fracturada y diaclasada.

d. Fósiles: en la Formación Mesa se han encontrado fósiles de agua dulce asociados con arcillas ligníticas y restos de madera silificada (xilópalo y sílex xiloideo) (González de Juana et al., 1.980 en PDVSA-Intevep, 2005).

e. correlación: los sedimentos de la Formación Mesa gradan hacia el Este a sedimentos de la Formación Paria (PDVSA-Intevep, 2005).

f. Edad: se ha postulado una edad del Pleistoceno para la Formación Mesa (PDVSA Intevep, 2005).

g. Paleoambientes: la Formación Mesa se interpreta como producto de un extenso delta que avanzó hacia el Este en la misma forma que avanza hoy el delta del río Orinoco, depositando secuencias fluviales, deltaicas y paludales. El relieve de las cordilleras septentrionales desarrolló abanicos aluviales que aportaban a la sedimentación clásticos de granos muy gruesos, mientras que desde el Sur el aporte principal fue de arenas. En la zona central se desarrollaron grandes ciénagas (González de Juana, 1.946 en; Coplanarh, 1.974, en PDVSA-Intevep, 2005.),

considera que los sedimentos de la formación representan depósitos torrenciales y aluviales contemporáneos con un levantamiento de la Serranía del Interior.

2.3.1.3 Sedimentos recientes

Los componen materiales provenientes de la disgregación de la Formación Mesa y descomposición de las rocas del Complejo de Imataca, los cuales son arrastrados y depositados por las aguas de escorrentía y el viento hacia los diferentes ríos de la región. Los materiales comprenden cantos, peñones, gravas, arenas, limos, arcillas, coloides y otras partículas en suspensión que se han depositado desde el Holoceno hasta el presente en el fondo de los cauces de los ríos, formando depósitos de cauce, y en épocas de crecida, originando las barras de meandro y depósitos de inundación.

2.4 Características físicas y naturales del área de estudio

2.4.1 Clima

En cuanto al bioclima, la zona en estudio se encuentra un bosque húmedo tropical (bh-T) que va desde aproximadamente la milla 30 hasta la milla 85 (Consultora Ingeniería Caura S.A 1994).

La temperatura permanece prácticamente inalterable a lo largo de este tramo del canal de navegación y esta por el orden de los 27 °C (Consultora Ingeniería Caura S.A 1994).

La precipitación varía linealmente en forma descendente, comenzando desde la milla 30, con un valor de 2200 mm hasta la población de Matanzas donde se observa

un valor de 950 mm. La evaporación media anual y, por consiguiente la evapotranspiración, tiene valores constantes a lo largo de todo el recorrido, con valores cercanos a los 1700 mm para la primera y 1300 mm para segunda; a excepción del área cercana a Puerto Ordaz donde se observan valores de hasta 2700 mm para la evaporación y 2000 mm para la evapotranspiración. En todo el trayecto del canal de navegación se observan de 3 a 4 meses secos y de 8 a 9 meses húmedos (Consultora Ingeniería Caura S.A 1994).

2.4.2 Vegetación

Según el informe de TECMIN (1989), la vegetación característica de la zona de estudio presenta dos tipos de asociación, los cuales se encuentran asociadas al paisaje fisiológico.

Asociación de bosques en paisaje de planicie: las comunidades arbóreas allí establecidas presentan inundaciones estacionales, determinado por la temporada de crecidas del río Orinoco. En cuanto a su estructura presenta una altura media a baja con tres verticales mayor de 2 m (C.V.G., 1989).

Asociación de bosques y herbazales en paisaje de planicie deltaica de origen fluvial: el herbazal se caracteriza por presentar un estrato herbáceo denso con individuos arbustivos conformando comunidades. En la planicie se localizan zonas ocupadas por formaciones arbóreas conformando bosques rodeados de herbazal (C.V.G., 1989).

El Delta del Orinoco está conformado por planicies sedimentarias de origen fluvio marino, encontrándose en las áreas donde predomina el carácter fluvial, formaciones arbóreas de bajo a medio (MENOR 25 m de altura) y densidad de cobertura rala a densa.

Las formaciones vegetales existentes en este paisaje reflejan en gran medida las condiciones de humedad y salinidad del suelo; en las áreas influenciadas directamente por la marea salina, predominan los manglares, en los sectores de influencia aluvial, se desarrollan bosques de alturas variables, con diferentes grados de resistencia a las condiciones de inundación.

Entre las especies características de los bosques desarrollados en las planicies de origen fluvial se encuentran: *Ceiba pentadra*, *Courupita guianensis*, *Tapirira guianensis*, *Erythrina* sp, *Cecropia* sp.

En la zona intermedia, cercana al litoral, donde prevalecen los sedimentos de origen fluvio-marino, se encuentran formaciones vegetales que por su porte y densidad corresponden a las mismas unidades desarrolladas en las planicies de origen fluvial pero que, sin embargo, están sometidas a severos problemas de drenaje, encontrándose generalmente inundaciones, por lo que la abundancia y frecuencia de las especies varían en función de las condiciones edáficas-hídricas.

En las zonas de contacto directo con el litoral, donde abundan los sedimentos de origen marino, se desarrollan principalmente formaciones de manglar, los cuales varían en la predominancia de una especie u otra, de acuerdo a la concentración de salinidad, textura de los suelos y fluctuaciones de la marea; en menor proporción se desarrollan herbazales arbolados. Entre las especies que caracterizan estas formaciones se tienen: *Rhizophora mangle*, *Avicennia nitida*, *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus* (C.V.G., 1989).

En el sector localizado al sur de río Grande, que comprende la planicie deltaica formada tanto por aluviones acarreados por la corriente ecuatorial del norte, como por los ríos provenientes del Estado Guayanés, se desarrollan formaciones arbóreas de

porte variado, asociadas en algunos casos a formaciones herbáceas. Algunas de las especies observadas en este sector son: *Symphonia globulifera*, *Pterocarpus vernalis*, *Euterpe oleracea*, *Mauritia flexuosa* (C.V.G., 1989).

2.4.3 Fauna

La fauna silvestre de la zona de estudio, alberga una gran variedad de especies que son características de los territorios del Sur del río Orinoco, llegándose a reportar hasta 212 especies de mamíferos pertenecientes a 31 familias.

En la actualidad existen varias especies que se encuentran en peligro de extinción, dentro de las cuales tenemos: el perro de agua (*pteronura brasiliensis*) y el manatí (*trichechus manatus*), también se encuentra amenazada de extinción: la tortuga arrau (*podocnemis expansa*) y el conocido caimán del Orinoco (*crocodylus intermedius*) (Consultora Ingeniería Caura S.A, 1994).

Esta zona posee una gran biodiversidad de aves, las cuales oscilan aproximadamente entre 1.108 especies, de este total de aves sólo 41 representan una vital importancia en los aspectos económicos cinegético. De igual manera se reportan 133 especies de reptiles repartidas en 18 familias, también es necesario acotar, que existen diversos lugares donde probablemente se encuentren endémicas. (Consultora Ingeniería Caura S.A, 1994).

Noina a las orillas del río Grande de aguas blancas situado en el extremo sureste del bajo delta, con suaves pendientes y fondos arcillosos. Esta región se halla sujeta a las mayores oscilaciones diarias de las mareas, cuyos valores promedios alcanzan 1.47 m (Herrera et al. 1981 en López, 1998). En esta zona se ha registrado a la especie de camarón de río *Macrobrachium amazonicum*, y a los cangrejos de mangle de los géneros *Uca* sp. Y *Armases* sp.

2.5. Características de suelo

2.5.1 Milla 40 a milla 53

En las investigaciones del préstamo se encontraron arenas limosas y limo arcillo-arenoso entre las millas 40 y 53, en las zonas exploradas cerca del canal hasta una profundidad máxima de 31 pies bajo el nivel de aguas bajas. Estos limos y arenas limosas representan una transición de los suelos de granulometría fina de la barra de las arenas relativamente limpias depositado río arriba (Tippett, Abbett, Mc Carty y Stratton, E. 1970).

2.5.3 Milla 52 a milla 62

En estas dos (2) zonas descritas, ya se ubica el área de estudio el tipo de material encontrado en el fondo es arena limosa gris oscuro. Arena media a fina, marrón, homogénea y limpia. Arena gruesa marrón, limpia (Instituto Nacional de Canalizaciones 1997).

2.6 Características geomorfológicas

El Delta del Orinoco es una marisma aluvial que abarca un área de 22.000 kilómetros cuadrados rodeada por el borde noroeste del Escudo de Guayana. Ocupa una sección de la costa noreste de Sur América. La planicie costera del Delta se ha formado por la depositación de sedimentos del río Orinoco y corrientes cortas cargadas de sedimentos finos provenientes de Amazonas. El clima tropical contribuye al crecimiento activo de la vegetación sobre el terreno emergente (C.V.G., 1989).

Representa una zona con características fluviales y geográficas muy interesantes, y está influenciado por seis fases principales: 1) Agua de sedimentos

descargados del río Orinoco, 2) Corrientes cortas que transportan sedimentos finos del Delta hasta la región Amazónica, 3) Olas, mareas y régimen de corriente de la Plataforma Continental, 4) Clima tropical de la región, 5) Niveles marinos altos (nivel de aguas altas) y 6) Escenario tectónico del Delta y su proximidad al límite de Placas Sur América Caribe (*The study on integrated river improvenient of the Orinoco river in the Republic of Venezuela*) (C.V.G., 1989).

Su posición de área de depositación tiene influencia en la estructuración de los relieves, de esta forma donde la influencia de la sedimentación es de origen predominantemente aluvial, se produce el desarrollo de relieves originados por acumulaciones libres y por decantación. Entre las primeras se citan diques, mapas de desborde, explayamientos y complejo de bancos, los cuales generalmente se localizan en los márgenes de los principales brazos del Orinoco (C.V.G., 1989).

En las acumulaciones por decantación, son comunes las cubetas de desborde y las de decantación (C.V.G., 1989).

A medida que se avanza hacia el litoral, prevalecen los sedimentos de Orión fluvio-marino, estructurándose relieves de llanura cenagosa, marismas, isla de estuarios y turberas. La dinámica fluvial de esta planicie deltaica ha dado lugar a una gran selección granulométrica de los sedimentos, tanto en sentido transversal como longitudinal, asimismo, modificaciones en la magnitud del espesor de tales depósitos.

La parte baja del Delta del Orinoco se caracteriza por presentar dos patrones distintos de canales. El primero representado por distributarios del sureste del Delta entre el canal del Río Grande y el Canal Aragua, típicamente convergen cerca de la costa reflejando episodios pasados de prolongación de lodo y la deflexión hacia el noroeste de cursos de canales.

Las colinas de playas y costas arenosas son comunes a lo largo de partes del noreste y este de la costa del Delta especialmente entre la Boca de Aragua (*The study on integrated river improvement of the Orinoco river in the Republic of Venezuela*) (C.V.G., 1989).

Finalmente, la sedimentación del Delta es responsable del desarrollo de las diferentes geoformas presentes en la zona de estudio, la dinámica fluvial del Orinoco y los caños mayores constituyen el factor dominante (C.V.G., 1989).

El río Orinoco desarrolla su cauce sobre el basamento rocoso estable, motivando variaciones significativas en la resistencia al flujo, suministro y capacidad de transporte del sedimento, existiendo a intervalos controles estructurales en el canal (C.V.G., 1989).

El tectonismo se manifiesta a escala regional y local con diferentes intensidades a través del tiempo geológico, incrementando en ocasiones los gradientes fluviales y subsiguientemente el suministro de sedimentos, que tiene sitio de disposición intermedia entre el canal y la planicie fluvial del río Orinoco (C.V.G., 1989).

Tales mecanismos han contribuido a desplazar el canal del río Orinoco y a modificar las redes con alteración a los patrones de meandros en los ríos de los llanos, a activar procesos erosivos en los lechos y en las mesas y sus bordes, a producir migración de los tributarios en las confluencias, esto último como resultado de la deposición de sedimento en formas de Deltas interiores o por causa de la removilización de los materiales por el río Orinoco, durante las sucesivas crecidas anuales (C.V.G., 1989).

Entre los procesos hidrológicos que afectan la geomorfología del área de estudio se deben considerar las amplias variaciones de los niveles del río entre los períodos seco y lluvioso; son pues, el resultado del mecanismo condicionante de evolución de las estructuras de la planicie en el río Orinoco, el cual se asocia a la forma del hidrógrama y magnitud de los caudales generados a partir de una cuenca con una superficie drenada de cerca de un millón de kilómetros cuadrados (C.V.G., 1989).

Estas fluctuaciones de niveles difieren notablemente de lo observado en otros grandes ríos del mundo (como el río Amazonas), originando mecanismos de erosión-depositación en áreas de la planicie, así como formas fluviales con características únicas en el río Orinoco (C.V.G., 1989).

Dentro de los mecanismos más interesantes y complejos asociados al transporte de los sedimentos por el río Orinoco, resalta la acción combinada del recogimiento y transporte fluvial en el canal por la acción del viento sobre las diferentes estructuras de la planicie y el lecho, al producirse el descenso de los niveles del río Orinoco (C.V.G., 1989).

Este mecanismo opera además, sobre los suelos más distantes de la planicie, desplazando dunas longitudinales y barcanas localizadas unas a varios kilómetros al norte del canal del río Orinoco, y originando cambios en la orientación del drenaje de tributarios, obstrucción de bocas y desplazamiento de la confluencia (C.V.G., 1989).

2.7 Características hidrológicas

Las aguas del río Orinoco fluctúan regularmente todos los años como consecuencia de la variación estacional de las lluvias en la gran cuenca del río. El ascenso se inicia a finales del mes de marzo o comienzos del mes de abril y continúa

normalmente hasta el mes de agosto, con algunos recesos ocasionales. El declinamiento del hidrograma tiene sus inicios en el mes de septiembre y se extiende de una forma continúa hasta el mes de marzo con una evidente regularidad (Consultora Ingeniería Caura S.A, 1994).

Es un hecho notorio para los habitantes de los estados Delta Amacuro y Bolívar que las fluctuaciones anuales extremas presentan muy poca variabilidad, tanto para los máximos como para los mínimos. Además, se observa una leve variación en las fechas en las cuales el río alcanza sus máximos niveles de crecimiento.

A medida que avanza la temporada de lluvias, el nivel del río se eleva inundando las márgenes y zonas aledañas, cuando el nivel del agua comienza a descender, la mayor parte drena hacia el río reteniéndose aguas en lagunas, charcas y canales.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedente de la investigación

A continuación se citarán algunos trabajos de investigación que se han realizado en el río Orinoco y que pudiesen servir de apoyo técnico y metodológico para el desarrollo de la presente investigación.

Abad y Saavedra (2010), elaboraron el trabajo de investigación titulado **“MOVIMIENTO DE SEDIMENTOS Y SOCAVACIÓN EN EL CAUCE, EN LAS RIBERAS Y AL PIE DE LOS PILARES DE FUNDACIÓN DE LA TORRE DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA T4 UBICADA EN EL SECTOR EL TRONCÓN DEL RÍO ORINOCO, ESTADO GUÁRICO. VENEZUELA”** en el cual analizan la las causas y consecuencias del flujo de sedimentos en el área de estudio. Esta investigación, por haber sido desarrollada en un sector aguas abajo que la investigación que se desarrolla en el presente documento, será un apoyo muy importante para el cabal desarrollo metodológico de la misma.

Sánchez, M. (2014), publicó como Trabajo de Grado una investigación titulada **“GASTO DOMINANTE DEL RIO LA CANOA Y SU INFLUENCIA EN LA GEOMORFOLOGIA DEL CAUCE, LA CANOA, MUNICIPIO INDEPENDENCIA, ESTADO ANZOÀTEGUI, VENEZUELA”**, en dicho trabajo se realizó un análisis del comportamiento temporal de los flujos y su vinculación con las variaciones morfológicas del cauce. El trabajo servirá de apoyo metodológico a la presente investigación.

Para optar al título de Ingeniero Geólogo y Geólogo, Mota y Rodríguez año 2002, cuyo tema es **“ESTUDIOS GEOMORFOLÓGICO Y GEOTÉCNICO DE LAS BERMAS EN EL SECTOR GUASINA Y TALUDES SUMERGIDOS DEL CANAL DE NAVEGACIÓN EN LOS SECTORES DE GUARGUAPO, BARRANCAS, YAYA, ARAGUAITO Y GUASINA, DEL RÍO ORINOCO VENEZUELA”**. En la cual concluyen que el suelo está conformado por arenas medias según el Sistema Unificado de Suelo y fueron identificados con el símbolo SP, con un contenido de sílices promedio de 88,7% que es el reflejo mineral que predomina el cuarzo. Así mismo las velocidades medias para el período de aguas medias descendentes oscilan entre 0.82 m/s y 0,63 m/s, tomando en cuenta el D_{50} de las partículas cuyo rango oscila entre 1.15 mm a 0.14 mm, estas velocidades sobrepasan a las permitidas propuesta por la Oficina de Clasificación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (*U.S. Dept Agriculture, Bureau of Soils Classification*), lo cual coincide con el criterio de erosión- deposición propuesto por Graff, también basado en las velocidades medias en función del diámetro de las partículas indicando que en los sectores el río se encuentra en un régimen de erosión.

Para optar al título de Ingeniero Geólogo, Martínez (1994), cuyo tema es, **“CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DEL SECTOR CURIAPO DEL CANAL DE NAVEGACIÓN DEL RÍO ORINOCO. ESTADO DELTA AMACURO. VENEZUELA”** En el cual concluyen que el sector Curiapo geológicamente está constituida por la Provincia Geológica de Imataca, cuerpos

intrusivas en ella, Formación Mesa y sedimentos recientes, y está conformado por arenas medias según el Sistema Unificado de Suelo, Además concluyen que el diámetro medio (D_{50}) es de 0.90 mm, teniendo como mineral predominante el cuarzo.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Canales de navegación

Es una vía de agua hecha por el hombre que normalmente conecta lagos, ríos u océanos. Se utilizan para el transporte, a menudo surcados por barcazas en los canales fluviales y por barcos en los canales que se conectan océanos (Vélez, 2003).

Los canales navegables según (Vélez, 2003) se clasifican en:

- a. Canales naturales: se denomina canal natural a las depresiones naturales en la corteza terrestre, se encuentren en la montaña o en la planicie.
- b. Canales artificiales: están subdivididos en marítimos e interiores. Los primeros se caracterizan por poner en comunicación dos mares, y los segundos son vías de navegación construidas en la zona continental.

3.2.2 El Canal navegable

El canal de navegación del río Orinoco tiene una longitud de 195 millas náuticas, medidas desde el puerto de Matanzas hasta el Atlántico, aguas arriba de este puerto. La navegación sigue sometida a las restricciones naturales que hasta ahora la han limitado, pudiendo hacer el tráfico fluvial solo medianos barcos, (42 pies de calado) que a pesar del bajo calado que poseen se les presentan ciertas dificultades en los periodos de aguas bajas. (Tippet, Abbet, McCarty y Statton, 1970)

La profundidad de todo el canal de navegación se procura mantener con un nivel mínimo de aguas bajas de 34 pies, de manera que se asegure el movimiento de buques de 32 pies de calado durante el periodo de aguas bajas (Noviembre a Mayo), 36 a 42 pies durante la época de aguas altas (Mayo a Septiembre), de acuerdo al hidrograma del río de la estación Palúa y de acuerdo al volumen estimado de carga y tráfico que tendrá el canal en ese período.

De acuerdo con la experiencia obtenida a lo largo del tiempo durante el mantenimiento del canal de navegación, y tomando en consideración su comportamiento hidráulico, éste se encuentra dividido actualmente en dos tramos totalmente diferentes, el canal del río (milla 42 a milla 544) y su canal de Boca Grande (milla 0 a milla 42)

3.2.3 Dragado

Es una labor que se ejecuta con la finalidad de obtener los niveles de calado mínimos necesarios para la navegación; y de esta forma brindarle una mayor seguridad a los buques que transitan por el canal del río Orinoco, se ejecutan según dos (2) directivas u órdenes: un dragado de construcción o profundización y un dragado de mantenimiento (Bates A., 1980).

a. Dragado de construcción o profundización: es un dragado comercial que se realiza en fondos vírgenes para obtener profundidades (Bastes A., 1980).

b. Dragado de mantenimiento: se realiza con la finalidad de remover la mayor cantidad de sedimentos depositados en el canal (Bastes A., 1980).

3.2.4 Dragado de tolva.

De acuerdo al trabajo realizado por el Instituto Nacional de Canalizaciones (I.N.C), las dragas de tolva se caracterizan por ser embarcaciones de dragado autopropulsadas, usadas en medianos y grandes proyectos, mezclando grandes volúmenes de agua con sedimento para formar una mezcla, la cual es succionada del fondo y bombeada a través de una bomba centrífuga hasta la tolva para el transporte del material dragado a lugares alejados, mediante sistema de bote (válvulas o compuertas) o por tuberías de conducción a tierra (Instituto Nacional de Canalizaciones, 2003).

Estas unidades, se adecuan perfectamente al mantenimiento de rutas de navegación, tanto en el mar como en los canales de acceso a dársenas y puertos, permitiendo largo tiempo de operación, debido a su capacidad de alojamiento de tripulación y almacenamiento de combustible, agua y víveres, lo que le da gran autonomía y evita los retornos frecuentes a tierra (Instituto Nacional de Canalizaciones, 2003).

3.2.5 Morfología de río

El estudio de numerosos ríos y sistemas fluviales ha demostrado que la geometría de los canales fluviales se organiza según tres tipos morfológicos, en función de la sinuosidad del canal, y del número de canales activos simultáneamente (Schumm, 1977). Estos tres tipos son:

- a. Canales rectilíneos
- b. Canales entrelazados

c. Canales meandriformes

Esta clasificación, como todo intento de categorización de fenómenos naturales es una simplificación de la realidad, puesto que existen todos los términos de transición entre los extremos. Los ríos rectilíneos, es decir de muy baja sinuosidad, con un solo talweg, o eje de esorrentía son relativamente raros y caracterizan sobre todo los canales distributarios deltaicos. Los ríos entrelazados están caracterizados por una relativamente débil sinuosidad del canal mayor y una gran complejidad interna, representada por numerosos canales separados por bancos o barras. Los canales a menudo parecen trenzas, es decir, formando brazos convexos, limitando las barras. Esta aparente complejidad y desorganización interna del río es reflejo de una inestabilidad inherente al sistema, puesto que la geometría del canal y de las barras en estos ríos están continuamente en movimiento.

Los ríos entrelazados se forman generalmente cuando la pendiente de esorrentía es elevada y cuando los sedimentos transportados están caracterizados por un elevado porcentaje de gravas y arenas.

Este predominio de sedimentos granulares (arenas y gravas) sobre los cohesivos (limos y arcillas) confiere una mayor inestabilidad al río, ya que la arena es mucho más fácilmente erosionable que la arcilla. Por otro lado, los ríos entrelazados presentan a menudo grandes variaciones del caudal y se encuentran generalmente en zonas de clima semiárido.

Los ríos meandriformes están caracterizados por una fuerte sinuosidad, la presencia de un solo canal, y una mayor estabilidad morfológica que en los ríos entrelazados. Estos ríos muestran una buena organización geométrica, en meandros de trazados regulares. La batimetría de los canales sigue una evolución característica,

con la parte más profunda siempre localizada a lo largo de la orilla cóncava, lo que le confiere una forma asimétrica, en sección, muy característica.

Los ríos meandriiformes se forman en zonas con gradientes topográficos débiles y los sedimentos transportados se caracterizan por una elevada proporción de sedimentos finos, al contrario que en los ríos entrelazados.

La presencia de cantidades importantes de arcillas que se depositan sobre todo en las márgenes aumenta la estabilidad del canal, puesto que las márgenes arcillosas son más difícilmente erosionables que las márgenes arenosas de los ríos entrelazados.

Sin embargo, puesto que los ríos entrelazados tienden a erosionar lateralmente con mayor facilidad que los ríos meandriiformes, estos últimos se caracterizan además, por una baja relación longitud profundidad menor que en los ríos entrelazados (Ramírez S, Henry 2006).

3.2.6 Forma de lecho

Los sucesivos y continuos procesos de erosión y sedimentación en las aguas de los ríos dan lugar a diferentes formas del lecho, con una redistribución de las partículas formando acumulaciones más o menos regulares, intercaladas por espacios sin ellas. En los tramos o ríos arenosos se desarrollan las denominadas rizaduras, dunas, lecho liso o antidunas, en función del tipo de régimen de los caudales. La aparición de estas formas del lecho tiene un significado especial en la rugosidad o resistencia que ofrece al paso de las aguas, y así debe ser tomada en cuenta para calcular el coeficiente de rugosidad "n" de Manning en ríos arenosos tal como puede apreciarse en la figura 3.1 donde se muestran las distintas formas que pueden adoptar el lecho de un río. (Chang, H 1988).

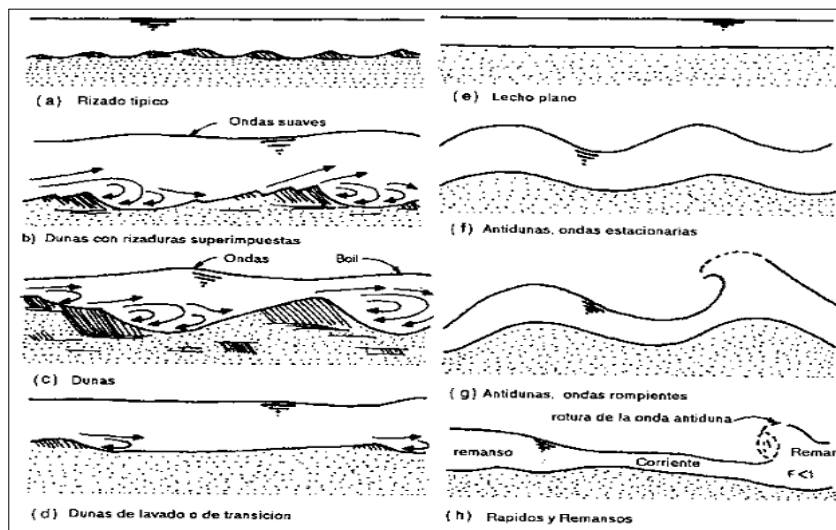


Figura 3.1 Formas del lecho en ríos arenosos (Chang, 1988).

3.2.7 Transporte de sedimentos

El mecanismo fundamental que rige el transporte de sedimentos es el movimiento de un fluido, el aire o el agua, provocando una puesta en movimiento (erosión), un transporte y finalmente la sedimentación de partículas. La puesta en movimiento es provocada por la tracción que origina una corriente al actuar sobre una superficie sedimentaria o de rocas meteorizadas. Cuando esta fuerza es superior a la resistencia de fricción e inercia de las partículas, éstas se pondrán en movimiento. Esta fuerza que actúa sobre el fondo es proporcional a la velocidad de escorrentía del fluido (Allen G., 1975).

La velocidad necesaria para erosionar un sedimento es función de las dimensiones de los granos y de su cohesión. Para los sedimentos arenosos la cohesión intergranular es relativamente débil, mientras que para los sedimentos limosos y arcillosos la cohesión es más importante. Numerosos estudios han permitido trazar curvas que relacionan la velocidad necesaria para erosionar y la granulometría. Esta es la velocidad crítica de erosión y transporte. También existe una velocidad de

sedimentación, la velocidad de la corriente por debajo de la cual la fuerza del fluido es insuficiente para mantener las partículas en movimiento. Por debajo de esta velocidad, las partículas no pueden ser transportadas y se sedimentan. Esta velocidad es forzosamente inferior a la velocidad de erosión, ya que esta última debe superar la inercia de las partículas, para lo cual debe aumentar su valor (Allen G., 1975).

Generalmente en la naturaleza, las velocidades de las corrientes raramente superan los 2- 3 m/s, lo cual limita la dimensión de las partículas transportadas a algunas decenas de centímetros. Al contrario, cuando una corriente es muy viscosa (turbiditas y coladas fangosas), las dimensiones de las partículas transportadas puede ser mucho mayor. Una vez puesto en movimiento, el sedimento puede ser transportado por dos mecanismos diferentes: sobre el fondo por tracción o en la misma corriente, en suspensión (Allen G., 1975).

Cuando la turbulencia de la corriente es insuficiente para elevar y mantener las partículas a cierta distancia del fondo el sedimento es transportado sobre el fondo por tracción. En esta modalidad de transporte, los granos se mueven entre pocos milímetros y algunos centímetros del fondo y la fuerte densidad de los granos por unidad de volumen provoca numerosos choques entre las partículas, el cual da lugar a la “saltación”. En general arenas y gravas son transportadas por tracción sobre el fondo, mientras que los sedimentos finos son transportados en suspensión (Allen G., 1975).

3.2.8 Procesos sedimentarios

“Los aportes fluviales representan el medio esencial que controla la sedimentación clástica, ya que determina la propia existencia de los sedimentos. Todos los depósitos clásticos tienen su origen de una u otra manera en los aportes fluviales. El volumen de los aportes de sedimentos por los ríos es ante todo función

del área de la cuenca fluvial y de la pluviosidad. Cuanto mayores son estos parámetros mayor es el volumen de estos aportes” (Allen G., 1975).

“Los aportes fluviales en las zonas continentales, están regidas y caracterizadas sobre todo por los depósitos durante las crecidas, que es el momento en el cual la mayor parte de los materiales son transportados y sedimentados. Así, durante algunos días de una crecida muy fuerte del río es transportado y sedimentado un volumen considerable de materiales. Esta sedimentación casi instantánea a la escala geológica es uno de los aspectos que caracterizan los aportes fluviales” (Allen G., 1975).

Estos depósitos son particularmente frecuentes en las llanuras de inundación, los diques naturales, y las zonas marginales de los canales activos, así como en las barras de desembocadura deltaicas dominadas por la acción fluvial.” (Allen G., 1975).

3.2.9 Aforos

Los aforos son operaciones que se realizan para obtener el gasto o volumen de agua que pasa por una sección transversal de un río o corriente en una unidad de tiempo.

El aforo de vado se realiza con la finalidad de determinar parámetros tales como: Caudal del río expresado en m^3/s , la velocidad puntual en cada vertical expresada en m/s y el tiempo (Linsley R., 1990).

3.2.10 Requisitos para la realización de los aforos de vado

La estación debe estar localizada a lo largo del río y debe cumplir los siguientes requisitos:

El lecho del río sea recto, de secciones uniformes y pendientes constantes.

La corriente debe ser paralela a la dirección general del río y del valle.

Deben evitarse los sectores de aguas muertas, contracorrientes o remolinos.

Deben evitarse sectores muy fangosos o de piedras muy grandes.

Deben analizarse las velocidades de la sección para el rango de variación de la corriente, de manera tal que las velocidades se mantengan dentro del intervalo de calibración de los molinetes los cuales no son menores de 10 cm/s ni mayores de 3 m/s (Linsley R., 1990).

3.2.11 Métodos de aforos

“Existen diversos métodos de aforo para determinar el caudal de una corriente de agua, cada uno aplicable a diversas condiciones que varían según el tamaño de la corriente o según la precisión con que se requieran los valores obtenidos” (Ramírez H., 2006).

“Los métodos más utilizados para las mediciones de aforos son:

1. Método del molinete.
2. Método volumétrico.
3. Método químico.
4. Método de aforadores de profundidad crítica” (Ramírez H., 2006).

3.2.12 Movimiento incipiente

“El movimiento incipiente es importante en el estudio del transporte de sedimentos, degradación de canales, y diseño de canales estables. Debido a la naturaleza estocástica del movimiento de los sedimentos a lo largo de un lecho aluvial, es difícil definir con precisión con cuales condiciones de flujo una partícula de sedimento comenzará a moverse. Consecuentemente, esto depende más o menos de la definición del investigador de movimiento incipiente. “Movimiento inicial,” “movimiento del grano,” “despertar del movimiento” y “movimiento crítico” son algunos de los términos usados por diferentes investigadores. A pesar de estas diferencias de definición, se han hecho progresos significativos en el estudio del movimiento incipiente, teórica y experimentalmente” (Yang H., 1996).

3.2.12.1 Diagrama de Shields

Shields (1936) citado en Yang, (1996) creía que era muy difícil expresar analíticamente las fuerzas actuantes en una partícula de sedimentos. Él aplicó análisis dimensional para determinar algunos parámetros adimensionales y estableció su bien conocido diagrama para movimiento incipiente.

“Los factores que son importantes en la determinación del movimiento incipiente son el esfuerzo cortante τ , la diferencia en densidad entre el sedimento y el fluido $\rho_s - \rho_f$, el diámetro de la partícula d , la viscosidad cinemática ν , y la aceleración de la gravedad g , estas cinco cantidades, pueden ser agrupadas en dos cantidades adimensionales.

$$d (\tau_c / \rho_f)^{1/2} / \nu = d U_* / \nu \quad (3.1)$$

$$\tau_c / (d(\rho_s - \rho_f)g) = \tau_c / (d\gamma(\rho_s / \rho_f - 1)) \quad (3.2)$$

Donde:

ρ_s y ρ_f = son las densidades del sedimento y el fluido, respectivamente.

γ = peso específico del agua.

U_* = velocidad de corte.

τ_c = esfuerzo cortante crítico en el movimiento inicial.

La relación entre estos dos (2) parámetros está entonces determinada experimentalmente. La Figura 3.2 muestra los resultados experimentales obtenidos por Shields y otros investigadores del movimiento incipiente. Un punto sobre la curva, la partícula estará en movimiento. Un punto bajo la curva, entonces el flujo es incapaz para mover la partícula” Yang H., (1996).

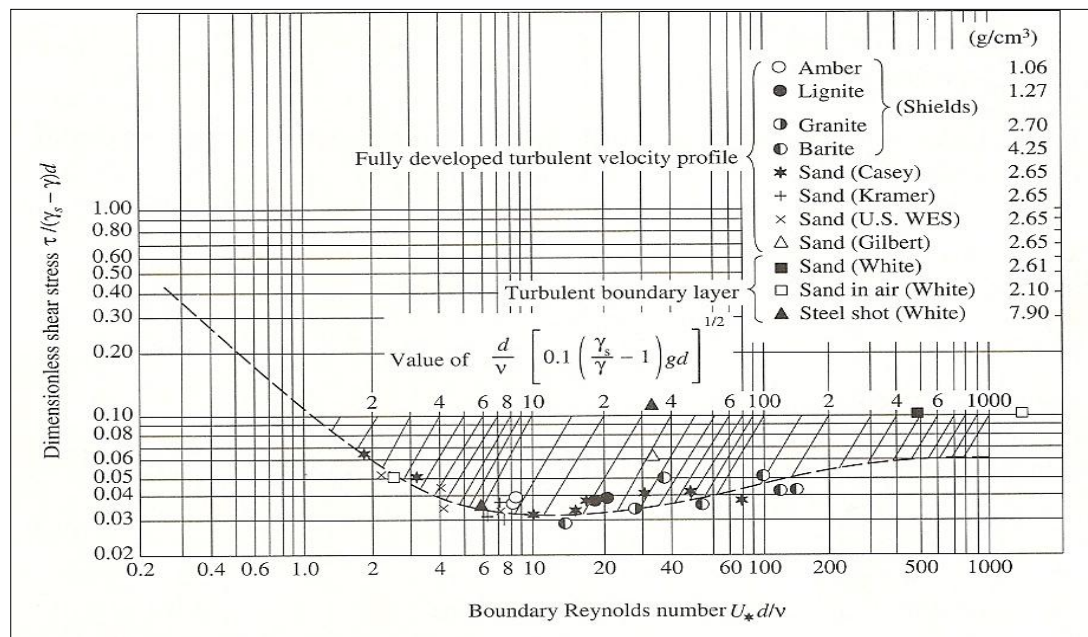


Figura 3.2 Diagrama de Shields para movimiento incipiente (Vanoni, 1975 en Yang,1996).

En sus experimentos, Shields midió varios valores de $\tau / (d(\rho_s - \rho_f)g)$ al menos dos veces tan grandes como el valor crítico y entonces lo extrapoló al punto de cero descarga de sedimentos. Este método indirecto fue usado para evitar la dificultad de determinar la condición precisa a la cual la partícula del sedimento debía moverse.

$$\tau / (d(\rho_s - \rho_f)g) \quad (3.3)$$

Aunque el diagrama de Shields ha sido ampliamente utilizado por ingenieros como un criterio para el movimiento incipiente, se pueden encontrar muchas insatisfacciones en la literatura.

Una de las objeciones para usar el diagrama de Shields es que las variables dependientes aparecen en ambos parámetros de ordenadas y abscisas. Dependiendo de la naturaleza del problema, la variable dependiente puede ser el esfuerzo cortante crítico o el tamaño del grano. El Comité de Tarea de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE) en la preparación del Manual de Sedimentos (Vanoni, 1977 en Yang 1996) usa un tercer parámetro:

1. La justificación para la selección de esfuerzo cortante en lugar de la velocidad media es fundamentada en la existencia de una ley de la velocidad de distribución universal que facilita el cálculo de la tensión tangencial de la velocidad de corte y la densidad del fluido. Teóricamente, la profundidad del agua no parece estar directamente relacionada con el cálculo de esfuerzo cortante, mientras que la velocidad media es una función de la profundidad del agua. Sin embargo, en la práctica común, el esfuerzo cortante se sustituye por el esfuerzo cortante promedio o fuerza de tracción $\tau = \gamma DS$, donde γ es el peso específico del agua, D es la profundidad del agua, y S es la pendiente de la energía. En este caso, el esfuerzo cortante promedio no es independiente de la profundidad del agua.

2. Aunque por supuesto de la existencia de una ley de la velocidad de distribución universal, la velocidad de corte o tensión de corte es una medida de la intensidad de las fluctuaciones turbulentas, nuestro conocimiento actual de turbulencias se limita principalmente a los estudios de laboratorio.

3. Escudos derivó su criterio para el movimiento incipiente, utilizando el concepto de una subcapa laminar, según la cual la subcapa laminar no debería tener ningún efecto sobre la distribución de velocidades cuando la velocidad de corte número de Reynolds es mayor de 70 años. Sin embargo, el diagrama de Shields, indica claramente que su tensión de corte adimensional crítica aún varía con la velocidad de corte número de Reynolds, cuando éste sea mayor de 70 años.

4. Escudos extiende su curva a una línea recta cuando la velocidad de corte número de Reynolds es inferior a 3. Como se muestra por Liu (1958), esto significa que cuando la partícula de los sedimentos es muy pequeño, la fuerza de tracción crítica es independiente del tamaño del sedimento. Sin embargo, White (1940) demostró que para una velocidad de corte pequeño número de Reynolds, la fuerza de tracción crítica es proporcional al tamaño de los sedimentos.

5. No es apropiado utilizar tanto el esfuerzo cortante y la velocidad de corte U^* en el diagrama de Shields, como variables dependientes e independientes, ya que son intercambiables por $U^* = (\tau / \rho)^{1/2}$, donde ρ es la densidad del fluido. En consecuencia, el esfuerzo cortante crítico no se puede determinar directamente a partir del diagrama de Shields, sino que debe determinarse mediante ensayo y error.

6. Escudos simplificado el problema al pasar por alto la fuerza de sustentación y se considera sólo la fuerza de arrastre. La fuerza de sustentación no se puede descuidar, sobre todo en alta velocidad de corte números de Reynolds.

7. Debido a que la tasa de transporte de sedimentos no puede ser determinado únicamente por la tensión de corte (Brooks, 1955; Yang, 1972), cabe preguntarse si el esfuerzo cortante crítico deben ser utilizados como criterio para el movimiento incipiente de transporte de sedimentos.

Como se dijo antes, una de las objeciones a la utilización del diagrama de Shields que las variables dependientes aparecen tanto en los parámetros de la ordenada y la abscisa. Dependiendo de la naturaleza del problema, la variable dependiente tamaño puede críticos esfuerzo cortante o grano. La Sociedad Americana de Ingenieros Civiles k Comité para la Elaboración de Manual de sedimentos (Vanoni, 1977) utiliza un tercer parámetro

$$(d/v) [0.1((\gamma_s / \gamma) - 1)gd]^{1/2} \quad (3.4)$$

Una de las objeciones para usar el diagrama de Shields es que las variables dependientes aparecen en ambos parámetros de ordenadas y abscisas. Dependiendo de la naturaleza del problema, la variable dependiente puede ser el esfuerzo cortante crítico o el tamaño del grano.

3.2.12.2 Estudios de Hjulström y ASCE

Hjulström (1935) citado en Yang (1996) hizo un detallado análisis de la data obtenida del movimiento de materiales uniformes. La velocidad en el fondo de un canal, la cual es directamente responsable del movimiento de los sedimentos, es

difícil de medir, su estudio estaba basado en la velocidad promedio del flujo. La Figura 3.3 presenta la relación entre el tamaño del sedimento y la velocidad promedio del flujo para erosión, transporte y sedimentación.

La Figura 3.4 resume las relaciones entre las velocidades críticas propuestas por diferentes investigadores y el tamaño medio de las partículas y fue sugerido por el Comité de Tarea de Sedimentación para el diseño de canales estables de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE).

La relación de velocidad permisible mostrada en la Figura 3.3 está restringida para profundidades de flujo de al menos tres (3) pies o un (1) metro. Si la relación es aplicada a un flujo de diferente profundidad, debe aplicarse un factor de corrección basado en la fuerza tractiva unitaria crítica equivalente (Mehrota, 1983 en Yang, 1996).

$$\tau_c = \gamma R_1 S_1 = \gamma R_2 S_2 \quad (3.5)$$

Donde R_1 y R_2 son los radios hidráulicos y S_1 y S_2 son las pendientes del canal. Asumiendo un coeficiente de rugosidad de Manning y una pendiente del canal que permanezca igual para los dos canales de diferente profundidad, se puede obtener un factor de corrección k a partir de la fórmula de Manning:

$$k = V_2 / V_1 = (R_2 / R_1)^{1/6} \quad (3.6)$$

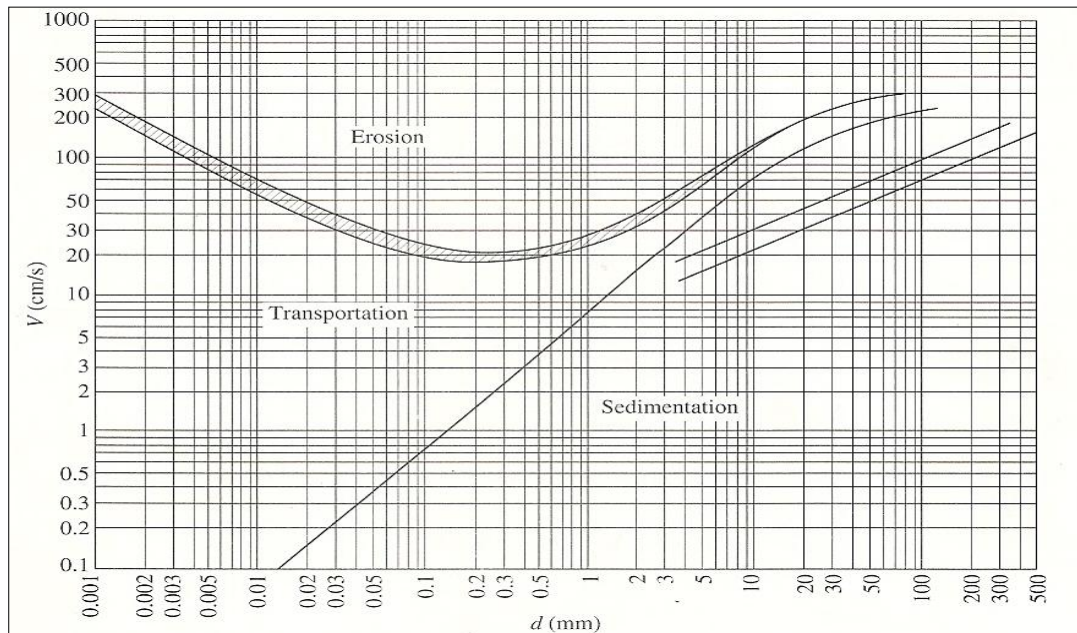


Figura 3.3 Criterio erosión – depositación para partículas uniformes (Hjulström, 1935 en Yang, 1996).

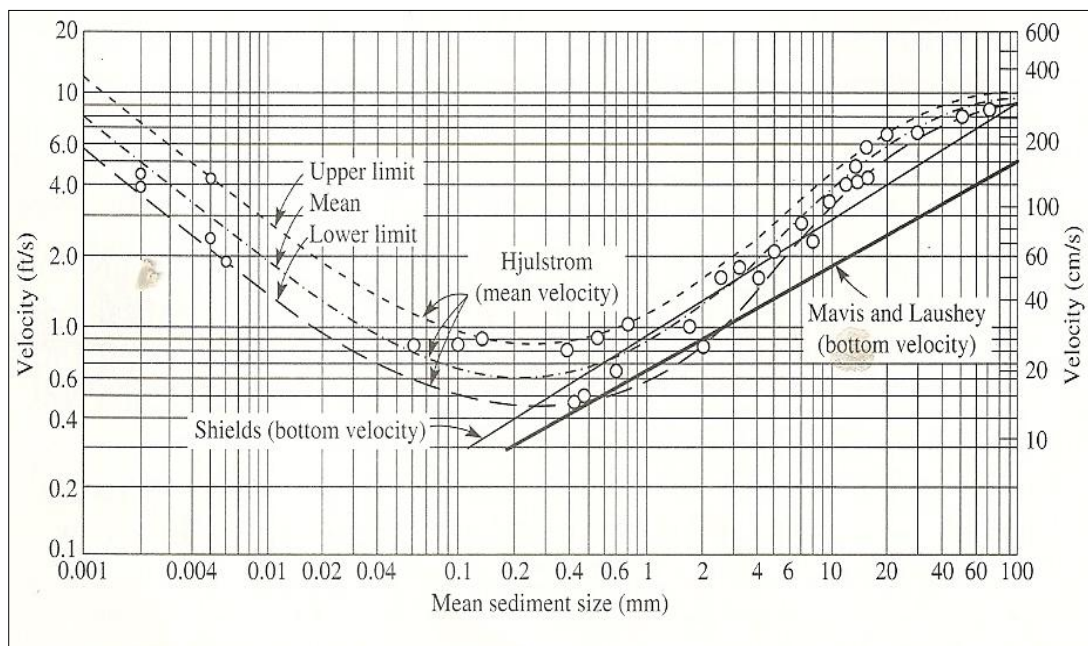


Figura 3.4 Velocidades críticas del agua para sedimentos de cuarzo como una función del tamaño medio del grano (Vanoni, 1977 en Yang, 1996).

3.2.12.3 Criterio de U.S. Bureau of Reclamation

El esfuerzo cortante crítico se puede expresar por la fórmula:

$$\tau_c = \gamma D S \quad (3.7)$$

Donde

τ_c = fuerza tractiva crítica o esfuerzo cortante (en lb/pie² o gr-m/m²).

γ = peso específico del agua (62.4 lb/pie³ o 1 ton/m³).

D = profundidad media del flujo (en pie o m).

La relación entre la fuerza tractiva crítica y el diámetro medio del sedimento para el diseño de canales estables recomendado por el U.S Bureau of Reclamation (USBR) se muestra en la Figura 3.5 (Yang, 1996).

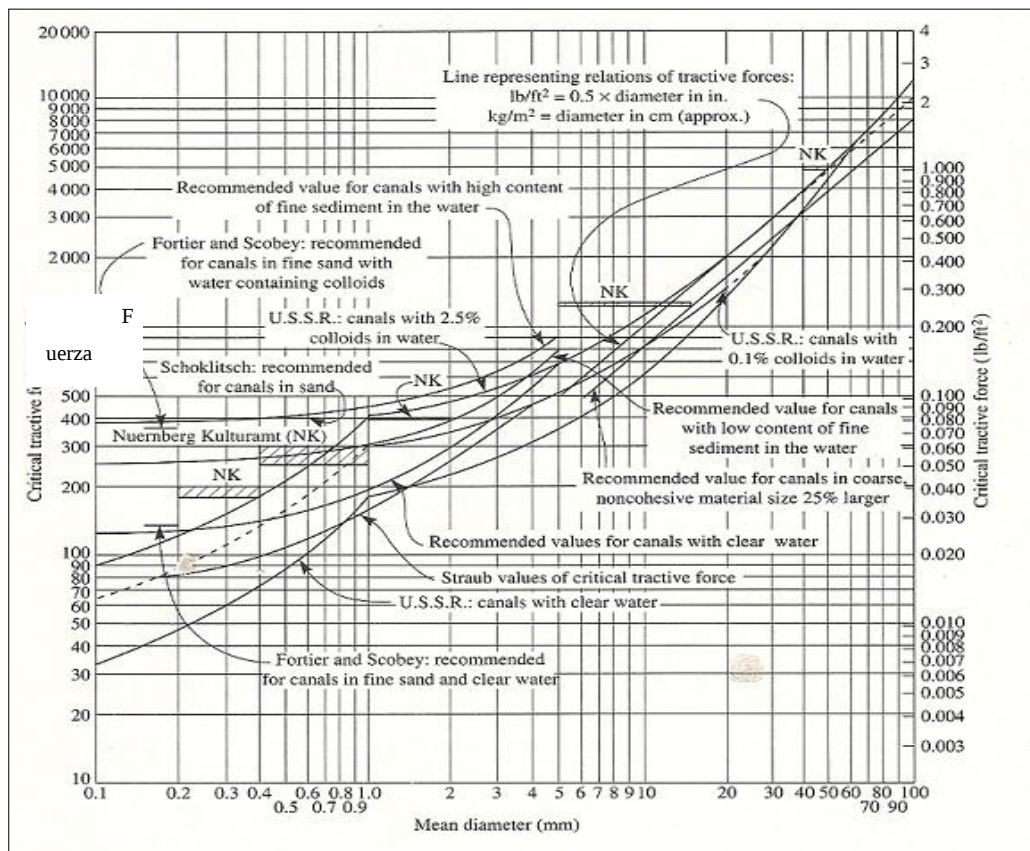


Figura 3.5 Fuerza tractiva versus el tamaño del sedimento transportable (USBR 1987 en Yang, 1996).

Según Chow (1994), el primer paso para el diseño de canales erosionables mediante el método de la fuerza tractiva consiste en seleccionar una sección de canal aproximada mediante experiencia o mediante el uso de tablas de diseño, recolectar muestras del material presente tanto en el lecho como en el talud canal y determinar, utilizando estas muestras, las propiedades requeridas. Con estos datos, se procede a investigar la sección mediante el análisis de la fuerza tractiva para asegurar una estabilidad probable por tramos y para determinar la sección mínima que aparece estable. Para canales en materiales no cohesivos, el efecto de rodar hacia abajo a lo largo de la pendiente lateral debe considerarse junto con el efecto de la distribución de las fuerzas tractivas; para canales hechos en material cohesivo el efecto de rodar es

insignificante, y el efecto de la distribución de la fuerza tractiva por sí solo constituye un criterio suficiente.

Cuando el agua fluye en un canal, se desarrolla una fuerza que actúa sobre el lecho de éste en la dirección del flujo. Esta fuerza la cual es sencillamente el empuje del agua sobre el área mojada, se conoce como fuerza tractiva. En un flujo uniforme la fuerza tractiva en apariencia es igual a la componente efectiva de la gravitacional que actúa sobre el cuerpo de agua, paralela al fondo del canal e igual a $\gamma_w ALS$, donde:

γ_w : peso unitario del agua.

A: área mojada.

L: longitud del tramo del canal.

S: pendiente del canal.

Luego, el valor promedio de la fuerza tractiva unitaria τ_o , es igual a:

$$\gamma_w ALS/PL = \gamma_w RS,$$

donde:

P: perímetro mojado

R: radio hidráulico

$$\tau_o = \gamma_w RS \quad (3.8)$$

En un canal abierto ancho, el radio hidráulico es igual a la profundidad de flujo y; por consiguiente

$$\tau_o = \gamma_w yS \quad (3.9)$$

Según Chow (1994), el U.S. Bureau of Reclamation ha utilizado la analogía de la membrana y métodos analíticos y de diferencias finitas para determinar la distribución de fuerza tractiva en canales trapezoidales, rectangulares y triangulares. En la figura 3.6 se muestra una distribución común de fuerza tractiva en un canal trapezoidal resultante de un estudio de analogía de la membrana. El patrón de distribución varía con la forma de la sección, pero prácticamente no se afecta por el tamaño de ésta. Basándose en mencionados estudios, se realizaron algunas curvas (figura 3.7) donde se pueden apreciar las fuerzas tractivas unitarias máximas en los lados de diferentes secciones de canal para uso de diseño.

En general en los canales trapezoidales con formas utilizadas a menudo, la fuerza tractiva máxima en el fondo es cercana al valor $\gamma_w y S$, y en los lados, cercanas a $0.76 \gamma_w y S$.

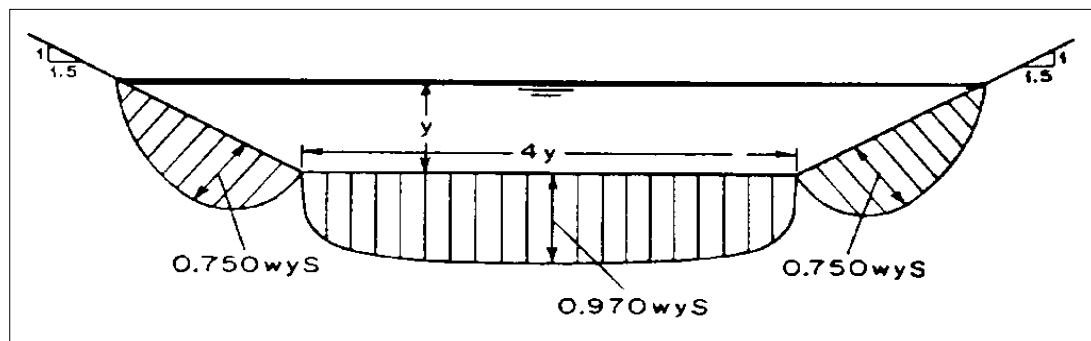


Figura 3.6 Distribución de la fuerza tractiva en una sección de canal. Trapezoidal (Chow, 1994).

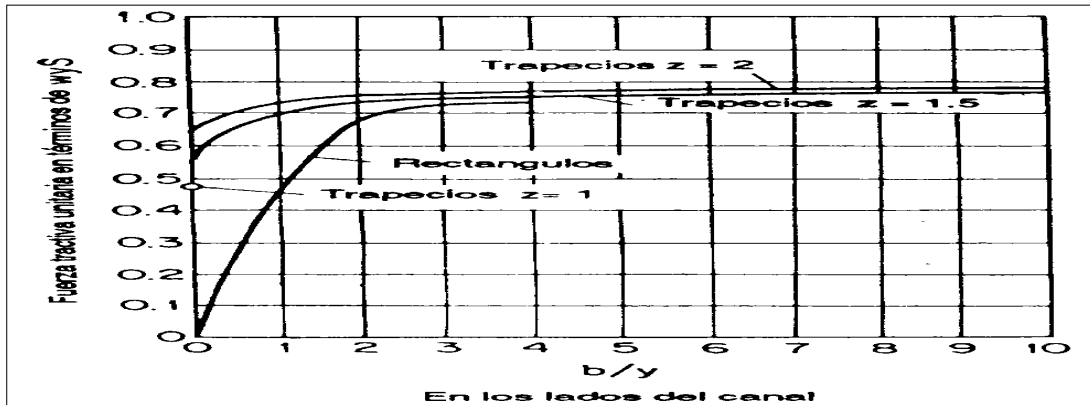


Figura 3.7 Fuerzas tractivas unitarias máximas en términos de w y S (Chow, 1994).

Según Chow (1994), sobre una partícula de suelo que descansa en la pendiente lateral de una sección de canal (figura 3.16) en la cual se encuentra fluyendo agua, actúan dos fuerzas: la fuerza tractiva τ_s y la componente de la componente gravitatoria $W_s \sin \theta$, la cual hace que la partícula ruede a lo largo de la pendiente lateral.

Los símbolos utilizados son:

a = área efectiva de la partícula.

τ_s = fuerza tractiva unitaria en la pendiente del canal.

W_s = peso sumergido de la partícula.

ϕ = ángulo de la pendiente lateral.

θ = Angulo de reposo de la partícula.

τ_o = Fuerza tractiva en términos de $\gamma_w y S$.

γ_w = Peso unitario del agua.

τ_L = Fuerza tractiva en el fondo del canal.

K = Relación de fuerzas tractivas.

La resultante de todas estas fuerzas las cuales forman un ángulo recto es:

$$\sqrt{Ws^2 \sin^2 \phi + a^2 \tau_s^2} \quad (3.10)$$

Cuando esta fuerza es lo suficientemente grande, la partícula se moverá. A partir del principio de movimiento de fricción en mecánica, puede suponerse que, cuando el movimiento es inminente, la resistencia al movimiento de la partícula es igual a la fuerza normal $Ws \cos \theta$ multiplicada por el coeficiente de fricción, o $\tan \theta$, donde θ es el ángulo de reposo.

$$W_s \cos \phi \tan \theta = \sqrt{Ws^2 \sin^2 \phi + a^2 \tau_s^2} \quad (3.11)$$

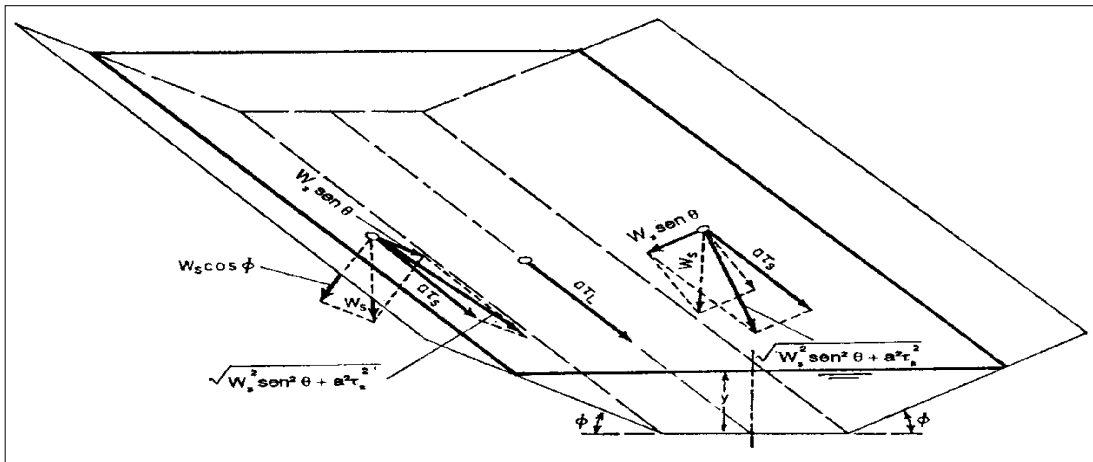


Figura 3.8 Análisis de las fuerzas que actúan en una partícula que reposa en la superficie del lecho de un canal. (Chow, 1994).

Para el cálculo de la fuerza tractiva unitaria τ_s que causa el movimiento inminente en una superficie inclinada tenemos:

$$\tau_s = \frac{Ws}{a} \cos \phi \tan \theta \sqrt{1 - \frac{\tan^2 \phi}{\tan^2 \theta}} \quad (3.12)$$

De igual manera, cuando el movimiento de una partícula sobre una superficie es inminente debido a la fuerza tractiva $\alpha\tau_L$, lo siguiente se obtiene a partir de:

$$W_s \tan \theta = a \tau_L \quad (3.13)$$

Al resolver para la fuerza tractiva unitaria τ_L que produce el movimiento inminente sobre una superficie plana.

$$\tau_L = \frac{W_s}{a} \tan \theta \quad (3.14)$$

Es necesario resaltar que la relación de τ_s a τ_L se conoce como relación de fuerza tractiva; ésta es una relación importante para propósitos de diseño. A partir de las ecuaciones anteriores, la relación es

$$K = \frac{\tau_s}{\tau_L} = \cos \theta \sqrt{1 - \frac{\tan^2 \phi}{\tan^2 \theta}} \quad (3.15)$$

$$K = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \phi}{\sin^2 \theta}} \quad (3.16)$$

Es importante resaltar que esta relación es función sólo de la inclinación ϕ del lado inclinado y del ángulo de reposo θ del material. Para materiales cohesivos y materiales finos no cohesivos, las fuerzas de cohesión en el agua medianamente limpia, se vuelven tan grandes en comparación con la fuerza gravitacional, que hacen que la partícula ruede hacia abajo, que la fuerza gravitacional llegue a no ser considerada.

Por consiguiente el ángulo de reposo necesita ser considerado sólo para materiales gruesos no cohesivos; este tiende a incrementarse tanto con el tamaño como con la angulosidad del material.

Según Chow (1994), la fuerza tractiva permisible es la fuerza tractiva máxima que no causa erosión importante en el material que forma una sección de canal.

La determinación de la fuerza tractiva permisible está basada en el tamaño de la partícula para materiales no cohesivos y en la compactación o relación de vacíos para materiales cohesivos.

Otras propiedades del suelo como el índice de plasticidad o la acción química pueden considerarse como índices para definir con mayor precisión la fuerza tractiva permisible. Por la falta de datos e información precisa acerca de los índices.

El U.S Bureau of Reclamation realizó un estudio completo de materiales presentes en diversos canales, obteniendo como resultado una serie de valores que son recomendados para la fuerza tractiva permisible en el diseño de canales, estos desarrollaron de la siguiente manera:

a. Para materiales gruesos no cohesivos, con un factor de seguridad suficiente, el Bureau recomienda un valor tentativo para la fuerza tractiva permisible, en lb/pies^2 , igual a 0.4 veces el diámetro en pulgadas de una partícula para la cual el 25% (en peso) del material es mayor. Esta recomendación se muestra por medio de una línea recta en la tabla de diseño (figura 3.9).

b. Para material fino no cohesivo, el tamaño especificado es tamaño medio o el tamaño menor que el 50% en peso. Tentativamente se recomiendan tres (3) curvas de diseño (figura 3.10):

1. Para canales con alto contenido de material fino en el agua.
2. Para canales con contenido de sedimento fino en el agua.
3. Para canales con agua limpia.

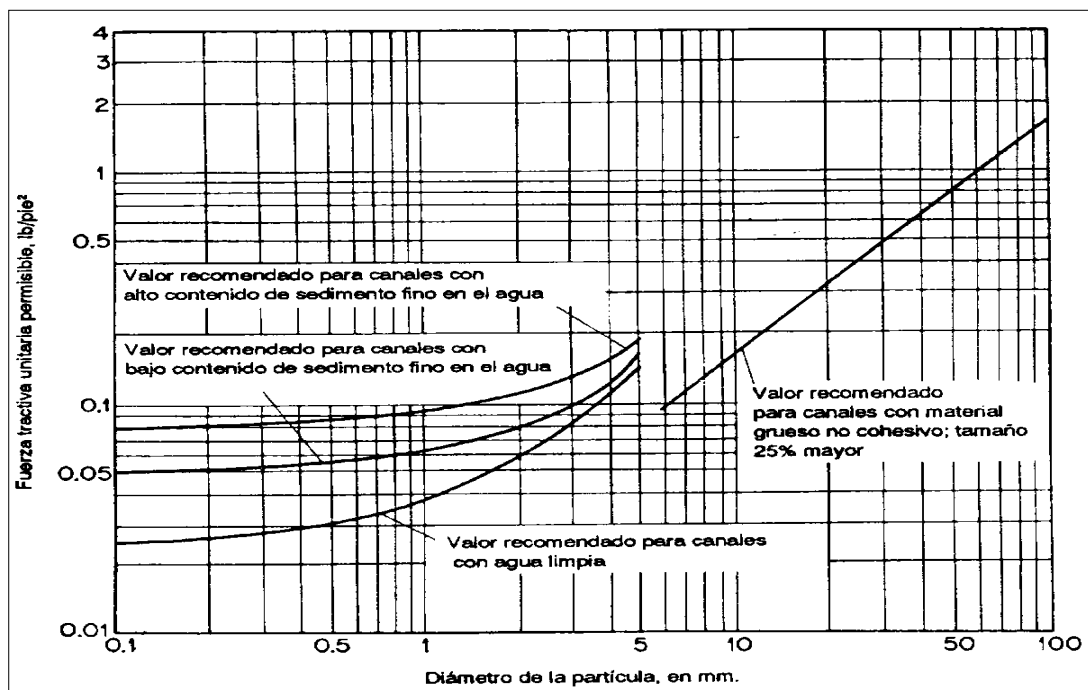


Figura 3.9 Fuerzas tractivas unitarias permisibles recomendadas por el U.S. Bureau of Reclamation, para materiales no cohesivos (Chow, 1994).

3.2.12.4 Según Rijn Van, (1993)

El movimiento de una partícula ocurre cuando la fuerza del fluido sobre la partícula, esta justamente a lo largo de la fuerza de fricción la cual está relacionada con el peso de la partícula sumergida y el coeficiente de fricción. Las fuerzas cohesivas son importantes cuando el material de lecho está constituido por una cantidad apreciable de partículas de arcillas y limo.

Las fórmulas a utilizar para usar el modelo de Van Rijn es:

$$D_* = \left[\frac{(s-1)g}{\nu^2} \right]^{\frac{1}{3}} d_{50} \quad (3.17)$$

Donde:

D_* = parámetro de la partícula

ν = viscosidad cinemática

S = gravedad específica

Dependiendo del valor de D_* obtenemos el parámetro critico mediante las fórmulas:

$\theta_{cr} = 0.24 D_*^{-1}$	for	$1 < D_* \leq 4$
$\theta_{cr} = 0.14 D_*^{-0.64}$	for	$4 < D_* \leq 10$
$\theta_{cr} = 0.04 D_*^{-0.1}$	for	$10 < D_* \leq 20$
$\theta_{cr} = 0.013 D_*^{0.29}$	for	$20 < D_* \leq 150$
$\theta_{cr} = 0.055$	for	$D_* > 150$

(3.18)

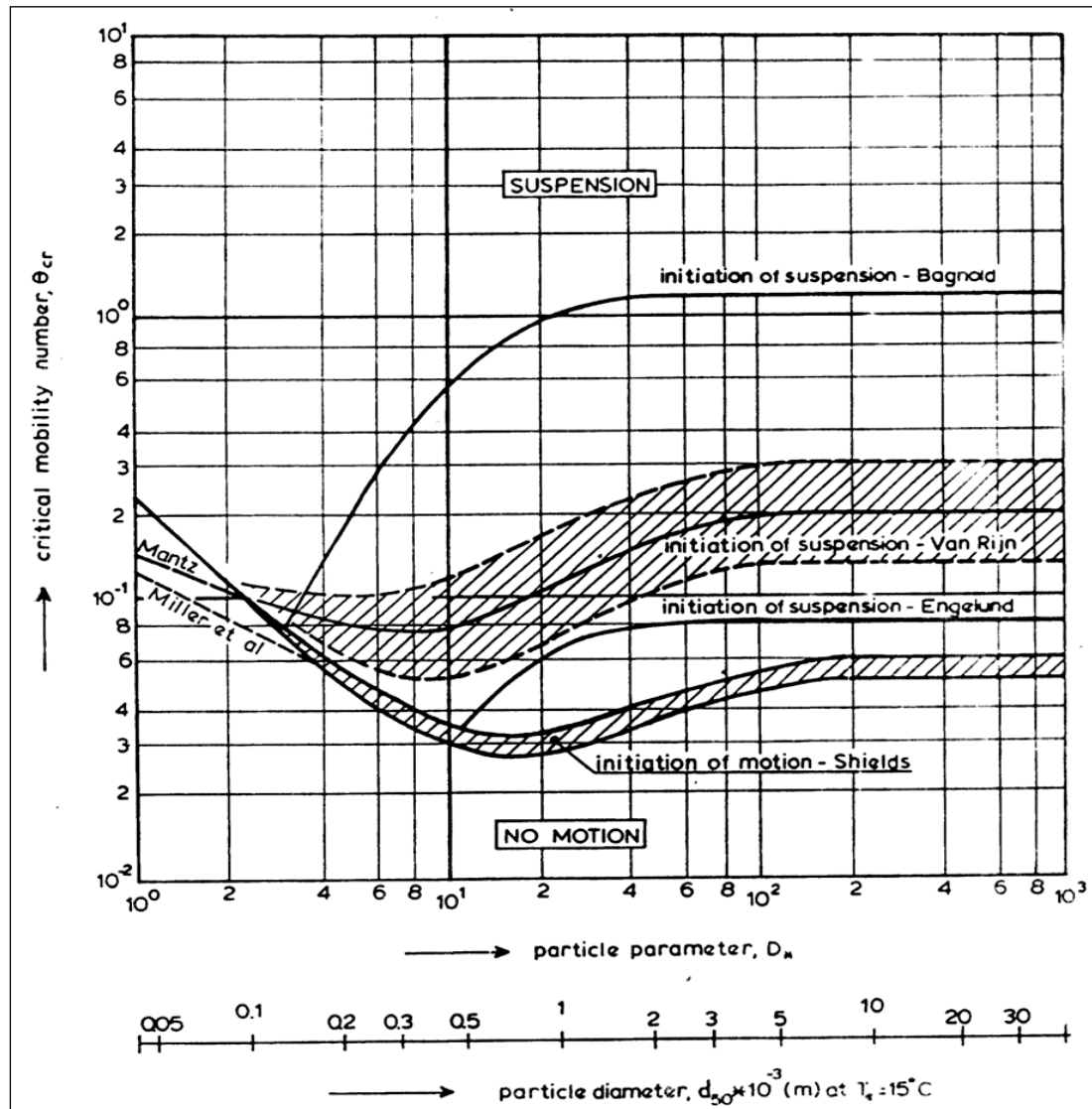


Figura 3.10 Iniciación del movimiento y suspensión de las partículas sobre el fondo del lecho (Rijn Van, 1989).

3.2.13 Programa HEC-RAS

“HEC-RAS es un paquete integrado de análisis hidráulico, programa en que el usuario actúa recíprocamente con el sistema a través del uso de una Interface Gráfica del Usuario (GUI). El sistema es capaz de realizar cálculos de los flujos de la

superficie del agua, cálculos de flujo uniforme, e incluirá Flujo variado, Transporte del Sedimento” (Mario Mori Vilca, 2003).

“En la terminología de HEC-RAS, un Proyecto es un juego de archivos de datos asociados con un sistema de un río en particular. El modelador puede realizar cualquiera o varios tipos de análisis, incluido en el paquete de HEC-RAS, como parte del proyecto” (Mario Mori Vilca, 2003).

Los archivos de datos para un proyecto se categorizan como sigue:

- a. Datos de planta.
- b. Datos geométricos.
- c. Datos de flujo uniforme.
- d. Datos de flujo variado.
- e. Datos de sedimentos.
- f. Los datos de diseño hidráulico.

“Cada plan representa una simulación específica de datos geométricos y datos de flujo. Una vez introducidos los datos básicos en el HEC-RAS, el proyectista puede formular los nuevos planes fácilmente.

Después de que las simulaciones son hechas para los varios proyectos, los resultados pueden compararse simultáneamente en la forma tabular y gráfica” Mario Mori Vilca, (2003).

3.2.13.1 Desarrollo de un modelo hidráulico con HEC-RAS

“Hay cinco pasos principales para la creación de un modelo hidráulico con HEC-RAS:

Crear un Proyecto Nuevo o Abrir uno existente.

Introducir los Datos Geométricos.

Introducir los Datos Hidráulicos: Caudal y condiciones de Contorno.

Crear un plan y ejecutar la simulación.

Ver e imprimir los resultados” (Mario Mori Vilca 2003).

“Al culminar estos pasos, con los resultados o datos de salida permitirán conocer, por ejemplo, el tirante del agua, la velocidad media del flujo, etc. Estos parámetros se utilizan, por ejemplo, en el diseño obras en el cauce principal de canales, drenes, o ríos, tales como alcantarillas, puentes, bocatomas; para el diseño diques, enrocados, para determinar la planicie de inundación y planificar el desarrollo urbano de una ciudad, etc” Mario Mori Vilca, (2003).

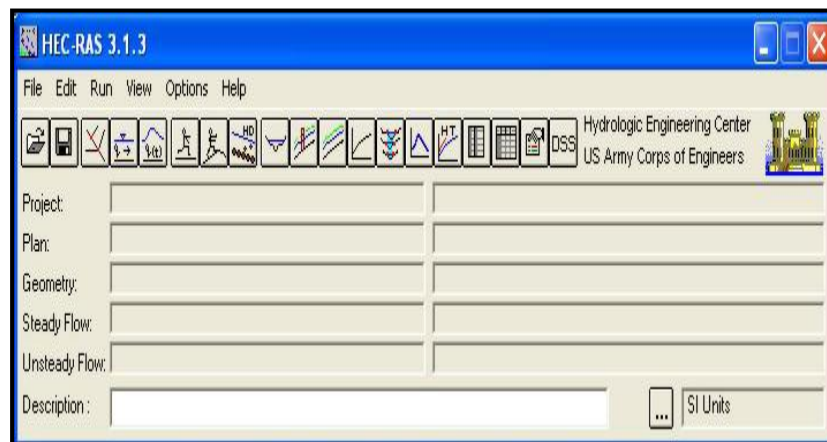


Figura 3.11 Ventana principal del programa HEC-RAS

3.2.14 Programa S.M.S

La superficie del agua *Modeling System* (SMS) es un programa gráfico que permite a los ingenieros y científicos para visualizar, manipular y comprender los datos numéricos. Muchas de las herramientas en el paquete son de carácter genérico, sino que está diseñado específicamente para facilitar la creación de modelos numéricos de los ríos, lagos, bahías, estuarios y zonas costeras.

SMS Modelado de superficie de agua del sistema es un entorno completo para 1D, 2D y 3D de modelado hidrodinámico. De elementos finitos y herramientas de modelado remanso. Modelos compatibles se incluyen el Cuerpo de Ingenieros-agua y saneamiento ambiental apoyado TABLETAS-MD (GFGEN, RMA2, RMA4, SED2D-WES), ADCIRC, CGWAVE, STWAVE, M2D, HIVEL2D, y los modelos HEC-RAS. SMS también incluye un modelo genérico que puede ser utilizado para apoyar los modelos que no han sido oficialmente incorporados al sistema.

Los modelos numéricos compatibles con SMS calculan una variedad de informaciones aplicables a las aguas de modelado de superficie. Las principales aplicaciones de los modelos incluyen el cálculo de las elevaciones de la superficie del agua y las velocidades de flujo para el flujo de los problemas del agua superficial para el estado de equilibrio o condiciones dinámicas. Las aplicaciones adicionales incluyen el modelado de migración de la contaminación, la intrusión de salinidad, el transporte de sedimentos (erosión y sedimentación), la dispersión de energía de las olas, las propiedades de onda (direcciones, magnitudes y amplitudes) y otros.

3.2.14.1 Gráficos y visualización

SMS es una herramienta gráfica de gran alcance para la creación de modelos y la visualización de los resultados. Los modelos pueden ser construidos utilizando

mapas digitales y modelos de elevación y la fuente de datos de referencia Durante el proceso de construcción de modelos, la representación gráfica del modelo permite la revisión rápida y la presentación de su trabajo.

Un conjunto de datos calculado permiten al usuario realizar comparaciones entre los modelos de análisis, tales como mostrar la diferencia de elevaciones de la superficie del agua y las velocidades de flujo debido a un cambio en la operación de una compuerta. Tanto el estado de equilibrio y las soluciones transitorias se pueden demostrar animados (como si se tratase de una película) utilizando partículas de seguimiento, el vector o animación de contorno. Para soluciones de estado estacionario, las partículas de seguimiento de animación permiten al usuario ver con claridad los patrones de flujo inherentes a la malla. Para las soluciones transitorias, y el contorno de animación vectorial permite al usuario observar cómo la superficie de elevación del agua, la velocidad de descarga, la concentración de contaminantes, y la elevación de las camas varían con el tiempo.

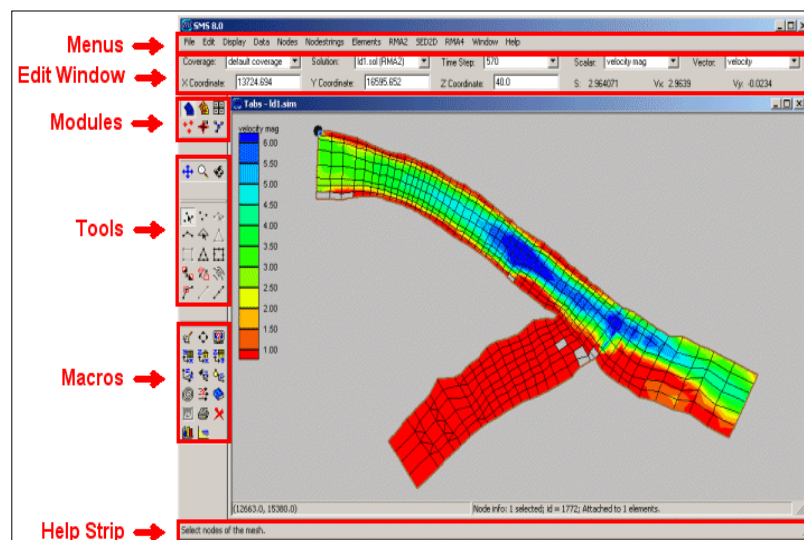


Figura 3.12 Ventana principal de SMS (*Modeling System*).

3.3 Bases legales

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.

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 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 Los sedientos 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).

3.4.4 Carga de fondo

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

3.4.5 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).

3.4.6 El 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).

3.4.7 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).

3.4.8 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).

3.4.9 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 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).

3.4.11 Estructuras

Deposición 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).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DEL TRABAJO

4.1 Nivel de investigación

De acuerdo con el objetivo general y el problema planteado, este proyecto posee un tipo de investigación descriptiva y aplicada.

4.1.1 Investigación descriptiva

Según Danhke, G., (1986) “Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis. En un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide cada una de ellas independientemente, para así y valga la redundancia describir lo que se investiga”.

Este tipo de investigación es descriptiva porque buscamos determinar cualidades, características, y rasgos más relevantes inherentes al proceso de movimiento o transporte de los sedimentos del sector Noina del río Orinoco.

4.1.2 Investigación aplicada

De acuerdo con Sabino C., (1992), “las investigaciones en el campo de la ingeniería se destacan por ser del tipo “aplicada”, esto debido a que normalmente, ellas se abocan a la obtención de conocimientos necesarios para el desarrollo de una herramienta; que permita la solución directa y concisa de un problema planteado”.

Esta Investigación es aplicada ya que se encuentra centrada en la búsqueda de soluciones para resolver los problemas planteados en esta investigación tal como es caracterizar el área para validar o modificar el alineamiento del canal de navegación.

4.2 Diseño de investigación

4.2.1 Investigación documental

De acuerdo a los medios utilizados para obtener los datos, se puede afirmar que la investigación es de tipo Documental.

Es Documental, porque fue basado en la obtención de datos provenientes del área de estudio y otros tipos de información que ayudan al proceso investigativo. Como fuentes de carácter documental, empleándose registros tanto impresos como digitales, entre ellos folletos, manuales, fotografías aéreas y documentos diversos referentes a estudios realizados en el área. Según Cázares L., (1999): “La investigación documental depende fundamentalmente de la información que se recoge o consulta en documentos, entendiéndose este término, en sentido amplio, como todo material de índole permanente, es decir, al que se puede acudir como fuente o referencia en cualquier momento o lugar, sin que se altere su naturaleza o sentido, para que aporte información o rinda cuentas de una realidad o acontecimiento”.

En el caso específico de la presente investigación, se puede afirmar que para el desarrollo de la misma se aplicará un diseño documental ya que se revisarán, analizarán y procesarán registros y bases de datos de aforos correspondientes a la sección de aforo de la Vuelta del Diablo e información de planos batimétricos y de cartas de navegación suministradas por la CVG Gerencia Canal de Navegación del Orinoco.

4.2.2 Investigación de campo

El diseño de la investigación es de campo y constituye un plan estructurado de acción que en función de unos objetivos básicos está orientado a la obtención de datos relevantes a los problemas e indicadores planteados. El diseño de investigación de campo se explica según el criterio de Hernández y Otros (1996: 53), como:

“La estrategia metodológica que permite evaluar de manera adecuada las relaciones entre las variables, es decir, el diseño le indica al investigador que observaciones hacer, cómo hacerlas y cómo analizar los datos que representan tales observaciones.”

Acuña (2000:41), se refiere a este nivel de investigación como un proceso sistemático, riguroso y racional de recolección, tratamiento, análisis y presentación de datos, basados en una estrategia de recolección, directa de la realidad de las informaciones necesarias para la investigación.

La presente investigación se considera de campo, ya que se realizará la recolección de datos en el lugar objeto de la investigación y porque se analizaron muestras de sedimentos que han sido tomadas del cauce del río Orinoco en el sector Noina.

4.3 Población y muestra de la investigación

4.3.1 Población de la investigación

Balestrini, M. (2004:137) expresa que: “Estadísticamente hablando, por población se entiende un conjunto finito o infinito de personas, casos o elementos que representan características comunes. 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”.

La población a ser considerada como objeto de estudio es todo el cuerpo de agua y sedimentos del lecho y en suspensión del sector Noina. Dada la magnitud de la población se considera que esta es de carácter infinito.

4.3.2 Muestra de la investigación

La muestra según Mejia, (1982), “Es una parte de la población, o sea un número de individuos u objetos seleccionados científicamente, cada uno de los cuales es un elemento del universo. La muestra es obtenida con el fin de investigar, a partir del conocimiento de sus características particulares, las propiedades de una población”.

Debido a que se está en presencia de una población de carácter infinito, la muestra a considerar será no probabilística debido a la imposibilidad física y financiera de procesar una cantidad tan elevada de muestras (> 384), por lo que será definida como de carácter opinático o a criterio del investigador. Este tipo de muestra, va a depender de la homogeneidad de los suelos existentes; sin embargo, fueron escogidas cuatro (4) muestras dentro del mencionado sector, las cuales se prevé que sean tomadas distribuidas entre sí.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1 Técnicas de recolección de datos

Según Arias, F. (2006), las técnicas de recolección de datos son las distintas maneras de obtener información. Por otra parte, este autor plantea que las herramientas son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información.

Para este trabajo de grado se utilizaron técnicas de recolección de datos mencionadas a continuación:

a. La revisión bibliográfica: la cual permitió abordar el estudio en función de los objetivos planteados. Primeramente, se buscó información sobre diferentes tipos de gestión y planificación de varios proyectos de investigación, la cual justifica ampliamente la realización de este trabajo de grado. Para maximizar los resultados de este procedimiento se utilizaron a su vez técnicas operacionales como: subrayado, fichaje, notas de referencia bibliográfica, entre otras.

b. El fichaje: esta técnica consiste en registrar los datos que se van obteniendo en la revisión bibliográfica, en fin, en las diferentes etapas y procesos que se van desarrollando. Esto nos permitió manejar la información de manera organizada y así maniobrar ideas de forma lógica. La información obtenida de los diferentes medios, se fue archivando mediante el uso de Microsoft Word, cumpliendo el papel de las llamadas fichas, con los correspondientes datos bibliográficos para posteriormente al utilizar la información poderla citar de una manera correcta y con mayor facilidad.

4.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Entre los instrumentos que se utilizarán en la investigación cabe mencionar los siguientes:

- a. Nivel de burbuja
- b. GPS
- c. Lancha hidrográfica y bote con motor fuera de borda
- d. Muestreador de sedimentos marca Hidroproduct
- e. Cilindros para muestras
- f. Equipo de computación
- g. Equipo de comunicaciones
- h. Calculadora
- i. Programas de ofimática y diseño gráfico: Hec-Ras, Autocad, etc.

4.5. Flujograma de la metodología y descripción del flujograma

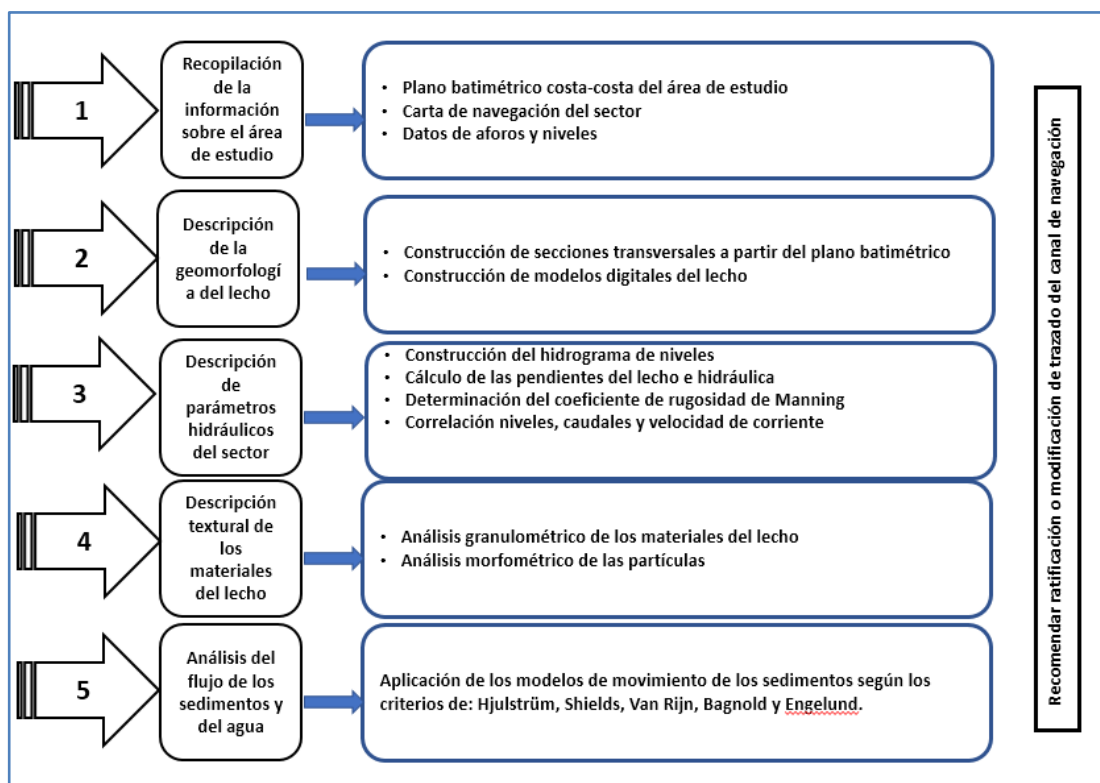


Figura 4.1 Flujograma de la investigación.

4.6 Procedimiento para el logro de los objetivos

Para el desarrollo de esta investigación referente al área de estudio deben ser tomados los siguientes aspectos:

4.6.1 Recopilación de datos del área en estudio

Está comprendida por la búsqueda y selección de todo material que proporciona información sobre el tema estudiado referente a la morfología de ríos, propiedades físicas, dragado, utilizando varias fuentes bibliográficas, como libros, tesis y toda la información que puede ser obtenida a través de internet. En ese sentido, la CVG-GCNO suministrará la casi totalidad de la información cartográfica, de aforos y de niveles del río del área de estudio, tales como:

- a. Planos batimétricos del sector Noina.
- b. Registros de los niveles promedios mensuales de la estación Palúa
- c. Registros de las campañas de aforo efectuadas en la sección de medición mas cercana aguas arriba al área de estudio.
- d. Imágenes satelitales del área de estudio.
- e. Información bibliográfica referente a las características geológicas, geotécnicas, climatológicas y bióticas presentes en el área de estudio,

4.6.2 Descripción de la morfología del área de estudio

Para la descripción morfológica local se deberán analizar las dimensiones, longitud, pendiente y forma de la cuenca del río Orinoco y su relación con la geología regional.

La descripción de la morfología local del área de estudio ameritará describir las variaciones temporales y/o estacionales que han sufrido las márgenes y el lecho del río en el sector, siguiendo el siguiente procedimiento:

a. Con el fin de visualizar la morfología del área de estudio se construirán, utilizando el programa Surfer Golden 8.0, modelos digitales del lecho a partir de los planos batimétricos costa a costa que suministre la CVG-GCNO del área de estudio.

b. Comparando secciones transversales seleccionadas cada 500 m, y utilizando levantamientos batimétricos costa – costa que incluyan aguas bajas y aguas altas pertenecientes al sector en estudio (considerando para su construcción que las ordenadas son las profundidades totales y las abscisas serán la distancia acumulada).

4.6.3 Describir los parámetros hidráulicos del flujo en el área de estudio

En el primer lugar, se deben hacer los hidrogramas de niveles máximos y mínimos del río correspondientes al sector (de ser posible, para los últimos 10 años) y el hidrogramas de niveles para el año correspondiente al plano batimétrico suministrado. Para ello se requerirá los niveles del río Orinoco en la estación limnigráfica de Palúa y/o los niveles de las estaciones limnigráfica ubicadas inmediatamente aguas arriba y aguas abajo del tramo de estudio.

a. Se efectuarán diagramas de distribución de las velocidades en las secciones de aforo, para ello se ameritará recopilar las campañas de aforo efectuadas en el sector a fin extraer los datos de velocidades de corriente, caudales líquidos y sólidos, datos de la sección de aforo (ubicación), niveles del río para la fecha del aforo.

b. Se efectuará la correlación gráfica de las velocidades de corriente, caudales líquidos y niveles del río lo cual permitirá inferir la magnitud de la velocidad de la corriente y del caudal conociendo el nivel del río en la sección.

c. Se determinará la pendiente hidráulica y la pendiente del lecho utilizando los planos batimétricos costa – costa y los niveles del río aguas arriba y aguas abajo

del tramo en estudio, el ábaco de pendientes y/o el programa de proyección de niveles del río.

d. Se determinará el coeficiente de rugosidad de Manning para el tramo del río en estudio, esta estimación se efectuará utilizando el programa HEC RAS cuya información de entrada son los datos de las secciones transversales, los caudales y los niveles del río.

4.6.4 Caracterización geotécnica de los materiales del lecho del río en el área de estudio

a. De acuerdo a las características morfológicas del sector se debe definir el criterio de muestreo

b. Efectuar el análisis granulométrico, análisis de forma de los granos y el de contenido mineralógico de los materiales del lecho. Cabe destacar que estos datos texturales serán utilizados para los diferentes modelos de movimiento de sedimento.

4.6.5 Caracterización de las condiciones de movimiento de las partículas del lecho en el área de estudio

A tal efecto, se aplicarán los modelos de Hjulström, Shields, Van Rijn, Bagnold y Engelund para conocer las condiciones para que se produzca el movimiento de las partículas del lecho en el sector en estudio.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Caracterización climatológica del área de estudio

Las características climáticas del Estado están influidas principalmente por su latitud, proximidad al Océano y existencias de grandes masas forestales.

El clima es predominantemente tropical lluvioso en la zona continental y en la costa es marcadamente de sabana. Este tipo de clima es dado por la latitud, la proximidad al océano y la existencia de grandes masas forestales. La precipitación anual es alta en toda la región, mayor en la costa y decreciente a medida que penetra hacia el Oeste en tierra firme.

En el estado Delta Amacuro se tienen tres (3) climas diferentes según Köpen-Geiger, pero está dominado por Af.

Clima de selva tropical (Af): El Toro, Manoa, Misión Araguaimujo, Puerto Luis, Santa Rosa.

Clima Tropical de monzón (Am): Varadero de Yaya, Santa Catalina, Los Remolinos, Geina, Boca de Aragua.

Clima de sabana tropical (Aw): Tucupita, Sierra Imataca, El Triunfo, Los Castillos de Guayana, Casacoima.

Tabla 5.1 Condiciones de temperatura, precipitación, radiación solar y vientos en Noina.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Día (°F)	88	90	92	93	92	90	89	91	93	92	90	88
Noche (°F)	70	71	72	74	75	74	73	73	74	74	74	72
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (inch)	13	9	10	15	23	34	44	44	30	30	31	17
Días de lluvia	21	18	17	17	20	25	27	26	22	22	25	24
Días secos	10	10	14	13	11	5	4	5	8	9	5	7
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Horas de sol por día	8	8	7	8	8	9	8	9	9	8	6	5
Fuerza del viento (Bft)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Índice UV	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	7

5.2 Descripción morfológica del área de estudio

Para la descripción de la morfología del lecho del sector Noina se utilizó un plano batimétrico costa- costa suministrado por la CVG Gerencia del Canal de Navegación del Orinoco, para extraer la información de profundidades.

Se construyeron diez (10) secciones transversales a lo largo del canal en el sector, separadas cada 500 m aproximadamente, permitiendo así observar las condiciones morfológicas del sector.

Se observa que hacia el extremo oeste del sector Noina las mayores profundidades se ubican hacia el lado norte, manteniéndose esta tendencia hasta la sección transversal 8, coincidiendo estas profundidades con la alineación actual del canal de navegación. Sin embargo, a medida que se revisan las subsiguientes secciones transversales ubicadas aguas abajo del sector se puede notar una inversión en la ubicación de las mayores profundidades que se encuentran en la margen derecha descendente desde la sección 9.

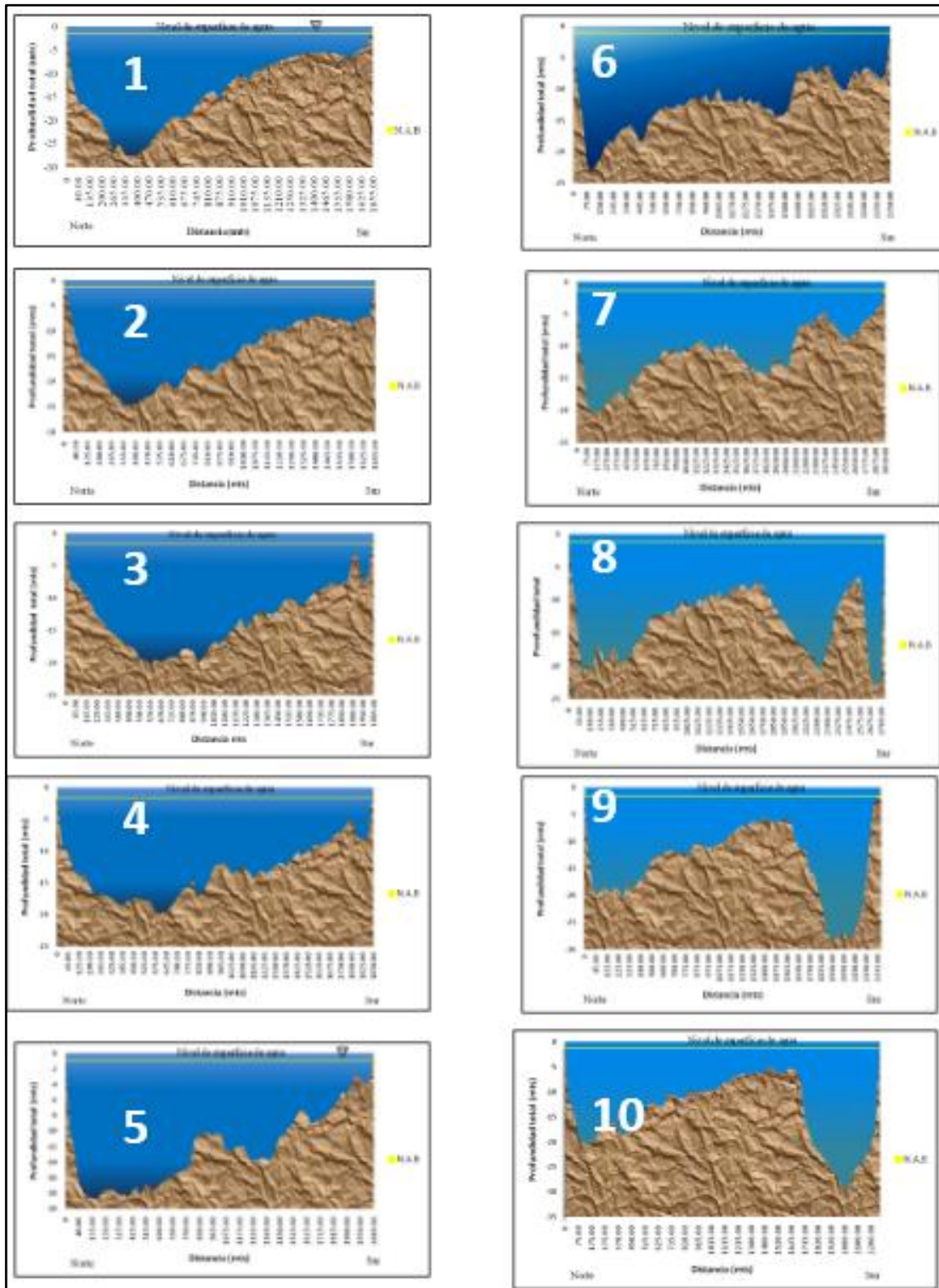


Figura 5.1 Secciones transversales del sector Noina.

En el modelo 3D (elaborado con el programa SURFER GOLDEN 8.0) del tramo en estudio basado en el plano batimétrico OODB5399 del 14/07/2001 se corrobora lo anteriormente descrito sobre la ubicación de las mayores profundidades del sector en la figura 5.2.

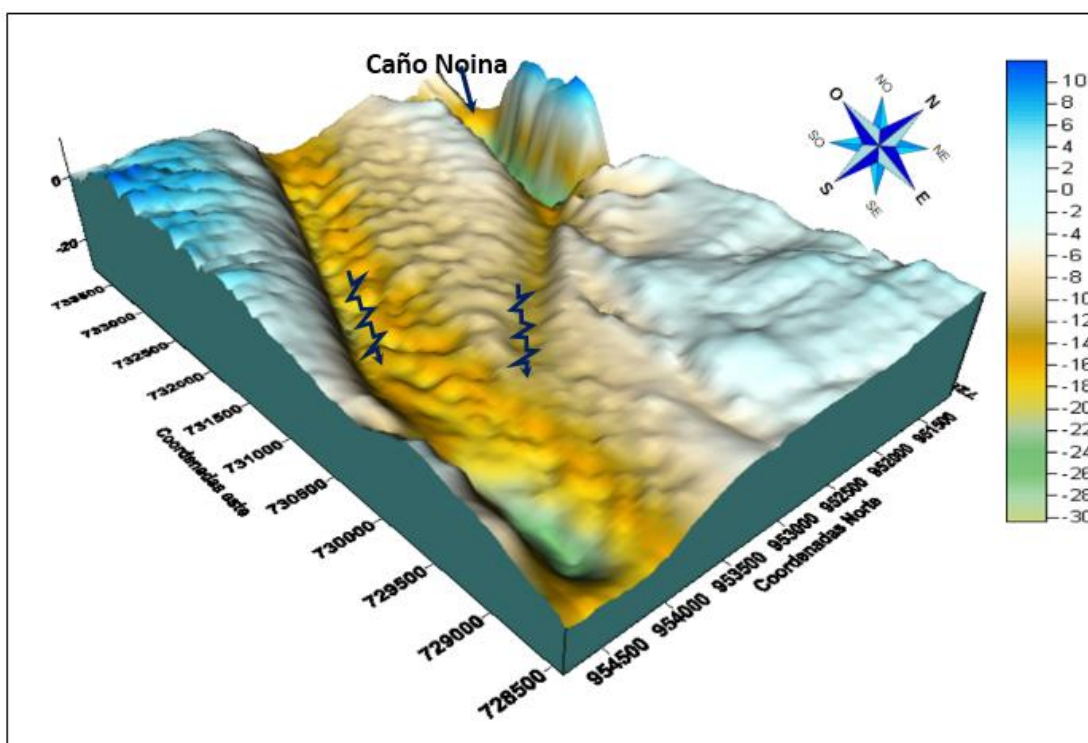


Figura 5.2 Imagen tridimensional, del sector Noina del canal de navegación del río Orinoco (referencia plano OODB5399 del 14.07.2001).

Para finalizar el análisis geomorfológico del sector se realizó un modelamiento de las profundidades existentes en el área de estudio utilizando el programa SMS. En la figura 5.3 se puede observar en la imagen producida por la aplicación computarizada mencionada como se distribuyen las profundidades en el sector.

Asimismo, se puede observar la existencia de las mayores profundidades en color azul oscuro ubicadas en la región noroeste del área de estudio y adyacente

aguas arriba de la confluencia con el caño Noina. También se observa que las mayores profundidades se ubican al sureste del área de estudio.

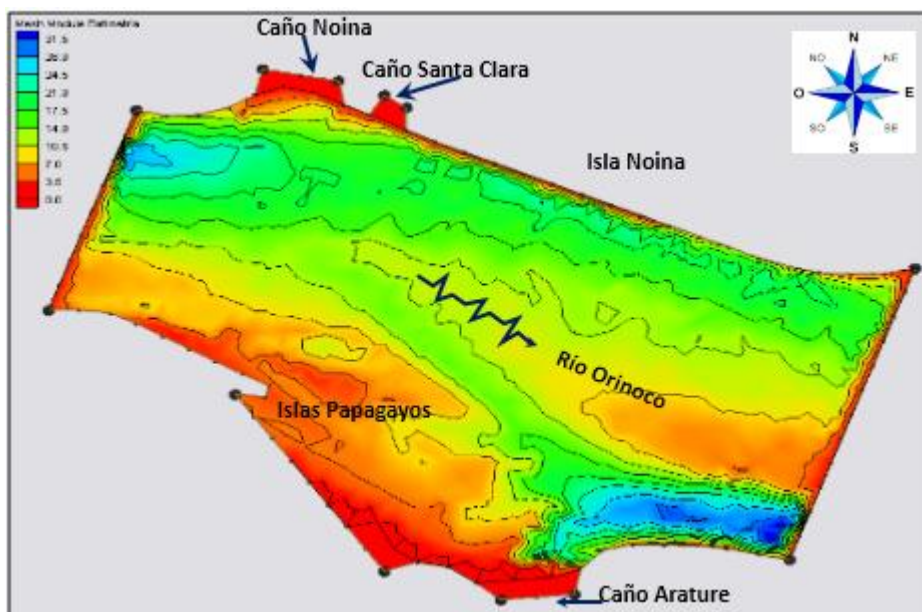


Figura 5.3 Profundidades en el sector Noina interpretadas por el programa SMS.

5.3 Descripción de parámetros hidráulicos

5.3.1 Elaboración de la correlación de niveles, caudal y velocidad

Haciendo uso de las campañas de aforos efectuadas por el Instituto Nacional de Canalización (I.N.C), se obtuvieron los datos de caudales y velocidad de corriente de la sección Vuelta del Diablo, así mismo se obtuvieron los niveles del río registrados en el sector Noina para el momento que se realizaron los aforos. Con esto se construyeron gráficos de correlación de velocidad y caudal con los niveles del río.

En la figura 5.4 se muestra el gráfico de la correlación de velocidad con el nivel del sector Noina y en la figura 5.5 se muestra la correlación del caudal y el nivel del río.

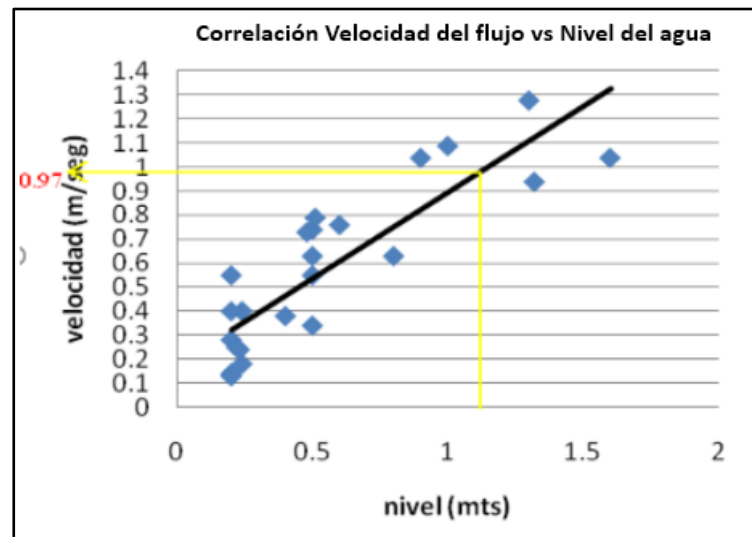


Figura 5.4 Correlación Velocidad del flujo vs Nivel del agua en la estación de aforos de la Vuelta del Diablo.

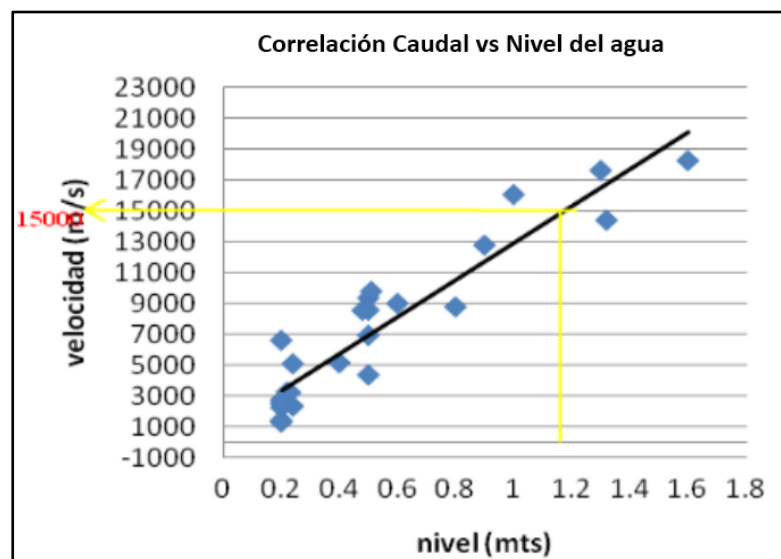


Figura 5.5 Correlación Caudal vs Nivel del agua.

5.3.2 Determinación de pendientes hidráulicas y pendientes del lecho

5.3.2.1 Pendiente hidráulica

Para la determinación de las pendientes hidráulicas en el sector se usó la aplicación de la fórmula:

$$m = (h_2 - h_1) / d \quad (5.1)$$

Donde:

m: es la pendiente de la superficie del agua,

d: es la distancia entre las estaciones limnigráficas

h_1 y h_2 : altura limnigráfica de la superficie del agua en el punto 1 o en el punto 2 respectivamente, en un instante determinado referida al datum nivel de aguas bajas (NAB)

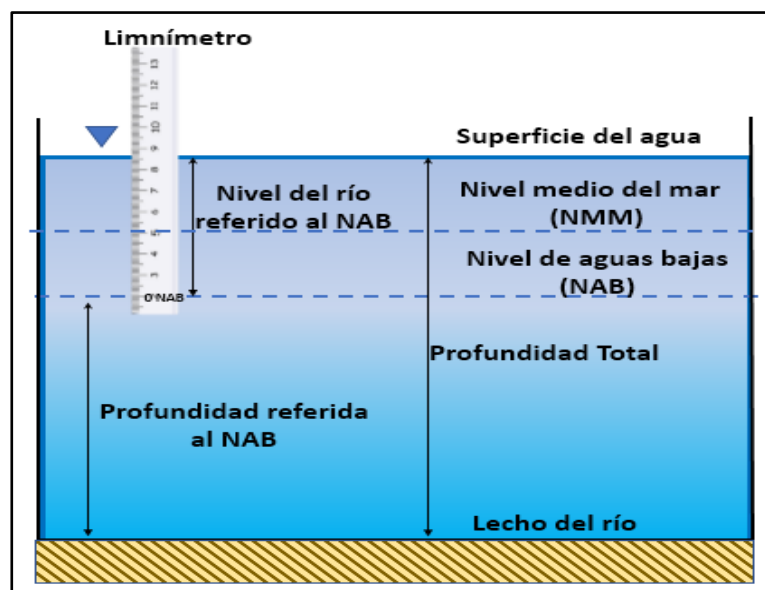
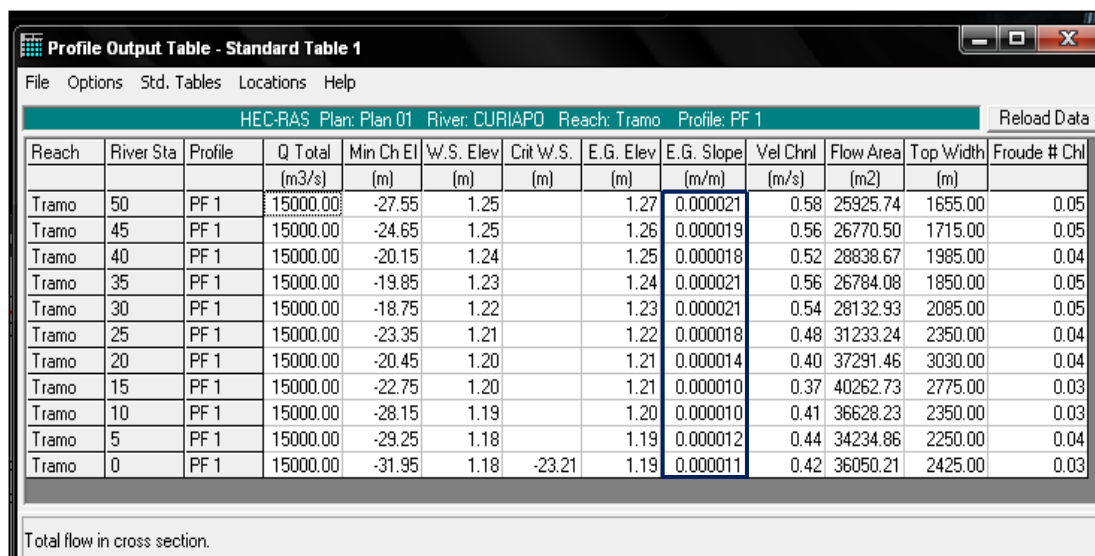


Figura 5.6 Esquema de relación entre los datum Nivel de aguas bajas (NAB) y el Nivel medio del mar (NMM).

La pendiente hidráulica del sector Noina, medida entre las diferentes secciones transversales construidas a partir del plano N° OODB5399, varía entre 0.21×10^{-4} m/m y 0.11×10^{-4} m/m, así como se muestra en el reporte del programa HEC-RAS en la figura 5.6, obteniéndose como promedio una pendiente hidráulica de 0,000016 m/m.



The screenshot shows the 'Profile Output Table - Standard Table 1' from the HEC-RAS software. The table displays hydraulic data for a series of reaches (Tramo) along a river (CURIAPQ). The data includes flow rate (Q Total), minimum channel elevation (Min Ch El), water surface elevation (W.S. Elev), critical water surface elevation (Crit W.S.), energy grade elevation (E.G. Elev), energy grade slope (E.G. Slope), velocity (Vel Chnl), flow area (Flow Area), top width (Top Width), and Froude number (Froude # Chl). The flow rate is constant at 15000.00 m³/s for all reaches. The energy grade slope values are highlighted in blue, ranging from 0.000011 to 0.000021 m/m.

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m³/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Tramo	50	PF 1	15000.00	-27.55	1.25		1.27	0.000021	0.58	25925.74	1655.00	0.05
Tramo	45	PF 1	15000.00	-24.65	1.25		1.26	0.000019	0.56	26770.50	1715.00	0.05
Tramo	40	PF 1	15000.00	-20.15	1.24		1.25	0.000018	0.52	28838.67	1985.00	0.04
Tramo	35	PF 1	15000.00	-19.85	1.23		1.24	0.000021	0.56	26784.08	1850.00	0.05
Tramo	30	PF 1	15000.00	-18.75	1.22		1.23	0.000021	0.54	28132.93	2085.00	0.05
Tramo	25	PF 1	15000.00	-23.35	1.21		1.22	0.000018	0.48	31233.24	2350.00	0.04
Tramo	20	PF 1	15000.00	-20.45	1.20		1.21	0.000014	0.40	37291.46	3030.00	0.04
Tramo	15	PF 1	15000.00	-22.75	1.20		1.21	0.000010	0.37	40262.73	2775.00	0.03
Tramo	10	PF 1	15000.00	-28.15	1.19		1.20	0.000010	0.41	36628.23	2350.00	0.03
Tramo	5	PF 1	15000.00	-29.25	1.18		1.19	0.000012	0.44	34234.86	2250.00	0.04
Tramo	0	PF 1	15000.00	-31.95	1.18	-23.21	1.19	0.000011	0.42	36050.21	2425.00	0.03

Total flow in cross section.

Figura 5.7 Estimación de la pendiente hidráulica entre las secciones transversales construidas en el sector Noina en el programa HEC.RAS

5.3.2.2 Pendiente del lecho

Para la determinación de la pendiente del lecho se consideran valores de profundidades escogidas a lo largo del centro del canal. Estas profundidades fueron referenciadas al nivel medio del mar (N.M.M)

Aplicando las correcciones establecidas para cada uno de los limnigrafos se determinaron las distancias de separación entre las profundidades, para así calcular las pendientes del lecho. El resultado obtenido en la determinación de las pendientes del lecho es 0.00456.

5.3.3 Estimación de niveles de la superficie del agua

Considerando los niveles del río medidos en la estación limnigráfica de Palúa en el sector San Félix, se efectuó una proyección espacial de los niveles hasta la ubicación del sector Noina, considerando que incluyera la fecha de elaboración del plano costa – costa ODB3559 que se ha utilizado en esta investigación.

Para realizar esta proyección de niveles se utilizó el Ábaco de pendientes hidráulicas del río Orinoco (gráfico del apéndice B.x).

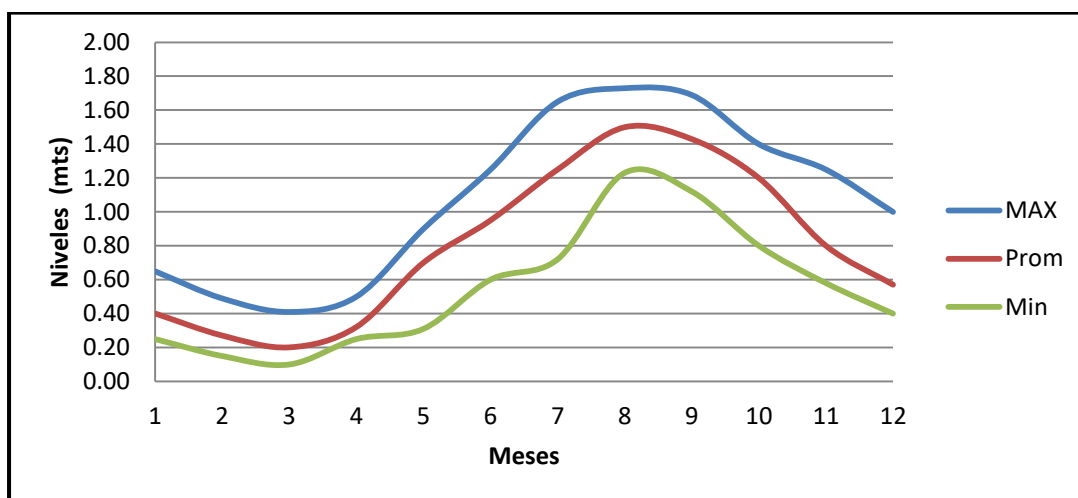


Figura 5.8. Hidrograma del río Orinoco en el sector Noina período 2000-2009.

El hidrograma muestra un nivel máximo en el mes de septiembre de 1.72 m y un nivel mínimo o de estiaje en el mes de marzo de 0.10 m.

Con la finalidad de revisar los patrones de flujo y velocidades presentes en el área de estudio, a través de los planos de direcciones de flujo y velocidades de corrientes producidos por el programa del modelo matemático bidimensional SMS en la figura 5.10, podemos ver que aguas abajo de la desembocadura del caño Noina y Santa Clara se observa una región adyacente a la ribera izquierda descendente que

presenta velocidades en el rango de 0 a 1.20 m/s. Sin embargo, aguas abajo de estas regiones se observa que las velocidades de las corrientes oscilan entre 1.60 m/s hasta 2,35 m/s y los patrones preferenciales de flujo van en dirección paralela a la línea de costa en dirección aguas abajo (figura 5.9).

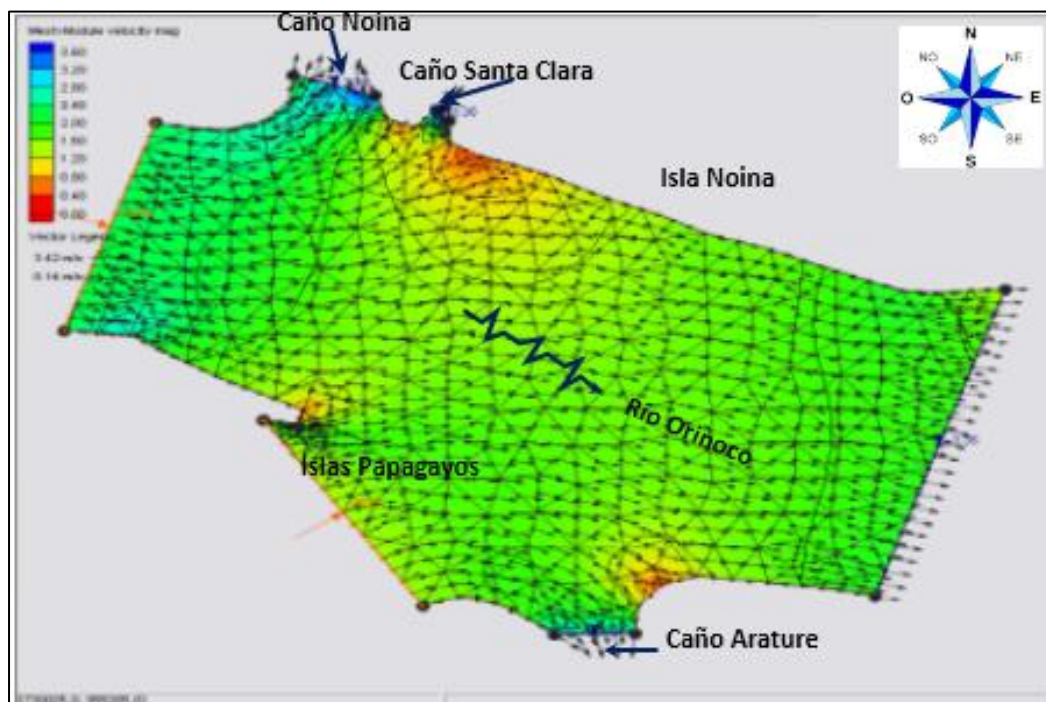


Figura 5.9 Plano de velocidad de corriente en el sector Noina.

5.4 Características texturales de los materiales del lecho

Debido a las dificultades operativas involucradas y a las condiciones ambientales que generalmente imperan en el área de estudio, se decidió efectuar una toma de muestras de los materiales del lecho utilizando el proceso de dragado en el sector de estudio. A tal efecto, se realizó un muestreo no probabilístico a criterio del investigador en el cual se tomó en cuenta la escasa variabilidad geomorfológica del sector en el tiempo y a la homogeneidad de los materiales del lecho del sector

reportada por la CVG-GCNO en las campañas de dragado realizadas en el área de estudio en la última década.

El muestreo estuvo constituido por cuatro (4) muestras que se tomaron en la tolva de la draga durante el proceso de dragado en la última campaña de dragado en el sector (Noviembre 2017) y posicionadas por el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) de la draga autopropulsada de tolva de acuerdo a las posiciones aproximadas que se indican a continuación en la imagen de satélite de la aplicación computarizada Google Earth Pro.

Tabla 5.2 Coordenadas UTM de los puntos de muestreo.

Muestra	Huso 20, elipsoide GRS-80	
	Norte	Este
M1	952730	729447
M2	952433	729972
M3	952480	730760
M4	951805	731073

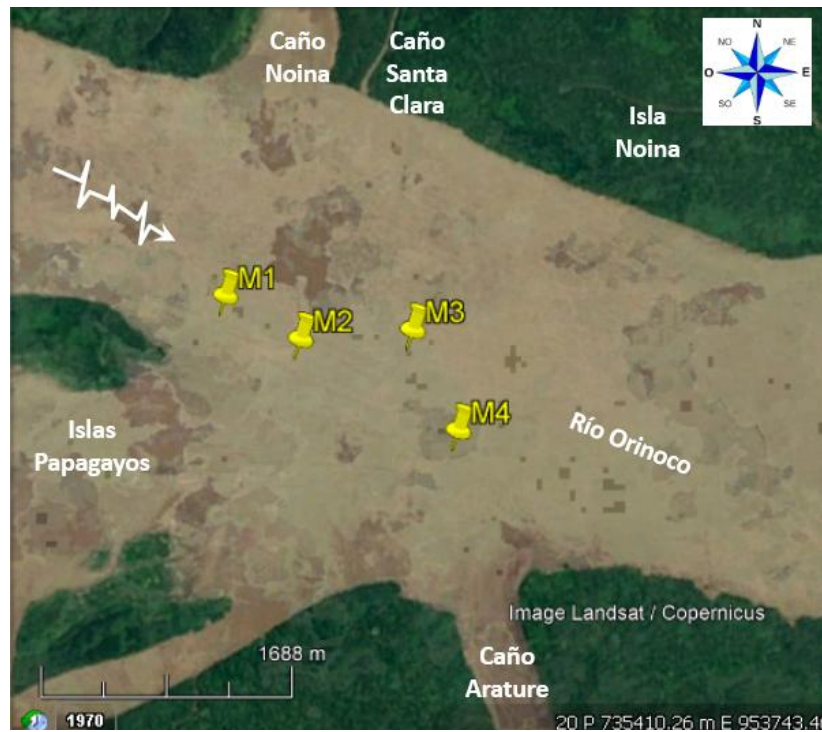


Figura 5.10 Posición aproximada de los puntos de muestreo de materiales del lecho (imagen de satélite Landsat/Copernicus de Google Earth Pro modificada).



Figura 5.11 Imagen de la tolva de la draga donde se toman las muestras de suelos.

Una vez rescatadas las muestras del depósito del laboratorio de la empresa CVG-GCNO, se procedió a realizarles los análisis granulométricos (según norma ASTM D421 y D422) y análisis morfoscópicos respectivos en el Laboratorio de suelos de la citada empresa.

5.4.1 Análisis granulométrico de las muestras

A tal efecto, los materiales del lecho se pueden clasificar como arenas medias, lo cual se deriva de los resultados de los análisis granulométricos que se muestran a continuación:

Los resultados del análisis granulométrico efectuado a las muestras, según la norma ASTM D422, resultaron en arenas mal gradadas de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS),

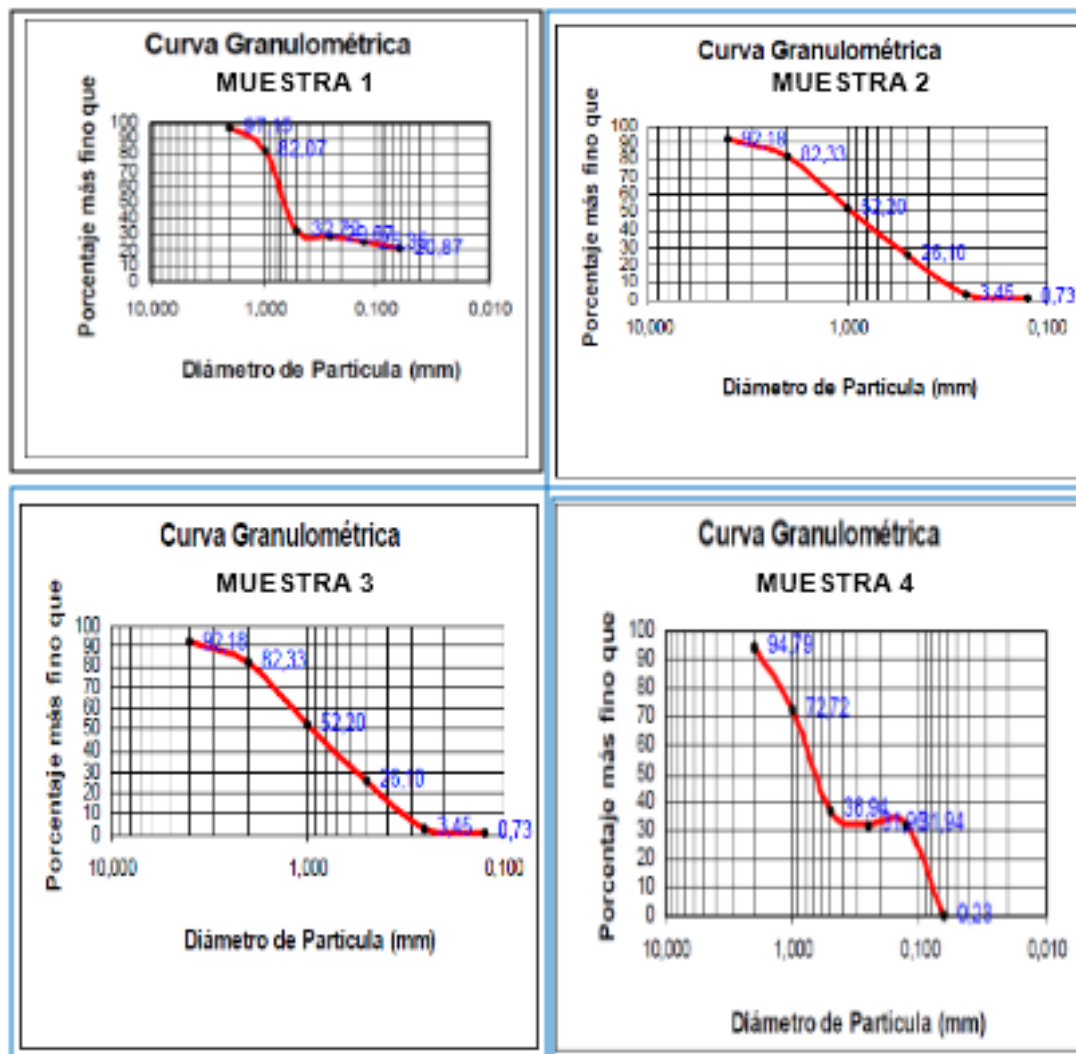


Figura 5.12 Curvas granulométricas de las muestras 1, 2, 3 y 4.

5.4.2 Análisis de esfericidad y redondez

Los resultados de los mismos reflejan que en general los granos son de baja esfericidad, y que en promedio porcentualmente (Figura B.7) la mayor parte son de forma angulosa ($A=54,31\%$), en orden de abundancia por granos sub-angulosos ($SA=31,00\%$), sub-redondeados ($SR=11,97\%$) y la menor proporción corresponde a granos redondeados ($R=2,72\%$). Esto se explica por la corta trayectoria de los sedimentos desde sus sitios de origen hasta su lugar de deposición, poseen una corta

historia de transporte y deposición y una baja madurez textural (predominio de granos angulosos) (Martínez 1994).

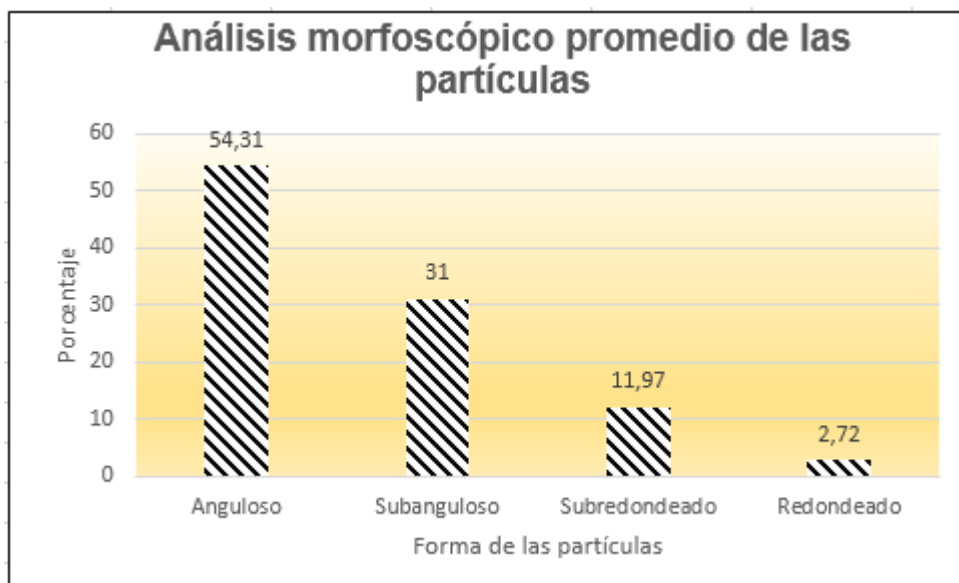


Figura 5.13 Análisis de esfericidad y redondez promedio de las partículas.

5.5 Caracterización del movimiento de las partículas del lecho

Para obtener los datos necesarios para aplicar los modelos de movimiento incipiente de los sedimentos según los autores Shields (1936), Hjulström (1935), Van Rijn (1993), Bagnold (1966) y Engellund (1967) se recurrió los resultados del modelamiento de los flujos realizado y tabulada por el programa HEC-RAS que proporciona:

Tabla 5.3 Datos para el análisis de movimiento incipiente.

		Unidades
Peso específico del Agua (γ_{agua})	1000	kg-f/m ³
Densidad del Agua (ρ_{agua})	102.041	kg-f/m ³
Profundidad promedio (D)	14.2	m
Pendiente longitudinal del lecho (S)	0.000016	m/m
Diámetro medio de las partículas (d_{50})	0.90	mm
Diámetro 90 de las partículas (d_{90})	1.8	mm
Viscosidad cinemática del Agua (V)	8.06E-06	m ² /s
Velocidad media del flujo	0.54	m/s
Coeficiente de rugosidad de Manning	0.049	

5.5.1 Aplicación del modelo de Shields

Para la aplicación del modelo de Shields, se procede al cálculo de las variables indicadas en la tabla 5.4:

Tabla 5.4 Variables para aplicación del modelo de Shields.

Variables	Fórmula	Resultado
Esfuerzo cortante	3.7	0,1412
Velocidad cinemática de corte (v)	3.1	0.0139
Esfuerzo cortante adimensional	3.3	1,126
Número de Reynolds	3.1	15,63
Interpretación		Con movimiento en régimen turbulento

Finalmente, en el gráfico del modelo de Shields, utilizando los valores del número de Reynolds de 15,63, y con el esfuerzo cortante adimensional de 1,126, se concluye, según la figura 5.14 que las partículas del lecho se encuentran en estado de movimiento bajo un régimen turbulento.

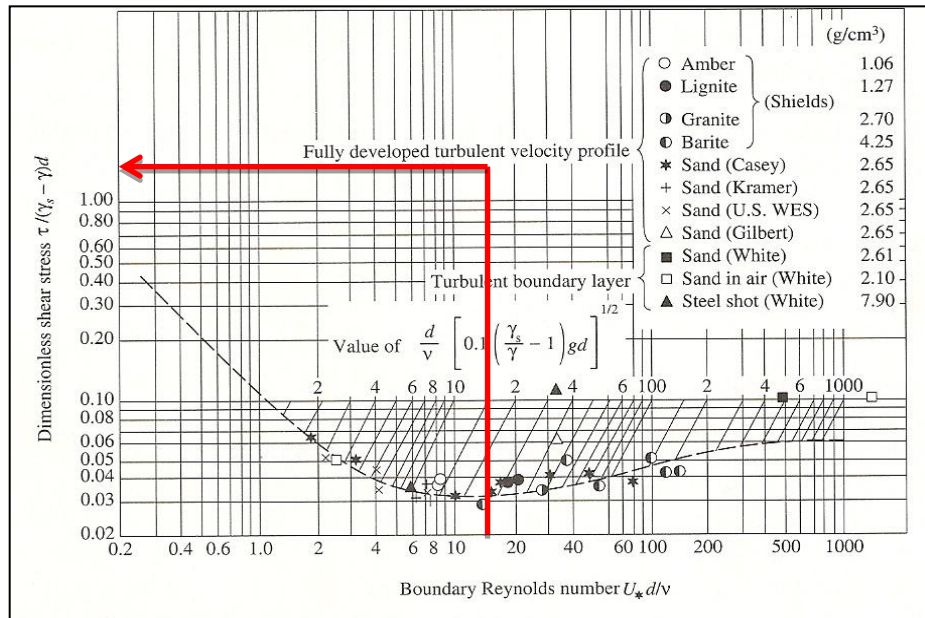


Figura 5.14 Diagrama de Shields para movimiento incipiente.

5.5.2 Aplicación del modelo de Hjulström

Según el modelo de Hjulström, en la figura 5.4, para las condiciones existente para el momento de ejecución del levantamiento batimétricos se tiene que para una velocidad media de flujo (según la correlación de velocidad y nivel) de 0.54 m/s y un diámetro medio (d_{50}) de la partícula de 0,9 mm, se ingresa con esos valores al gráfico del modelo por el eje de las ordenadas y por el eje de las abscisas, respectivamente. Se obtiene que la partícula se encontraría sometida a un estado de erosión.

Asimismo, el gráfico del modelo indica que para materiales con un diámetro medio (d_{50}), las partículas de 0.9 mm, las partículas se encontrarán en estado de transporte para un rango de velocidades entre 0,063 m/s y 0.19 m/s.

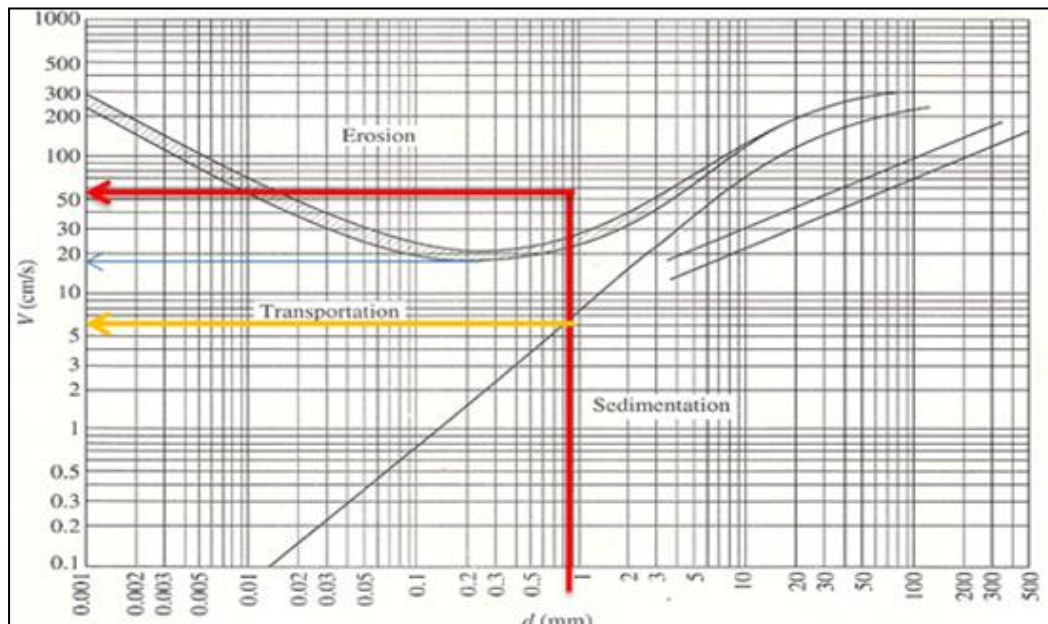


Figura 5.15 Diagrama de Hjulström Criterio erosión – depositación para Partículas.

5.5.3 Aplicación del modelo de Van Rijn

Para el modelo de Van Rijn se obtuvieron las variables necesarias para su aplicación (tabla 5.5), dando como resultado 5,66 indicando que existe movimiento de las partículas, como se muestra en la figura 5.16. Así mismo se muestra que para que la partícula comience a estar en suspensión debe tener al menos un parámetro crítico de 0,08.

Tabla 5.5 Variables para la aplicación del modelo de Van Rijn.

Variable	Fórmula	Resultado
Número de movilidad crítica (Θ_{cr})	3.18	0.0461
Parámetro de la partícula (D^*)	3.17	5.66
Interpretación		Sin movimiento

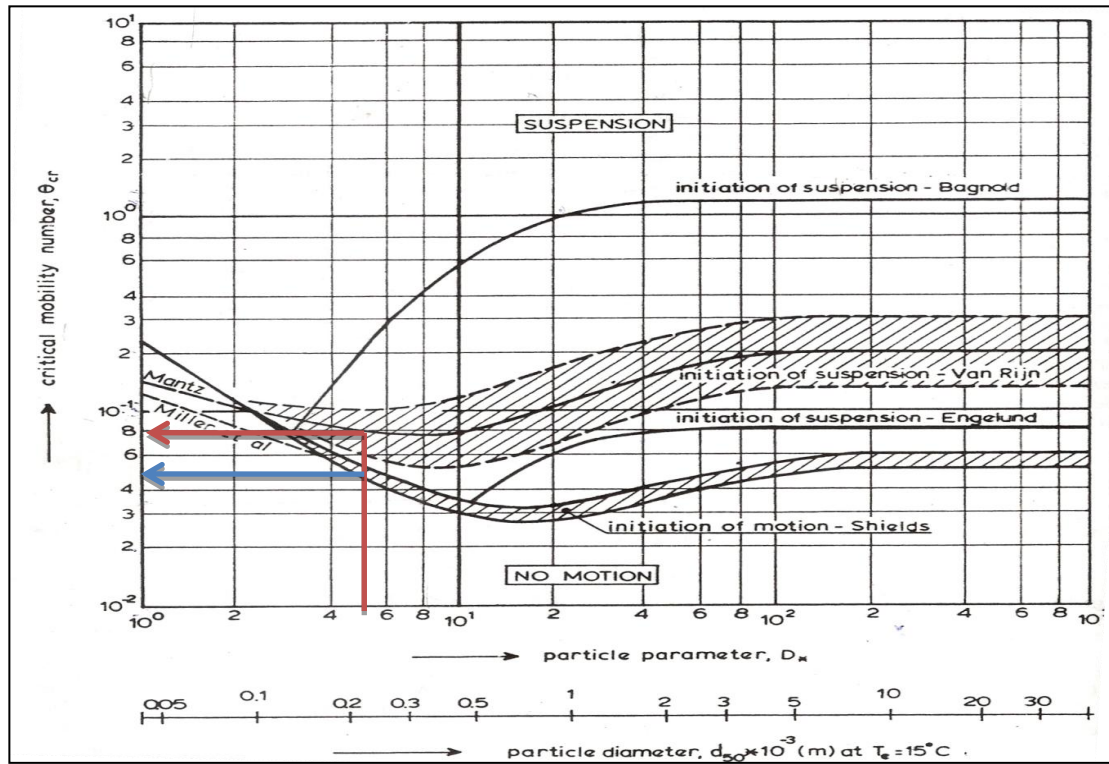


Figura 5.16 Diagrama Van Rijn, Iniciación del movimiento y suspensión de partículas sobre el fondo del lecho.

5.5.4 Aplicación de los modelos de Bagnold y Engellund

Para los modelos de Bagnold y Engellund las partículas comenzaran a moverse o iniciar la suspensión a partir que el parámetro crítico θ_{cr} es de 0,28 y 0,055 respectivamente, como se muestra en la figura 5.6.

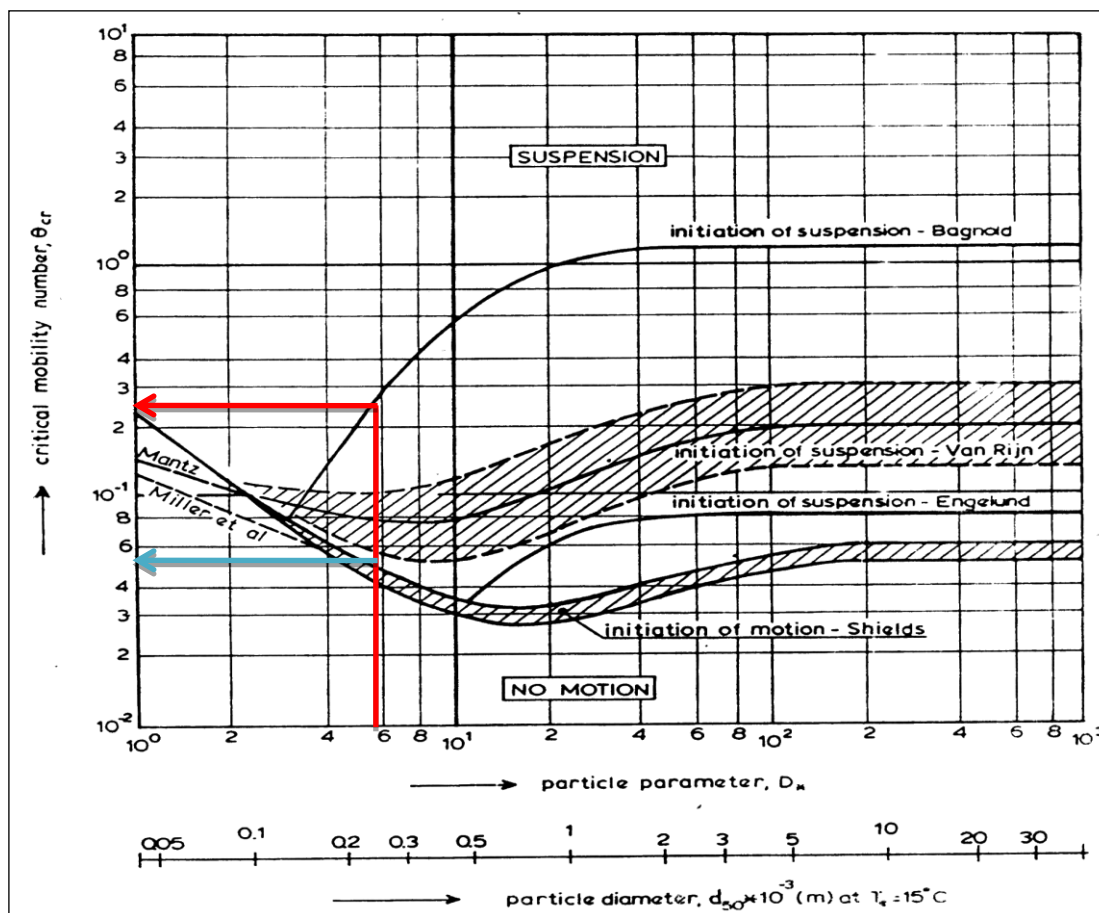


Figura 5.17 Diagrama para Bagnold y Engellund, de Iniciación del movimiento y suspensión de las partículas sobre el fondo del lecho.

Tabla 5.6 Resumen de los modelos de movimiento de las partículas del lecho.

Modelos	Resultado	Descripción
Shields	$\tau = 1,126$	Indica que las partículas se encuentran en movimiento bajo régimen turbulenta
Hjulström	$V = 0.54 \text{ m/s}$	La partícula a esa velocidad se encuentra en erosión y que la velocidad mínima que necesita la partícula para que este en movimiento es $0,063 \text{ m/s}$
Van Rijn	$\Theta_{cr} = 0,0461$	Indica que no hay movimiento y para que la partícula empiece estar movimiento el parámetro critico tiene que tener un valor igual o mayor que $0,08$.
Bagnold	$\Theta_{cr} = 0,28$	Indica que a partir en este valor del parámetro de movilidad crítico empieza las partículas a estar en movimiento o estar en suspensión.
Engellund	$\Theta_{cr} = 0,055$	Indica que a partir en este parámetro de movilidad crítico empieza las partículas a estar en movimiento o estar en suspensión.

Con base a todo lo tratado en este capítulo en relación al comportamiento hidráulico de los flujos en el sector y de las características geomorfológicas observadas en el sector Noina, se puede ratificar o justificar el actual alineamiento del canal de navegación a través de la parte sur del área de estudio.

Por otra parte, el comportamiento de los procesos de inversión de sentido de las corrientes debido a las mareas semidiurnas, es decir, dos (2) ascensos diarios de niveles de la superficie del agua o mareas altas que generan corrientes hacia aguas arriba contrarias al flujo del río y dos (2) descensos diarios de niveles de la superficie del agua o mareas bajas que producen corrientes en el mismo sentido del flujo del río Orinoco, coadyuvan a realizar un proceso continuo de movimiento de los sedimentos dentro del canal de navegación con un efecto de remoción de los mismos del lecho de la vía navegable artificial.

Asimismo, la entrada y salida de las corrientes de marea se producen desde y hacia el estuario a través del caño Río Grande y del caño Noina contribuyendo este proceso a la autoremoción de sedimentos que se pudiesen encontrar en el canal de navegación.

En vista de los argumentos expuestos, en esta investigación se confirma como adecuado el actual alineamiento del canal de navegación del río Orinoco en el sector Noina.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Aún cuando en el delta del río Orinoco existe la presencia de tres (3) tipos de climas, de acuerdo a la clasificación de Köpen, debido a la latitud y proximidad al océano, predomina el clima de Selva Tropical (Af).

2. En las secciones transversales se observaron que su mayor profundidad desde la milla 51,8 hasta la milla 54,8 se ubican hacia el margen sur del sector Noina.

3. La pendiente hidráulica promedio del sector Noina es 0,000016 m/m y el coeficiente de rugosidad de Manning es de 0.049 por otra parte la pendiente de lecho tiene 0,00456 m/m, y los niveles máximos y mínimo registrado en el sector son 1,72 m y 0,1 m respectivamente.

4. De los resultados obtenidos del análisis de esfericidad y redondez indican que los sedimentos son partículas con poco transporte y formas predominantemente angulosas y sub-angulosas. De acuerdo al sistema Unificado de Clasificación de Suelos los materiales del lecho son arenas mal gradadas SP.

5. El modelo de Hjulström indica que la velocidad del flujo permitirá el movimiento incipiente a partir de una velocidad de 0.063 m/s, así mismo estas partículas comienzan a erosionarse a partir de una velocidad de 0.19 m/s, y esto ocurre cuando el río alcanza un nivel de 0,64 m y 2,60 m,

6. De acuerdo al modelo Shields se infiere que las partículas se encuentran en movimiento bajo un régimen de características turbulentas. Asimismo, el modelo de

Van Rijn indica que no existe movimiento de partículas. Por otro lado, el modelo de Bagnold indica que a partir de un parámetro de movilidad crítico de 0,28 las partículas comenzarán a moverse y finalmente, el modelo de Engellund indica que las partículas

7. En vista de las características geomorfológicas, hidráulicas, texturales e hidrosedimentarias del sector Noina y visto que tales condiciones son definitivamente influyentes en el movimiento de los sedimentos, en esta investigación se confirma como adecuado el actual alineamiento del canal de navegación en el área de estudio.

comenzarán a moverse a partir de un parámetro de movilidad crítico de 0,055.

8. El trazado actual del alineamiento del sector Noina es afectada por cambios en la dirección de la corriente que se produce en el caño Noina, lo cual favorece su autolimpieza por lo que se recomienda continuar con su uso.

Recomendaciones

1. Mantener de manera sistemática y periódica la medición de caudales, niveles y velocidades del río, con el fin de mantener actualizada la base de datos. Siempre utilizable para la aplicación en modelos matemáticos hidrodinámicos y/o sedimentológicos.

REFERENCIAS

Allen, G.P., Segura F. **SEDIMENTOLOGÍA DE LOS DEPÓSITOS CLÁSTICOS**. Curso de Sedimentología. Total. pp. 3 – 16.

Balestrini, A., Miriam (1998) **CÓMO SE ELABORA UN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. BL Consultores Asociados. Servicio Editorial. Caracas, Venezuela, pp. 122.

Balestrini, Miriam (2002) **COMO SE ELABORA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. Editorial Consultores OBL, Caracas, Venezuela, Sexta edición, pp 09.

Bates, A. (1980) **MÉTODO DE OPERACIÓN DE DRAGADO**. Primer Curso Interamericano de Ingeniería de Dragado, Maracaibo- Venezuela.

Bermúdez, Guillermo, Echeverría Dafnis (1990) **DETERMINACION DE LA TASA DE SEDIMENTACIÓN EN EL CANAL DE NAVEGACIÓN DEL RÍO ORINOCO TRAMO ARAYA- GUASINA ESTADO BOLÍVAR**. Instituto Nacional de Canalizaciones, Ciudad Bolívar -Venezuela, pp12.

Cázares, Laura (1999) **TÉCNICAS ACTUALES DE INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL**. Editorial Trillas, D.F, México pp.18.

Chang, H. (1988) **FLUVIAL PROCESSES IN RIVER ENGINEERING**. Jhon Wiley & Sons, Inc. New York. United States Of America. pp. 446.

Chow, Vente (1994) **HIDRÁULICA DE CANALS ABIERTO**. Serie McCraw Hill Interamericano S.A. Bogota, Colombia.

Consultora Caura. (1994). **ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL DRAGADO DEL RÍO ORINOCO, TRAMO MATANZAS – BOCA GRANDE**.

Corporación Venezolana de Guayana (C.V.G. Tecmin, 1989) **INFORME DE AVANCE NC-20-14**. Tomo I, II y III

Gabaldon M., Néstor (1982) **ALGUNOS CONCEPTOS DE MUESTREOS**. Editorial Caracas Universidad Central de Venezuela, Venezuela, 07.

González De Juana et al, (1980) **GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y SUS CUENCAS PETROLIFERAS**. Tomo I Y Ediciones Foninves, pp23-34

Instituto Nacional de canalizaciones (2003) **DERROTERO PARA LA CANALIZACIÓN DEL RÍO ORINOCO TRAMO MATANZA- BOCA GRANDE, PUERTO ORDAZ- ESTADO BOLÍVAR VENEZUELA**. pp 11,12, 15, 51, 34 35.

Linsley, R. (1990) **INGENIERÍA DE LOS RECURSOS HIDRÁULICOS**. Continental pp. 791

López, B. y Pereira, Guido (1998). **ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE CRUSTACEOS DECÁPODOS DEL DELTA DEL ORINOCO**. El Río Orinoco. Aprovechamiento sustentable. Caracas. Pp 77

Martínez, Rigoberto (1994), **CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DEL SECTOR CURIAPO DEL CANAL DE NAVEGACIÓN DEL RÍO ORINOCO. ESTADO DELTA AMACURO. VENEZUELA**. Universidad de Oriente, Escuela Ciencias de la Tierra, Bolívar, Venezuela; Trabajo de grado.

Mendoza S., Vicente (2.000) **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA (Y SU RELACIÓN CON EL ESCUDO SUDAMERICANO)**. Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra y Minera Hecla Venezuela, C.A., Ciudad Bolívar: pp. 34-48.

Mori, Mario (2003) **SIMULACIÓN HIDRÁULICA APLICADA USANDO HEC- RAS**. 20 de marzo del 2010, [www.gabrielortiz.com/descarga/manual-hecras.pdf.españa] Gabriel Ortiz noviembre del 2003

Mota y Rodríguez (2002), **ESTUDIOS GEOMORFOLÓGICO Y GEOTÉCNICO DE LAS BERMAS EN EL SECTOR GUASINA Y TALUDES SUMERGIDOS DEL CANAL DE NAVEGACIÓN EN LOS SECTORES DE GUARGUAPO, BARRANCAS, YAYA, ARAGUAITO Y GUASINA, DEL RÍO ORINOCO VENEZUELA**. Universidad de Oriente, Escuela Ciencias de la Tierra, Bolívar, Venezuela; Trabajo de grado.

Petróleos de Venezuela PDVSA- Intevep (1.999-2.001) **LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA**. 10 de Octubre 2005.[[http:// www.pdv.com/léxicoestratigráfico](http://www.pdv.com/léxicoestratigráfico)]

Ramírez, Henry (2006) **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - AMBIENTAL DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CURIAPO DEL MUNICIPIO AUTÓNOMO HERES DEL ESTADO BOLÍVAR**. Universidad de Oriente, Escuela Ciencias de la Tierra, Bolívar, Venezuela; Trabajo de grado.

Sabino, C. (1992) **EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN**. Editorial Panamo. Caracas, Venezuela. p. 80.

Schumm, S.A. (1977).**RIVER MORPHOLGY**. Hutchinson & Ross, cop, pp. 429

Tippet, Abbet, Mc Carty y Stratton, E. (1970). **TRANSPORTE DE MINERAL DE HIERRO DE PUERTO ORDAZ AL MAR**. Informe para el Instituto Nacional de Canalizaciones. Caracas. Pp 21-32,45-54,63-68

Yang, H. (1996) **SEDIMENT TRANSPORT THEORY AND PRACTICE**. Editorial Mc Graw- Hill. New York, pp 12 - 41.

Van Rijn, Leo (1993).**PRINCIPLES OF SEDIMENT TRANSPORT IN RIVER, ESTUARIES AND COASTAL SEAS**. University of Utrech. Department of Physical Geography pp 4.1

Vélez, Santiago (2003) **CANALES HIDRÁULICOS PARA NAVEGACIÓN**. 13 de marzo del 2011. [http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulosos/flujoencanales/canales_navegables/index.html].

APÉNDICES

APÉNDICE A
TABLAS DE DATOS HIDRÁULICOS, BATIMÉTRICOS Y
TEXTURALES

A.1. Datos de Correlación de nivel, caudal y velocidad, correspondiente al sector Noina.

Fecha	Caudal (m³/s)	Nivel de Noina (m)	Velocidad (m/s)
04-06-1997	12779.79	0.9	1.04
03-04-1998	2227.78	0.2	0.13
03-04-1998	1383.97	0.2	0.14
03-04-1998	1275.58	0.2	0.13
03-04-1998	2716	0.2	0.28
14-04-1999	9344.14	0.5	0.74
14-04-1999	8554.6	0.5	0.63
14-04-1999	4339.37	0.5	0.34
14-04-1999	6920.77	0.5	0.55
25-08-1999	18272.26	1.6	1.04
09-12-1999	8989.19	0.6	0.76
27-03-2000	2311.12	0.24	0.18
27-03-2000	5063.64	0.24	0.4
07-09-2000	17631.88	1.3	1.28
19-12-2000	8538.45	0.48	0.73
22-03-2001	3223.05	0.22	0.25
22-03-2001	6591.17	0.2	0.55
30-06-2001	8770.47	0.8	0.63
03-12-2001	9776.81	0.51	0.79
23-03-2002	2493.46	0.2	0.4
04-07-2003	16066.44	1	1.09
25-09-2003	14404.36	1.32	0.94
19-01-2004	5130.09	0.4	0.38
05-04-2004	3199.87	0.23	0.24

A.2. Coordenadas de las secciones transversales escogidas en el plano batimétrico OODB5399 del sector Noina.

Numero de Sección	Coordenadas Norte	Coordenadas Este
1	954350	728660
2	954315	729170
3	954240	729680
4	954170	730185
5	954030	730660
6	953000	731050
7	952550	731390
8	952470	731890
9	952410	732390
10	952330	732880

A.3 Datos del hidrograma proyectado del sector Noina.

Niveles Promedios MAX Y MIN (2000-2009)			
Meses	MAX (m)	PROM(m)	MIN(m)
Enero	0.65	0.40	0.25
Febrero	0.49	0.27	0.15
Marzo	0.41	0.20	0.10
Abril	0.50	0.32	0.25
Mayo	0.90	0.70	0.31
Junio	1.25	0.95	0.60
Julio	1.65	1.25	0.72
Agosto	1.73	1.50	1.23
Septiembre	1.69	1.43	1.12
Octubre	1.40	1.20	0.80
Noviembre	1.25	0.80	0.58
Diciembre	1.00	0.57	0.40

A.5 Secciones transversales 6 a 10 del sector Noina

Sección 6		Sección 7		Sección 8		Sección 9		Sección 10	
Elevaciones	Distancia Acumulada	Elevacion	Distancia Acumulada	Elevacion	Distancia Acumulada	Elevacion	Distancia Acumulada	Elevacion	Distancia Acumulada
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-10.05	25.00	-11.25	20.00	-7.15	10.00	-11.95	10.00	-11.95	20.00
-13.95	40.00	-13.65	50.00	-9.75	20.00	-17.35	25.00	-13.85	40.00
-21.85	75.00	-18.95	75.00	-12.85	35.00	-20.15	40.00	-18.15	75.00
-23.35	100.00	-20.45	115.00	-21.05	85.00	-19.55	60.00	-19.85	115.00
-22.25	125.00	-20.35	140.00	-19.55	125.00	-18.55	90.00	-20.55	140.00
-21.25	150.00	-20.05	175.00	-20.95	140.00	-18.75	125.00	-20.35	175.00
-19.55	185.00	-20.05	205.00	-19.35	180.00	-19.55	170.00	-18.85	210.00
-18.25	215.00	-19.55	235.00	-17.65	220.00	-18.45	175.00	-17.55	240.00
-18.55	245.00	-19.05	275.00	-16.95	235.00	-18.95	225.00	-17.35	275.00
-17.35	275.00	-18.55	300.00	-19.55	275.00	-20.35	250.00	-16.45	300.00
-16.45	315.00	-17.95	335.00	-19.35	280.00	-18.85	275.00	-16.15	335.00
-16.15	340.00	-17.35	375.00	-17.65	340.00	-17.85	325.00	-17.35	370.00
-15.65	375.00	-17.15	400.00	-16.95	375.00	-18.45	350.00	-17.45	405.00
-16.75	420.00	-17.25	430.00	-19.55	415.00	-17.95	375.00	-18.05	420.00
-18.45	445.00	-18.55	470.00	-19.35	440.00	-16.85	410.00	-17.05	450.00
-18.05	480.00	-16.35	500.00	-19.05	475.00	-16.65	440.00	-16.45	460.00
-15.35	515.00	-14.45	540.00	-18.55	515.00	-14.65	475.00	-16.45	490.00
-14.55	540.00	-15.15	570.00	-17.35	525.00	-13.35	500.00	-13.25	525.00
-13.75	575.00	-14.75	600.00	-16.75	575.00	-12.95	525.00	-12.45	550.00
-12.85	620.00	-12.85	630.00	-15.95	600.00	-12.55	570.00	-12.15	600.00
-12.85	650.00	-13.25	670.00	-15.35	625.00	-12.05	600.00	-12.65	625.00
-13.25	690.00	-12.55	690.00	-13.95	675.00	-11.65	625.00	-13.15	650.00
-2.95	725.00	-12.25	725.00	-12.45	700.00	-11.25	625.00	-11.25	685.00
-12.35	750.00	-12.55	765.00	-16.95	725.00	-11.45	700.00	-10.75	750.00
-12.75	790.00	-11.95	780.00	-12.25	775.00	-12.35	725.00	-10.95	750.00
-12.05	825.00	-10.65	825.00	-12.05	800.00	-11.95	750.00	-11.15	775.00
-11.45	850.00	-10.75	850.00	-12.05	835.00	-12.45	775.00	-11.45	820.00
-11.55	885.00	-10.75	875.00	-11.65	865.00	-12.35	825.00	-9.55	850.00
-11.65	925.00	-10.45	920.00	-12.55	900.00	-10.65	850.00	-10.25	875.00
-10.85	960.00	-11.05	950.00	-11.45	935.00	-9.95	875.00	-10.15	915.00
-12.35	1000.00	-11.15	975.00	-10.95	975.00	-11.15	900.00	-9.85	950.00
-11.45	1025.00	-10.85	1000.00	-10.15	1000.00	-10.95	950.00	-9.75	975.00
-9.75	1065.00	-10.05	1040.00	-10.35	1025.00	-11.05	975.00	-9.55	1015.00
-11.95	1100.00	-10.45	1075.00	-13.95	1025.00	-11.05	1025.00	-9.25	1035.00
-11.95	1125.00	-10.15	1120.00	-10.55	1100.00	-10.75	1025.00	-8.45	1070.00
-11.85	1170.00	-9.75	1125.00	-10.05	1125.00	-10.45	1025.00	-8.15	1115.00
-12.25	1200.00	-9.15	1175.00	-9.65	1170.00	-10.15	1100.00	-7.85	1150.00
-11.15	1225.00	-9.35	1200.00	-10.05	1200.00	-9.45	1135.00	-7.05	1175.00
-12.35	1275.00	-9.95	1225.00	-9.55	1235.00	-8.45	1175.00	-6.45	1215.00
-13.25	1400.00	-10.85	1270.00	-9.15	1275.00	-8.45	1200.00	-6.25	1235.00
-12.85	620.00	-9.35	1425.00	-8.75	1435.00	-5.85	1325.00	-5.65	1400.00
-12.85	650.00	-10.95	1450.00	-8.25	1475.00	-6.65	1350.00	-5.15	1435.00
-13.25	690.00	-10.35	1490.00	-7.85	1500.00	-6.15	1375.00	-5.35	1480.00
-2.95	725.00	-11.05	1525.00	-7.25	1550.00	-5.15	1400.00	-6.15	1520.00
-12.35	750.00	-12.05	1575.00	-7.55	1575.00	-6.45	1420.00	-6.35	1550.00
-12.75	790.00	-11.75	1590.00	-8.85	1615.00	-6.25	1450.00	-5.65	1575.00
-12.05	825.00	-12.25	1625.00	-7.95	1650.00	-6.35	1475.00	-5.15	1625.00
-11.45	850.00	-14.15	1650.00	-7.15	1685.00	-6.15	1500.00	-5.55	1650.00
-11.55	885.00	-13.15	1675.00	-7.45	1725.00	-5.85	1530.00	-7.35	1675.00
-11.65	925.00	-14.25	1725.00	-7.45	1750.00	-6.05	1565.00	-15.05	1715.00
-10.85	960.00	-13.85	1750.00	-9.55	1800.00	-6.15	1600.00	-18.15	1750.00
-12.35	1000.00	-14.15	1775.00	-9.05	1825.00	-9.25	1625.00	-20.95	1775.00
-11.45	1025.00	-14.25	1820.00	-11.35	1850.00	-11.35	1650.00	-21.45	1820.00
-9.75	1065.00	-14.25	1850.00	-11.35	1900.00	-11.35	1680.00	-23.05	1850.00
-11.95	1100.00	-13.15	1875.00	-13.15	1925.00	-11.95	1705.00	-23.95	1875.00
-11.95	1125.00	-12.05	1920.00	-13.15	1950.00	-15.85	1750.00	-25.45	1920.00
-11.85	1170.00	-11.95	1950.00	-14.05	1965.00	-16.05	1775.00	-26.35	1950.00
-12.25	1200.00	-13.15	1985.00	-14.95	1990.00	-18.25	1800.00	-28.05	1975.00
-11.15	1225.00	-13.45	2000.00	-16.05	2025.00	-20.95	1835.00	-29.15	2000.00
-12.35	1275.00	-13.15	2040.00	-16.65	2070.00	-24.85	1875.00	-29.25	2035.00
-11.55	1300.00	-9.85	2075.00	-16.85	2100.00	-27.65	1900.00	-26.05	2075.00
-12.35	1335.00	-8.75	2100.00	-17.45	2125.00	-28.15	1950.00	-24.75	2100.00
-11.85	1370.00	-6.65	2135.00	-18.15	2150.00	-28.05	1975.00	-24.25	2150.00
-13.25	1400.00	-6.55	2170.00	-18.65	2165.00	-27.25	2015.00	-22.45	2175.00
-2.95	725.00	-6.45	2200.00	-19.75	2200.00	-27.25	2050.00	-23.95	2200.00
-13.25	1475.00	-6.25	2235.00	-20.65	2225.00	-6.65	1350.00	-5.15	1435.00
-14.65	1515.00	-6.75	2255.00	-19.25	2250.00	-6.15	1375.00	-5.35	1480.00
-14.25	1550.00	-5.85	2300.00	-17.35	2300.00	-5.15	1400.00	-6.15	1520.00
-14.05	1580.00	-4.95	2325.00	-15.65	2325.00	-6.45	1420.00	-6.35	1550.00
-12.85	1625.00	-4.95	2350.00	-12.75	2350.00	-6.25	1450.00	-5.65	1575.00
-9.85	1650.00	-4.55	2375.00	-10.95	2375.00	-6.35	1475.00	-5.15	1625.00
-7.05	1680.00	-6.55	2400.00	-9.55	2425.00	-6.15	1500.00	-5.55	1650.00
-7.45	1725.00	-5.85	2425.00	-8.75	2450.00	-5.85	1530.00	-7.35	1675.00
-7.15	1785.00	-7.15	2450.00	-8.05	2475.00	-6.05	1565.00	-15.05	1715.00
-2.25	1815.00	-7.55	2500.00	-7.15	2500.00	-6.15	1600.00	-18.15	1750.00
-7.65	1850.00	-8.35	2525.00	-6.75	2525.00	-9.25	1625.00	-20.95	1775.00
-6.85	1890.00	-8.85	2550.00	-6.45	2575.00	-11.35	1650.00	-21.45	1820.00
-6.65	1920.00	-8.75	2600.00	-10.15	2615.00	-11.35	1680.00	-23.05	1850.00
-6.15	1950.00	-8.25	2625.00	-16.75	2640.00	-11.95	1715.00	-23.95	1885.00
-7.85	1985.00	-7.95	2650.00	-21.05	2675.00	-15.85	1750.00	-25.45	1920.00
-7.95	2155.00	-4.65	2875.00			-27.25	2015.00	-22.45	2175.00
-6.75	2180.00	-3.85	3000.00			-27.25	2050.00	-20.55	2200.00
-6.65	2205.00	-3.35	3025.00			-6.65	1350.00	-5.15	1435.00
-12.95	1435.00	0	3030.00			-6.15	1375.00	-5.35	1480.00
-13.25	1475.00					-5.15	1400.00	-6.15	1520.00
-14.65	1515.00					-6.45	1420.00	-6.35	1550.00
-14.25	1550.00					-6.25	1450.00	-5.65	1575.00
-14.05	1580.00					-6.35	1475.00	-5.15	1625.00
-12.85	1625.00					-6.15	1500.00	-5.55	1650.00
-9.85	1650.00					-5.85	1530.00	-7.35	1675.00
-7.05	1680.00					-6.05	1565.00	-15.05	1715.00
-7.45	1725.00					-6.15	1600.00	-18.15	1750.00
-7.15	1785.00					-9.25	1625.00	-20.95	1775.00
-6.25	1825.00					-11.35	1650.00	-21.45	1820.00
-7.65	1850.00							-23.05	1850.00
-6.85	1890.00							-23.95	1885.00
-6.65	1920.00							-25.45	1920.00
-6.15	1950.00							-26.35	1950.00
-7.85	1985.00							-28.05	1975.00
-9.25	2025.00							-29.15	2000.00
-9.95	2055.00							-29.25	2035.00
-10.25	2080.00							-26.05	2075.00
-8.05	2105.00							-24.75	2100.00
-6.85	2130.00							-24.25	2150.00
-7.95	2155.00							-22.45	2175.00
-6.75	2180.00							-20.55	2200.00
-6.65	2205.00							-5.15	1435.00
-7.05	2230.00							-5.35	1480.00
-7.85	2255.00							-6.15	1520.00

A.6 Análisis granulométrico de la muestra M1.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO							
Peso de la muestra: 500 gr				Peso 499.07			
Tipo de suelo: lecho				Error 0.93			
Descripción: arena media							
Tamiz N° 	Abertura (mm)	Peso Tamiz (gr.)	Peso Tamiz +Suelo (gr.)	Suelo Retenido (gr)	% Retenido	Porcentaje Retenido Acumulado	%
10	2	652,6	666,83	14,23	2,846	2,846	97,15
20	1	496,65	571,998	75,35	15,07	17,916	82,07
35	0,5	436,91	683,72	246,81	49,36	67,3	32,72
60	0,25	547,76	563,01	15,25	3,05	70,33	29,67
120	0,125	516,78	538,37	21,59	4,32	74,65	25,35
230	0,0625	384,3	406,72	22,42	4,48	79,1	20,87
PAN	0	485,97	590,28	104,31	20,862	100,0	0,0

A.7 Análisis granulométrico de la muestra M2.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO							
Peso de la muestra: 500 gr				Peso 499.21			
Tipo de suelo: lecho				Error 0,79			
Descripción: arena media							
Tamiz Nº	Abertura (mm)	Peso Tamiz (gr.)	Peso Tamiz +Suelo (gr.)	Suelo Retenido (gr)	% Retenido	Porcentaje Retenido Acumulado	%
5	4,000	585.06	624.15	39.09	7.82	7.82	92.18
10	2,000	667.62	716.880	49.26	9.85	17.670	82.33
20	1,000	496.65	647.30	150.65	30.13	47.8	52.20
35	0,500	548.91	679.43	130.52	26.10	73.90	26.10
60	0.250	515.92	629.17	113.25	22.65	96.55	3.45
120	0.125	384.27	397.84	13.57	2.71	99.3	0.73
PAN	0,0000	485.95	489.6	3.65	0.73	100.0	0.0

A.8 Análisis granulométrico de la muestra M3.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO							
Peso de la muestra: 500 gr				Peso 499.79			
Tipo de suelo: lecho				Error 0.21			
Descripción: arena media							
Tamiz Nº	Abertura (mm)	Peso Tamiz (gr.)	Peso Tamiz +Suelo (gr.)	Suelo Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	%
10	2	652,6	681,26	13,86	2,772	2,772	97,23
20	1	496,65	672,85	176,79	35,36	38,13	61,87
35	0,5	436,91	721,5	174,18	34,84	73,0	27,03
60	0,25	547,76	634,37	118,54	23,71	96,67	3,33
120	0,125	516,78	396,27	11,94	2,39	99,06	0,94
230	0,0625	384,3	369,80	3,96	0,79	99,9	0,15
PAN	0	485,97	486,58	0,73	0,146	100,0	0,0

A.9 Análisis granulométrico de la muestra M4.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO							
Peso de la muestra: 500 gr				Peso 499.35			
Tipo de suelo: lecho del canal.				Error 0.65			
Descripción: arena media							
Tamiz Nº	Abertura (mm)	Peso Tamiz (gr.)	Peso Tamiz +Suelo (gr.)	Suelo Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	%
18	2	603,87	629,91	26,04	5,21	5,21	94,79
35	1	547,6	657,950	110,35	22,07	27,278	72,72
60	0,5	515,81	694,72	178,91	35,78	63,1	36,94
120	0,25	385,25	410,19	24,94	4,99	68,05	31,95
170	0,125	340,6	340,65	0,05	0,01	68,06	31,94
230	0,0625	382,64	541,18	158,54	31,71	99,8	0,23
PAN	0	485,72	486,89	1,17	0,234	100,0	0,0

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

Título	INCIDENCIA DEL MOVIMIENTO DE SEDIMENTOS EN EL TRAZADO DEL CANAL DE NAVEGACIÓN DEL SECTOR NOINA DEL RÍO ORINOCO, ESTADO DELTA AMACURO, VENEZUELA
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
García Rondón, Marilen Carolina	CVLAC	25.932.881
	e-mail	marilengarcia1996gmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Movimiento de sedimentos
Río Orinoco
Canal de navegación
Sector Noina

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

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Geomorfología Fluvial	Movimiento de sedimentos

Resumen (abstract):

El objetivo general de la investigación es analizar la incidencia del movimiento de los sedimentos en el trazado del canal de navegación en el sector Noina del río Orinoco, estado Delta Amacuro. El trabajo de investigación se enmarcó dentro de las características del nivel de investigación denominado descriptiva. Para la realización de la presente investigación se determinaron las características morfológicas del lecho del río, mediante la elaboración de secciones transversales para observar las profundidades presentes, también se realizaron modelos digitales tridimensionales del lecho con el fin de observar la morfología en el lecho. Además, se estableció el comportamiento hidrodinámico del río, para ello se construyó un hidrograma de niveles del río, correlaciones de caudales, niveles y velocidades, así mismo se describieron los parámetros hidráulicos más importantes como fueron el coeficiente de rugosidad de Manning, la pendiente hidráulica y la pendiente del lecho. También se realizaron análisis geotécnicos del material del lecho, a través de ensayos granulométricos, clasificando el material del lecho como arenas medias. Las formas predominantes de las partículas presentes son angulosas siendo el cuarzo el mayor contenido mineralógico presente. Además, se aplicaron diferentes modelos de movimiento incipiente de las partículas tales como, Hjulström, Shields, Van Rijn, Bagnold y Engellund, con el fin de observar los parámetros de iniciación de movimiento. Finalmente se revisaron las velocidades de corrientes y los patrones preferenciales de flujos en el sector Noina, se pudo observar que el trazado actual del canal se corresponde con las mayores profundidades las cuales están en el orden entre 14 m a 18 m, presentando velocidades de los flujos entre 1,60 m/s a 2,35 m/s. Es importante señalar que las corrientes predominantes del río en el sector es afectada, al menos en dos (2) oportunidades durante cada día, por los cambios de dirección de corriente que se producen en el caño Noina por efecto de la ocurrencia de las dos (2) mareas altas y las dos (2) mareas bajas, se presume que este proceso de inversión de corriente en el caño mencionado pudiese tener un efecto positivo en el auto mantenimiento o limpieza de los sedimentos que pudiesen transitar a través del trazado actual del canal de navegación, en virtud de lo cual se ratifica como adecuado el actual alineamiento de esta vía fluvial artificial.

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

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Echeverría Díaz, Dafnis José	ROL	CA AS TU ☒ JU ☐
	CVLAC	4.506.408
	e-mail	Djed4506@hotmail.com
	e-mail	
Juan España	ROL	CA AS TU JU ☒
	CVLAC	
	e-mail	Juangeo@gmail.com
	e-mail	
Beatriz Echeverria	ROL	CA AS TU JU ☒
	CVLAC	
	e-mail	Echeverriabcc@gmail.com
	e-mail	
	ROL	CA AS TU JU
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2022	09	

Lenguaje Spa

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

Archivo(s):

Nombre de archivo
Tesis-.Doc
Incidencia del movimiento de sedimentos en trazado canal de navegación, sector Noina, río Orinoco, estado Delta Amacuro, Venezuela.

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 : Sector Noina, Río Orinoco, Estado Delta Amacuro, Venezuela
Temporal: 2022

Título o Grado asociado con el trabajo: Geólogo

Nivel Asociado con el Trabajo: Pre-Grado

Área de Estudio: Sedimentación fluvial

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

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



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

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

Estimado Profesor Martínez:

Cumpro 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.

RECIBIDO POR *[Firma]*
FECHA 5/8/09 HORA 5:30
Cordialmente,
[Firma]
JUAN A. BOLANOS CURELO
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/marija

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

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

Marilen Carolina García Rondón
C.I.: V- 25.932.881

TUTOR
Dafnis J. Echeverría D.
C.I. No 4.506.408