

HOJA DE METADATOS PARA TESIS Y TRABAJOS DE ASCENSO – 1/6

Título	CARACTERIZACIÓN DEL MOVIMIENTO DE LOS SEDIMENTOS DE UN TRAMO DEL SECTOR GUARGUAPO DEL RÍO ORINOCO CON ALTA TASA DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS. ESTADO MONAGAS, VENEZUELA
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
ANGÉLICA MARÍA VILLANUEVA DÍAZ	CVLAC	16.817.759
	e-mail	amvillanuevad@gmail.com
	e-mail	
HÉCTOR JOSÉ VILLANUEVA DÍAZ	CVLAC	14.671.284
	e-mail	Hjosevillanuevad@gmail.com
	e-mail	

Palabras o frases claves:

CANAL DE NAVEGACION
PARTICULAS
TRANSPORTE
CAUDAL
RIO
SEDIMENTOS

HOJA DE METADATOS PARA TESIS Y TRABAJOS DE ASCENSO – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Sub-área
Departamento de Ingeniería Geológica	Geología

Resumen (abstract):

El objetivo general de esta investigación es Proponer un método para la Estabilización de un tramo del sector Guarguapo del río Orinoco con alta tasa de transporte de sedimentos. Estado Monagas. Venezuela. La estrategia para dar respuesta al problema planteado fue documental, descriptiva y de campo, se tomaron muestras del canal (5 muestras) las cuales se le realizaron análisis de laboratorio como; análisis granulométrico, análisis texturales, forma y tamaño de los granos, contenido mineral; estos análisis permitieron identificar la tasa de sedimentación del sector Guarguapo la procedencia y transporte de las partículas y su acumulación en el área de estudio. Con la información suministrada del Instituto Nacional de Canalizaciones, se realizaron secciones transversales a través de los planos batimétricos costa a costa del año 1997. De los resultados obtenidos en la morfología del área de estudio pueden apreciarse sus mayores profundidades hacia la zona Norte, por otra parte comparando la fotografía aérea obtenida de Google Earth y la carta de navegación periodo 1997-2004 se observa una ligera tendencia migratoria de la línea de costa hacia el lado norte y en la milla 169.9 encontramos una bifurcación debido a la isla Mata Mata. El hidrograma realizado para el sector Guarguapo muestra un período de estiaje en el mes de Marzo de (10.70 m) y un máximo nivel de las aguas en el mes de agosto con 0.44 m. El sector Guarguapo presenta una pendiente hidráulica de $4,64E-05$ m y su pendiente del lecho es de acuerdo a la información batimétrica del plano (N° 30DB4985) fue de 0,0001159 y para el plano (N°10DB4874) obtuvo como resultado -0,001651. De acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de los suelos se consideran arenas de tipo SP. Asimismo el ángulo de

fricción interna de (31°) nos indica que las muestras del lecho corresponden a tipo de suelos cohesivos. La forma y tamaño de los granos, indicaron en su geometría predominan las formas angulosas a subangulosas. Finalmente, el análisis mineralógico se observa un alto contenido de 75% de sílice. En el modelo de Shields se determinó que la partícula se encuentra en movimiento y su velocidad es turbulenta; a través del modelo de Hjulstrom se determinó que en el sector Guarguapo la velocidad mínima que se necesita para que se produzca el transporte es de 2.2 cm/seg, el modelo de Van Rijn, Engelund y Bagnolds delimitan el área donde existe la iniciación del movimiento y suspensión y arrojaron valores de el parámetro crítico (θ_{cr}) de 3.4×10^{-2} , 3.8×10^{-2} y 4×10^{-1} respectivamente, el modelo de Yang determina la velocidad crítica de 3.04 y se encuentra en estado de transición, el modelo de Meller Peter Müller indica una profundidad de degradación(d) de 2.6 mm y finalmente el modelo de Mavis Laushey determinó una velocidad de fondo competente (V_b) de 0,7 m/s.

HOJA DE METADATOS PARA TESIS Y TRABAJOS DE ASCENSO – 3/6

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
DAFNIS ECHEVERRIA	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	4.506.408
	e-mail	Dafnisecheverria2807@gmaill.com
	e-mail	
JAVIER RAMOS MADRID	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	14.145.647
	e-mail	jdramos@udo.edu.ve
	e-mail	
FRANCISCO MONTEVERDE	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	12.192.676
	e-mail	monteverdefr@gmail.com
	e-mail	
	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

2018	06	18
------	----	----

Lenguaje: spa

HOJA DE METADATOS PARA TESIS Y TRABAJOS DE ASCENSO – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis-().doc	Application/msword

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

Alcance:

Espacial: _____ (Opcional)

Temporal: _____ (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: Geólogo e Ingeniero Geologo

Nivel Asociado con el Trabajo: Pregrado

Área de Estudio: Departamento de Ingeniería Geológica

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

HOJA DE METADATOS PARA TESIS Y TRABAJOS DE ASCENSO – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN° 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

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

Estimado Profesor Martínez:

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

Letdo 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 Martínez

FECHA 5/8/09 HORA 5:30

JUAN A. BOLANOS CURVELO
Secretario

Cordialmente,

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

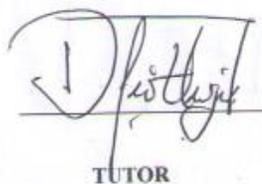
Apartado Correos 094 / Telfs: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

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 solo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización".


AUTOR 1


AUTOR 1


TUTOR

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



**CARACTERIZACIÓN DEL MOVIMIENTO DE LOS
SEDIMENTOS DE UN TRAMO DEL SECTOR GUARGUAPO
DEL RÍO ORINOCO CON ALTA TASA DE TRANSPORTE DE
SEDIMENTOS. ESTADO MONAGAS, VENEZUELA**

**TRABAJO FINAL DE GRADO
PRESENTADO POR LOS
BACHILLERES ANGÉLICA
M.VILLANUEVA D. PARA
OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO GEÓLOGO, Y
HÉCTOR J. VILLANUEVA D.
OPTAR AL TÍTULO DE
GEÓLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, JUNIO DE 2018



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

ACTA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, titulado: **CARACTERIZACIÓN DEL MOVIMIENTO DE LOS SEDIMENTOS DE UN TRAMO DEL SECTOR GUARGUAPO DEL RÍO ORINOCO CON ALTA TASA DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS. ESTADO MONAGAS, VENEZUELA**, presentado por los bachilleres, Angélica M. Villanueva D. Como requisito parcial para optar al título de: **INGENIERO GEÓLOGO**, y Héctor J. Villanueva D., como requisito parcial para optar al título de **GEÓLOGO** cedula de Identidad N° V-16.817.759, N° V-14.671.284 como ha sido **APROBADO** por el jurado integrado por los profesores, de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente.

Nombre y Apellido del Prof.:

Firma:

Prof. Dafnis Echeverría

(Asesor)

(Jurado)

(Jurado)

Prof. Javier Ramos Madrid
Jefe del Departamento de Ing. Geológica

Profesor Francisco Monteverde
Director de Escuela

Ciudad Bolívar ____ de _____ 2018

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico primeramente a Dios. A mi madre, mi ejemplo de lucha; a avanzar en la vida, la que siempre tiene las palabras precisas para levantarme en cada caída y tropiezo, por esto y más le dedico este trabajo sabiendo que siempre estará allí para mí.

Angélica M. Villanueva D.,

Primeramente a Dios por iluminarme y darme salud, sabiduría y fortaleza para llevar a cabo el presente proyecto.

A mis padres Eustacio R. Villanueva Díaz y María M. Díaz, quienes con sus esfuerzos y sacrificios incondicionales me inculcaron y apoyaron el espíritu del estudio, superación personal y profesional. A ellos mi eterno agradecimiento.

A mi hermana mayor, María de los Ángeles, pequeña y grande mujer, quien fue mi guía y punto de apoyo para avanzar en el logro del objetivo, te amo, hermana.

A mis hermanos, Héctor José y José Gregorio; guardianes y compañeros de estudios y luchas dentro y fuera del recinto Universitario. Gracias y que Dios los bendiga.

A mis tíos Noris y Edgar por su apoyo y aporte en momentos apremiantes de mi vida como estudiante universitario. Tíos gracias.

A mis cuñados, Yamileth Fuentes y Javier Cabrera por su colaboración sincera y fraternal en los momentos de tristeza y alegría. Los quiero.

A mi tutor y profesor Dafnis Echeverría quien siempre estuvo allí para aclarar mis dudas en cada consulta que a bien tuve que hacerle, Gracias infinitas.

Héctor J. Villanueva D.,

AGRADECIMIENTOS

A Dios creador por darme la sabiduría, fuerza y salud para avanzar.

A mis padres, Eustacio R. Villanueva Díaz y María M. Díaz, los cuales me orientaron y me ayudaron a seguir adelante y alcanzar mi meta de obtener mi título Universitario, mil gracias por ayudarme a alcanzar cada una de mis metas, y por hacer sacrificios en sus vidas para ayudarme en la mía. Los amo con el alma.

A mi hermana, María de los Ángeles Villanueva por ser ejemplo a seguir, por ser mi segunda madre y por alentarme a avanzar. Te amo. A mis hermanos, Héctor J. Villanueva y José G. Villanueva por ser esos guardianes de lucha dentro y fuera de la universidad, gracias hermanos por darme la fuerza para seguir adelante.

A mis Tíos, Noris M. Villanueva y Edgar J. Villanueva por su apoyo y por ese granito de arena que aportaron cuando mis hermanos y yo los necesitábamos. A mis cuñados, Yamileth Fuentes y Javier Cabrera por su colaboración incondicional, por brindarme ese apoyo sincero y fraternal en cada momento de tristeza y felicidad.

A mi tutor y profesor, Dafnis Echeverría por proponerme este tema de estudio, y ser ese gran mentor, el cual está allí para aclarar mis dudas, y tener siempre una palabra agradable y amigable en cada consulta.

A la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, por darme el conocimiento.

Angélica M. Villanueva D.,

Debo agradecer en primer lugar a Dios por bendecirme y concederme salud, fuerza y sabiduría para avanzar en la vida.

A mi padre Eustacio y mi madre María, quienes me orientaron y ayudaron a alcanzar el objetivo de obtener mi título Universitario. Los amo con toda mi alma.

A mis hermanas y hermano, María de los Ángeles, Angélica María y José Gregorio por su apoyo y colaboración de manera fraternal. Dios los bendiga.

A Yamileth Fuentes, quien junto a mi hija Isabella, una razón más para cumplir mis metas. Las amo.

A Javier Cabrera, por su apoyo moral y sincero. Gracias cuñado.

Héctor J. Villanueva D.,

RESUMEN

El objetivo general de esta investigación es Proponer un método para la Estabilización de un tramo del sector Guarguapo del río Orinoco con alta tasa de transporte de sedimentos. Estado Monagas. Venezuela. La estrategia para dar respuesta al problema planteado fue documental, descriptiva y de campo, se tomaron muestras del canal (5 muestras) las cuales se le realizaron análisis de laboratorio como; análisis granulométrico, análisis texturales, forma y tamaño de los granos, contenido mineral; estos análisis permitieron identificar la tasa de sedimentación del sector Guarguapo la procedencia y transporte de las partículas y su acumulación en el área de estudio. Con la información suministrada del Instituto Nacional de Canalizaciones, se realizaron secciones transversales a través de los planos batimétricos costa a costa del año 1997. De los resultados obtenidos en la morfología del área de estudio pueden apreciarse sus mayores profundidades hacia la zona Norte, por otra parte comparando la fotografía aérea obtenida de Google Earth y la carta de navegación periodo 1997-2004 se observa una ligera tendencia migratoria de la línea de costa hacia el lado norte y en la milla 169.9 encontramos una bifurcación debido a la isla Mata Mata. El hidrograma realizado para el sector Guarguapo muestra un período de estiaje en el mes de Marzo de (10.70 m) y un máximo nivel de las aguas en el mes de agosto con 0.44 m. El sector Guarguapo presenta una pendiente hidráulica de $4,64E-05$ m y su pendiente del lecho es de acuerdo a la información batimétrica del plano (N° 30DB4985) fue de 0,0001159 y para el plano (N°10DB4874) obtuvo como resultado -0,001651. De acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de los suelos se consideran arenas de tipo SP. Asimismo el ángulo de fricción interna de (31°) nos indica que las muestras del lecho corresponden a tipo de suelos cohesivos. La forma y tamaño de los granos, indicaron en su geometría predominan las formas angulosas a subangulosas. Finalmente, el análisis mineralógico se observa un alto contenido de 75% de sílice. En el modelo de Shields se determinó que la partícula se encuentra en movimiento y su velocidad es turbulenta; a través del modelo de Hjulstrom se determinó que en el sector Guarguapo la velocidad mínima que se necesita para que se produzca el transporte es de 2.2 cm/seg, el modelo de Van Rijn, Engelund y Bagnolds delimitan el área donde existe la iniciación del movimiento y suspensión y arrojaron valores de el parámetro crítico (θ_{cr}) de 3.4×10^{-2} , 3.8×10^{-2} y 4×10^{-1} respectivamente, el modelo de Yang determina la velocidad crítica de 3.04 y se encuentra en estado de transición, el modelo de Meller Peter Müller indica una profundidad de degradación(d) de 2.6 mm y finalmente el modelo de Mavis Laushey determinó una velocidad de fondo competente (V_b) de 0,7 m/s.

CONTENIDO

	Pág.-
ACTA DE APROBACIÓN	ix
DEDICATORIA	x
AGRADECIMIENTOS	xii
RESUMEN	xiv
LISTA DE FIGURAS	xviii
LISTA DE TABLAS	xx
LISTA DE ANEXO	xxii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
SITUACIÓN A INVESTIGAR	3
1.1 Situación objeto de estudio	3
1.2 Objetivos de la Investigación	4
1.2.1 Objetivo General	4
1.2.2 Objetivos Específico	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 del área en estudio	7
2.2 Acceso al área	8
2.3 Características climatológicas.....	8
2.4 Características geomorfológicas	8
2.5 Características hidrológicas	9
2.6 Características bióticas.....	10
2.6.1 Vegetación.....	10
2.6.2 Fauna.....	10
2.7 Características sedimentológicas	11
2.8 Río Orinoco.....	12
2.9 Geología regional	13
2.9.1 Complejo de Imataca	13
2.9.2 Formación Mesa.....	14
2.9.3 Depósitos aluviales.....	15
2.10 Geología del área.....	15

CAPÍTULO III	16
MARCO TEÓRICO	16
3.1 Antecedentes de la investigación	16
3.2 Bases Teóricas.....	18
3.2.1 Hidrología fluvial.....	18
3.2.2 El transporte y la acumulación de sedimentos	19
3.2.3 Tipos de régimen de flujo y circulación de corrientes	20
3.2.4 Características de los depósitos fluviales.....	23
3.2.5 Clasificación morfológica de los canales fluviales	25
3.2.6 Mecanismo de depósitos de canales meandriformes	27
3.2.7 Mecanismo de depósitos de canales entrelazados.....	27
3.2.8 Ambientes sedimentarios en sistemas meandriformes.....	27
3.2.9 Clasificación de los sedimentos	28
3.2.9.1 Sedimento no cohesivo	28
3.2.9.2 Sedimento cohesivo	29
3.2.10 Carga total de sedimentos	29
3.2.11 Escalas granulométricas	31
3.2.12 Redondez de las partículas	31
3.2.13 Sondeos	33
3.2.14 Nivel del río.....	35
3.3 Dragas	36
3.3.1 Dragas hidráulicas.....	36
3.3.2 Dragas de tolva.....	36
3.3.3 Componentes del sistema.....	37
3.3.4 Funcionamiento.....	37
3.4 Mantenimiento actual del canal mediante operaciones de dragado	38
3.5 Pendiente hidráulica	38
3.6 Patrones de flujo.....	38
3.7 Radio hidráulico	39
3.8 Bases Legales	39
3.8.1 Artículo 127	39
3.8.2 Artículo 129	40
3.8.3 Artículo 10	41
3.8.4 Artículo 10 de la “Ley de Aguas”	41
3.9 Definición de términos básicos	42
3.9.1 Geología.....	42
3.9.2 Ingeniería Geotécnica.....	42
3.9.3 Características Geotécnicas.....	42
3.9.4 Caudal	43
3.9.5 Erosión fluvial.....	43
3.9.6 Suelo.....	43
3.9.7 Suelo transportado.....	43

3.9.8 Sedimentos	43
3.9.9 Transporte y acumulación de sedimentos	44
3.9.10 Sedimentos recientes	44
CAPÍTULO IV	45
METODOLOGÍA DE TRABAJO	45
4.1 Tipo de investigación	45
4.2 Diseño de investigación	46
4.3 Población de la Investigación.....	47
4.4 Muestra de la investigación.....	47
4.4.1 Flujograma de la investigación	47
CAPITULO V	51
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	51
5.1 Caracterizar físico naturalmente el área de estudio.....	51
5.1.1 Sedimentos Recientes.....	51
5.1.2 Formación Mesa.....	52
5.1.3 Provincia Geológica de Imataca (PI)	52
5.2 Describir los parámetros que inciden en la estabilidad morfológica del tramo sector Guarguapo del río Orinoco en estudio	53
5.3 Caracterizar texturalmente los suelos presentes en el área de estudio que serán objeto de erosión y transporte causando su desestabilización	58
5.3.1 Clasificación granulométricas de los materiales del lecho	59
5.3.2 Análisis de los ángulos de fricción interna de los materiales del lecho	64
5.3.3 Formas y tamaño de los granos.....	68
5.3.4 Análisis del contenido mineralógico de los materiales del lecho	71
5.4 Describir las condiciones hidráulicas del tramo sector Guarguapo del río Orinoco que presenta alta tasa de sedimentación, como parámetro fundamental para la determinación de la potencia del flujo que moviliza los sedimentos del sector.	72
5.4 Cuantificar la rata de sedimentación presente en el tramo sector Guarguapo en el río Orinoco.....	76
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
Conclusiones	84
Recomendaciones.....	86
REFERENCIAS	87
ANEXOS	89

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
2.1 Ubicación del área de estudio (Google Earth, 2016)	7
3.1 Cuenca Hidrográfica del río Orinoco. (Adaptado de la Enciclopedia Océano, 2002).	19
3.2 Velocidad de corriente necesaria para erosionar sedimentos, En función de la granulometría abajo. Allen J.R.L., (1978).	20
3.3 Representación del comportamiento de las líneas de corriente en un flujo laminar; F. Hjulstrom; (1956).	22
3.4 Representación del comportamiento de las líneas de flujo. En un flujo turbulento; F. (Hjulstrom; 1956).	23
3.5 Características generales o facies en barras desarrolladas en Canales de corrientes meandriformes (Dewitt y Swanson, 1969).	24
3.6 Tipos de canales y sus secciones verticales (Maill, 1978).	26
3.7 Forma y redondez de los granos (Modificado Redrawn, 1953).	32
4.1 Flujograma de actividades	48
5.1 Hidrograma representativos de los niveles máximos, promedios y mínimos de la estación limnigráficas de Guarguapo del canal de navegación del río Orinoco, durante el período 1997-2004 (Información suministrada por el departamento de hidrografía del I.N.C)	57
5.2 Área de estudio sector Guarguapo (Google Earth,2016)	58
5.3 Curva de análisis granulométrico de la muestra tomada en la milla 170.8 en el sector Guarguapo.....	60
5.4 Curva de análisis granulométrico de la muestra tomada en la milla 169.8 en el sector Guarguapo.....	61
5.5 Curva de análisis granulométrico de la muestra tomada en la milla 168.8 en el Sector Guarguapo	62
5.6 Curva de análisis granulométrico de la muestra tomada en la milla 167.8 en el sector Guarguapo.....	63
5.7 Curva de análisis granulométrico de la muestra tomada en la milla 166.0 en el sector Guarguapo.....	64
5.8 Gráfico del ensayo de corte directo para una carga de 100 gr, realizado en la milla 167.8 del sector Guarguapo del canal de navegación del río Orinoco.....	65
5.9 Gráfico del ensayo de corte directo para una carga de 200 gr, realizado en la milla 167.8 del sector Guarguapo del canal de navegación del río Orinoco.....	66
5.12 Gráfica de los porcentajes de forma y tamaño de los granos de las muestras obtenidas en la milla 168,8 obtenido del sector Guarguapo	69

5.13 Grafica de los porcentajes obtenido de forma y tamaño de los granos de las muestras obtenidas en la milla 167,8 en el del sector Guarguapo	70
5.14 Grafica de los porcentajes de mineral obtenido en la milla 166,0 en el sector Guarguapo.	70
5.15 Análisis Petrográficos de las muestras extraídas de la milla 169,8 del sector Guarguapo del canal de navegación del río Orinoco.....	71
5.16 Tasa de sedimentación promedio mensual durante el período 1997-2004, correspondiente al sector Guarguapo del canal de navegación del río Orinoco.....	76
5.17 Diagrama de Shields para movimiento incipiente (Vanoni, 1975 en Yang, 1996)	77
5.18 Criterio erosión – depositación para partículas uniformes (Hjulstrom, 1935 en Yang, 1996).....	78
5.19 Iniciación del movimiento y suspensión de las partículas sobre el fondo del lecho (Van Rijn, 1989).....	79
5.20 Verificación del criterio de movimiento incipiente de Yang.....	81

LISTA DE TABLAS

	Pág.
5.1 Datos de niveles, velocidad media, gasto líquido de la sección de aforos en el sector Guarguapo.....	54
5.2 Continuación de la tabla 5.1 datos de niveles, velocidad media, gasto líquido de la sección de aforos en el sector Guarguapo	55
5.3 Continuación de la tabla 5.2 datos de niveles, velocidad media, gasto líquido de la sección de aforos en el sector Guarguapo	55
5.4 Niveles Promedios máximos y mínimos durante el período 1943-2009 del canal de navegación del Río Orinoco	56
5.5 Análisis granulométrico de la muestra tomada en la milla 170.8 en el sector Guarguapo	59
5.6 Análisis granulométrico de la muestra tomada en la milla 169.8 en el sector Guarguapo	60
5.7 Análisis granulométrico de la muestra tomada en la milla 168.8 en el Sector Guarguapo	61
5.8 Análisis granulométrico de la muestra tomada en la milla 167.8 en el sector Guarguapo	62
5.9 Análisis granulométrico de la muestra tomada en la milla 166.0 en el sector Guarguapo	63
5.10 Ensayo de corte directo para una carga de 100 gr, realizado en la milla 167.8 del sector Guarguapo del canal de navegación del Río Orinoco.	65
5.11 Ensayo de corte directo para una carga de 200 gr, realizado en la milla 167.8 del sector Guarguapo del canal de navegación del Río.....	66
Orinoco.....	66
5.13 Forma y tamaño de los granos de las muestras obtenidas en el sector Guarguapo del rio Orinoco	68
5.14 Forma y tamaño de los granos de las muestras obtenidas en el sector Guarguapo del rio Orinoco	69
5.15 Forma y tamaño de los granos de las muestras obtenidas en el sector Guarguapo del rio Orinoco	69
5.16 Forma y tamaño de los granos de las muestras obtenidas en el sector Guarguapo del rio Orinoco	70
5.17 Pendiente Hidráulica del sector Guarguapo del canal de navegación del río	

Orinoco.....	74
5.18 Pendiente del lecho del sector Guarguapo del canal de navegación del río	
Orinoco.....	74
5.19 Tasa de sedimentación del canal de navegación del Río Orinoco sector	
Guarguapo	75

LISTA DE ANEXO

1. Sector Guarguapo costa-costa Kms 270,9-267,1
2. Sector Guarguapo costa-costa Kms 270,7-267,1
3. Sector Guarguapo costa-costa Kms 271,-268,0
4. Sector Guarguapo costa-costa Kms 274,8-270,7

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación consiste en una caracterización del movimiento de los sedimentos de un tramo del sector Guarguapo del río Orinoco con alta tasa de transporte de sedimentos. Estado Monagas.

En el desarrollo de esta investigación se han planteados objetivos que permitan solucionar el problema del sector Guarguapo; sin embargo, la bibliografía consultada permitió conocer algunas recomendaciones que han sido promovidas por algunos investigadores, las cuales han sido ampliamente aceptadas como estatutos hasta el presente.

El Instituto Nacional de Canalizaciones es el ente encargado para el buen funcionamiento, desarrollo, administración y mantenimiento integral del canal de navegación del río Orinoco.

El documento se encuentra estructurado en cinco capítulos cuyo contenido consiste en los siguientes:

Capítulo I. Situación a investigar: en esta sección se explica el planteamiento del problema central de este estudio. Asimismo, se definen tanto el objetivo general como los objetivos específicos que orientaron el desarrollo del trabajo y justificación del mismo.

Capítulo II. Generalidades: en este capítulo se presentan la ubicación geográfica del área, acceso al área también se mencionan las características climatológicas, geomorfológicas, hidrológicas, bióticas, sedimentológicas y por último río Orinoco, geología regional y geología del área.

Capítulo III. Marco teórico: antecedentes se resumen todos los criterios y aspectos pre- existentes relacionados con el tema de la presente investigación que sirven de base al desarrollo de la misma.

Capítulo IV. Metodología de trabajo: se describe el nivel y diseño de la investigación, población, muestra y finalmente se desarrolla la metodología utilizada para cada uno de los objetivos de esta investigación.

Capítulo V. Análisis e interpretación de los resultados: se procesan los datos y se dan a conocer los resultados, los cuales sirvieron como información necesaria para conocer la morfología, los parámetros hidráulicos y las características de los materiales del lecho.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones, producto de la investigación, referencias, los apéndices y anexos que amplían aún más la información de la presente investigación.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Situación objeto de estudio

De acuerdo a estudios realizados sobre el transporte de sedimentos en el río Orinoco este podría sobrepasar los 400 millones de metros cúbicos anuales 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 en el tiempo (durante el ciclo hidrológico anual del río) y espacialmente (a lo largo del cauce del río).

Ahora bien, el río Orinoco es utilizado como vía de navegación para el ingreso y salida de gabarras y de buques de gran calado; sin embargo, el continuo proceso de sedimentación 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 de adecuados canales navegables.

En ese orden de ideas, es necesario acotar que el sector Guarguapo es uno de los sectores del río Orinoco que deben ser dragados para mantener las profundidades navegables.

Asimismo, dicho sector es dragado, desde hace algunos años, sólo utilizando equipos de tolvas los cuales requieren áreas de descarga, para la depositación del material dragado.

De acuerdo a estudios realizados sobre el transporte de sedimentos en el río Orinoco este podría sobrepasar los 400 millones de metros cúbicos anuales 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 en el tiempo (durante el ciclo hidrológico anual del río) y espacialmente (a lo largo del cauce del río).

Ahora bien, el río Orinoco es utilizado como vía de navegación para el ingreso y salida de gabarras y de buques de gran calado; sin embargo, el continuo proceso de sedimentación 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 de adecuados canales navegables.

En vista de ello, 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, la posibilidad de sugerir zonas de áreas de descargas.

1.2 Objetivos de la Investigación

1.2.1 Objetivo General

Caracterizar el movimiento de los sedimentos de un tramo del sector Guarguapo del río Orinoco con alta tasa de transporte de sedimentos. Estado Monagas. Venezuela.

1.2.2 Objetivos Específico

- a) Caracterizar físico naturalmente el área de estudio.
- b) Describir los parámetros que inciden en la estabilidad morfológica del tramo del río Orinoco en estudio.
- c) Caracterizar texturalmente los suelos presentes en el área de estudio que serán objeto de erosión y transporte causando su desestabilización.
- d) Describir las condiciones hidráulicas del tramo del río Orinoco que presenta alta tasa de sedimentación, como parámetro fundamental para la determinación de la potencia del flujo (stream power) que moviliza los sedimentos del sector.
- e) Cuantificar la rata de sedimentación presente en el tramo de estudio en el río Orinoco.

1.3 Justificación de la Investigación

Debido al poco conocimiento con respecto a lugar de estudio, se desea describir las condiciones hidráulicas del tramo del río Orinoco que presenta alta tasa de sedimentación.

Este trabajo servirá para cumplir con el requisito parcial exigido por la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, para obtener los títulos de Geólogo e Ingeniero Geólogo.

1.4 Alcance de la investigación

Este trabajo de investigación tendrá como alcance el estudio sobre la geología, geotecnia. Se dará la ubicación a las muestras de aguas, en lo referente a la parte de geología, se tomarán muestras de sedimentos para caracterizar los minerales presentes en el fondo de los cauces. La información obtenida podrá ser útil a los organismos competentes, especialmente en la toma de decisiones relacionadas con la explotación minera y la conservación ambiental.

1.5 Limitaciones de la investigación

1. Poca disponibilidad de información sobre la zona en estudio.
2. Falta de vehículo rustico para llegar a las zonas más apartadas.
3. Insuficiencia de recursos y equipos necesarios para realizar la recolección de información.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación del área en estudio

El área de estudio comprende el sector Guarguapo, específicamente desde la milla 165 hasta la 178 del canal de navegación del río Orinoco. Cabe destacar que esta zona el río presenta un estrechamiento natural. En la margen derecha se ubica el poblado de Piacoa, y en la margen izquierda la población de Barrancas. Descendente se observa que sobre un eje central del río Orinoco se encuentra una isla de cuyo origen es sedimentario, denominada Varadero, la cual bifurca el flujo del río, localizándose en su extremo Sur el Brazo Imataca y en su extremo Norte la Formación Mesa. Se ubica mediante las siguientes coordenadas: 956557,99m N; 587189,51m E (Figura 2.1).



Figura 2.1 Ubicación del área de estudio (Google Earth, 2016)

2.2 Acceso al área

Debido a la ubicación geográfica de la zona en estudio, el acceso es limitado y se realizó por vía fluvial, por medio de una embarcación.

2.3 Características climatológicas

El área en estudio presenta características propias de un clima tropical AF seco, varía con la topografía y la distribución estacional de la lluvia relacionada con los vientos alisios del Noroeste. Este sector de la cuenca del río Orinoco está dominado por un clima tropical seco, donde se puede observar el predominio de un bosque seco tropical. La temperatura permanece prácticamente inalterable a lo largo de este sector del canal de navegación y se ubica en el orden de los 27° aproximadamente (Consultora Ingeniería Caura S.A, 1994).

Es una zona de precipitación media que tiene una variación lineal en forma descendente entre 2700 mm a 950 mm. La evaporación media anual, y por consiguiente la evotranspiración, presenta valores un poco variables que van desde 2700 a 1750 a lo largo de todo el tramo, con valores que están entre los 2025 mm a 1313 mm, respectivamente. Esto se produce 5 a 12 meses de sequía y 0 a 7 meses de humedad, en todo el canal de navegación.

2.4 Características geomorfológicas

Se presentan medios deposicionales en las planicies de desbordamiento del río Orinoco, en forma de diques, bancos, cubetas de decantación, depresión marginal y lagunas de quebradas laterales. En el área deltaica predominan las planicies cenagosas fluvio marinas. El área es morfodinámicamente activa presentándose actividad generalizada, así como también procesos por inundación anuales durante un

largo período, y una gran ocurrencia de socavamientos de orilla a orilla (Consultora Ingeniería Caura S.A, 1994).

2.5 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 continua hasta el mes de Marzo con una evidente regularidad.

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 agua comienza a descender, la mayor parte drena hacia el río reteniéndose aguas en lagunas, charcas y canales.

Es de gran importancia señalar que la corriente que se presenta en el sector de Guaguapo es de carácter fluvial unidireccional.

2.6 Características bióticas

2.6.1 Vegetación

El área de estudio se caracteriza por poseer bosques de galería medios semidensos, para zonas de límites muy definidos a partir de los bosques del río, principalmente la margen sur del tramo de estudio (Sector Guarguapo) los individuos de los estratos son semi –densos, con suelos que tienden a poseer un drenaje regular.

De alguna forma esta vegetación ha ido desapareciendo con el tiempo, casi en su totalidad para abrir camino a diversas actividades agropecuarias del sector y así como también a los asentamientos sub-urbanos y rurales. El resto está ocupado por herbazales anegadizos, las cuales se presentan como comunidades que se caracterizan por la ausencia total de especies leñosas. Ocupan zonas que están sujetas a inundaciones periódicas de gran intensidad y duración tales como bancos, áreas depresionales de islas y otros sitios de rebalse. (Consultora Ingeniería Caura S.A, 1994).

2.6.2 Fauna

La fauna silvestre del estado Bolívar, 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 manati (*trichechos manatos*), 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).

2.7 Características sedimentológicas

Es necesario resaltar, que el Orinoco es uno de los ríos con un fondo inestable que sufre modificaciones de acuerdo con el régimen hidrológico presente en el mismo. El fondo del sector Guarguapo está compuesto de sedimentos conformados por arenas, cuya granulometría varía de media a fina, observándose además la presencia en éstas de trazas de materia orgánica, limo y arcillas. No obstante se tiene que los sedimentos más finos se depositan en las márgenes del río y los de mayor tamaño hacia el centro debido al efecto de la corriente, la cual desarrolla mayor velocidad en ese punto, dificultando de esta manera la deposición de los primeros en esta área. Se observa que en las orillas, las aguas fluyen de manera más lenta, facilitando así la deposición de las partículas más finas.

En el río Orinoco, la distancia recorrida por el transporte de sedimentos aguas abajo tiene poca influencia sobre el tamaño medio de las partículas y su distribución al depositarse. Esto se debe a que actúan tres mecanismos diferentes sobre los sedimentos: saltación, rodamiento y suspensión. No obstante, es necesario resaltar que cuando se sucede la deposición, las condiciones hidráulicas de la zona en consideración, determinarán el tipo de partículas presentes en el proceso de sedimentación, pudiéndose encontrar material grueso junto a material fino.

En el río Orinoco el proceso de sedimentación tiene su mayor influencia en el período de aguas bajas, ya que bajo esas circunstancias se presentan las condiciones propicias para que el material se sedimente.

2.8 Río Orinoco

Entre los ríos más caudalosos del mundo, el Orinoco ocupa el tercer lugar, después del Amazonas y del Zaire. Es también el tercer río más largo de Sudamérica y el número veinte en todo el planeta. Para Venezuela, el Orinoco constituye la principal reserva hídrica. La historia y el significado de este gigante de agua que comienza a formarse en las espesas selvas de la Sierra de Parima, en el estado Amazonas, y que cruza de este a Oeste el escudo guayanés para luego, en un cerrado giro, atravesar el país en sentido contrario, recibiendo el tributo de 31 afluentes principales, ríos, riachuelos y quebradas. De éstos, los más importantes son 194 95 por la margen derecha y 99 por la margen izquierda. Tiene una longitud de 2.140 Km y su cuenca cubre 1015.000 Km². (Folleto N° 15 del Museo de Ciencias de Venezuela).

El recorrido del río, se puede dividir en tres partes (I.N.C, S. F):

1...Bajo Orinoco, desde el Atlántico hasta la boca del río Apure, 880 Km. En esta parte, encontramos condiciones adecuadas para una buena navegación fluvial que, por un trecho de 360 Km, es también marítima.

2...Orinoco Medio, de unos 550 Km. Entre la boca del Apure y San Fernando de Atabapo. En este tramo están ubicados los raudales de Atures y Maipures y las condiciones de navegación son más difíciles, por la reducción del caudal de agua, el incremento de las pendientes del lecho del río y el hecho de que en el cauce aparecen más obstáculos.

3...Alto Orinoco, de unos 710 Km, desde San Fernando de Atabapo hasta sus fuentes. En este tramo la navegación es todavía más difícil y en los últimos 250 Km es prácticamente imposible.

Todas las distancias que se mencionan en este contenido se miden desde un punto considerado como Km 0, situado en el océano Atlántico, en la curva de profundidad 13m.

2.9 Geología regional

La zona en estudio, se encuentra limitada geológicamente hacia el Norte por la Formación Mesa del pleistoceno y depósitos aluvionales del Orinoco venezolano, y hacia el Sur por las rocas del Precámbrico Inferior del Complejo de Imataca.

2.9.1 Complejo de Imataca

La Provincia de Imataca se encuentra ubicada al Norte de la Guayana venezolana, se extiende a lo largo del río Orinoco como una franja paralela a su rivera, posee una longitud aproximada de 500 km y una anchura variable de 65 a 130 km (González de Juana, 1980).

Su ubicación es aproximadamente desde el Oeste del río Caura, hasta el Este, donde finaliza con los sedimentos Deltaicos del Territorio Federal Delta Amacuro y al sur donde finaliza con las fallas de santa Bárbara, Gurí y el Pao.

El complejo estaba formado originalmente por una secuencia sedimentaria rica en sílice, hierro y detritos de naturaleza cuarzo feldespático, mezclados con extrusiones lávicas, que fueron posteriormente plegadas y metamorfizadas hasta las facies de las granulitas y alteradas por eventos tecto-termales, acompañados de la reactivación de rocas graníticas antiguas y de algunas intrusiones ácidas posteriores. (González de Juana, 1980).

Petrológicamente, el complejo se caracteriza por la presencia de gneises máficos y félsicos, cuarcitas ferruginosas y depósitos residuales de alto tenor de hierro, migmatitas, charnockitas ácidas y básicas, algunas dolomitas y diques y sills anfibolíticos. En el complejo también se localizan algunos cuerpos graníticos intrusivos como el Plutón cuarzo monzonítico de la Encrucijada.

2.9.2 Formación Mesa

Se le asigna este término para definir la Formación que cubre las extensas mesas fisiográficamente características en la parte oriental en la Cuenca Oriental de Venezuela. (González de Juana, 1980).

La Formación se extiende sobre los llanos orientales desde el Pie de monte de la Cordillera de la Costa hasta unos pocos Kilómetros, al Sur del río Orinoco en las cuencas bajas de los ríos Aro, Caroní y Yocoima donde se localizan las poblaciones de Puerto Ordaz y San Félix, abarcando los estados de los Llanos Orientales de Guárico, Anzoátegui, Monagas y Sucre.

Litológicamente está constituida por depósitos horizontales deltaicos, aluviales y palustres, con conglomerados que llegan a peñones hacia los frentes montañosos y finos hacia los llanos. Gravas ferruginosas duras se distribuyen ampliamente y dan lugar a formas fisiográficas y llamativas como mesetas de paredes pronunciadas y “badlands”. (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1971).

De estudios anteriores con base en observaciones superficiales como en perforaciones confirman que los sedimentos terrestres de la Formación Mesa sufren una gradación de más grueso a más finos al alejarse de las cadenas montañosas del norte hacia el Sur y una gradación contraria, de más finos a más gruesos, desde la

región central de Monagas, también hacia el sur al acercarse al Macizo de Guayana. (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1971).

2.9.3 Depósitos aluviales

Son depósitos constituidos por limos y arenas muy micáceas depositados por el río, están localizados en Monagas y en el Delta del río, donde van a concentrarse después de su recorrido.

2.10 Geología del área

El sector en estudio se encuentran limitado al Sur, por las rocas del Precámbrico Inferior del Complejo de Imataca y hacia el Norte por la Formación Mesa del Pleistoceno y Depósitos Aluvionales Recientes del Oriente Venezolano (Monagas); siendo la geología de la parte Sur la que más llama la atención, por ser el flanco donde corre el mayor número de tributarios del Orinoco y también sus distribuidores principales.

La litología está conformada por rocas clásticas no consolidadas (aluviones), con una permeabilidad que generalmente es variable y alta y con una fecha aproximada de origen las cuales fueron formadas por material muy reciente, con alto contenido de mica. En cuanto a su sismicidad, el área en estudio presenta peligro sísmico medio con posibles deformaciones de la superficie terrestre.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

En Venezuela, la realización de trabajos en pro de la solución de problemas de Ingeniería, relacionados con estudios sedimentarios ha adquirido considerable desarrollo en los últimos 25 años.

Dauhare, C., y Mariña, M., (2011), realizaron un trabajo denominado “Estudio del flujo de los sedimentos y de la áreas de descarga para dragas de tolvas en el sector Aramaya del río Orinoco, estado Monagas. Venezuela” esta investigación es analizar el movimiento de los sedimentos y las áreas de descarga para dragas de tolvas sector Aramaya estado Monagas. La estrategia para dar respuesta al problema planteado fue documental. Con la información suministrada del Instituto Nacional de Canalizaciones

Bermúdez, G., (1990), desarrolló como trabajo de grado un estudio titulado “Determinación de la tasa de sedimentación en el canal de navegación del río Orinoco, los datos sobre las pendientes estimadas en este estudio abarca al sector Aramaya lo cual es un valioso aporte que será utilizado en esta investigación”.

Marcucci E., (1975), realiza un trabajo denominado "Tasa de Sedimentación y Volúmenes Sedimentados en el Canal de Navegación de Boca Grande (Río Orinoco, Territorio Federal Amazonas) en el Período 1961-1973". En este estudio se obtuvieron tasas de sedimentación y volúmenes sedimentados en dos periodos 1961-1964 y 1964-1973. Esto como producto de que en el periodo 1961-1964 el canal fue llevado desde 34 a 42 pies de profundidad, lo que pudo haber

afectado el proceso sedimentario del canal y por consiguiente la tasa de sedimentación.

Marcucci, E., y Romero, H (1975), realizan la distribución de elementos en sedimentos de fondo del río Orinoco; influencia de la granulometría y del transporte. Este trabajo se llevó gracias a la colaboración entre la Escuela de Geología y Minas de la Facultad de Ingeniería de la U.C.V y el Departamento de Investigación de la Dirección de Planificación e Investigación del Instituto Nacional de Canalización (INC), para la realización de tesis en problemas relacionados con sedimentación y transporte de sedimentos en el marco de los estudios que dicho departamento adelantaba en el río Orinoco.

Turmero (1974), realizó un trabajo sobre el problema de la sedimentación en el Canal de Navegación del río Orinoco, denominado "Relación entre la Tasa de Sedimentación Media Mensuales de algunos sectores del tramo Curiopo - San Félix del Canal de Navegación del río Orinoco periodo 1958-1975". En ese estudio se determinaron las relaciones que existen entre la Tasa de sedimentación media mensual y los Niveles medios mensuales de los sectores involucrados en un período de 17 años.

Marcucci E., (1974) Cumpliendo con la actividad codificada en el "Proyecto Orinoco" bajo el No 110-147 realiza un trabajo denominado "Estudio Estadístico del Dragado en el río Orinoco (Millas 42-196) en el período 1964-1973". En este estudio se aplican por primera vez parámetros estadísticos como la Desviación típica y Correlaciones, interpretándose el comportamiento de los datos obtenidos durante el dragado.

3.2 Bases Teóricas

Los ríos transportan o acarrean sedimentos de diferentes maneras, bien en forma de disolución, suspensión, saltación, rodamiento o tracción.

El trabajo sedimentológico que define el modelaje geológico de los depósitos sedimentarios en medios fluviales será definido por tres (3) mecanismos principales, que están intrínsecamente relacionado entre sí, tales como la erosión, el transporte y la sedimentación de las partículas; los cuales cumplen un ciclo geológico que presentan una fase inicial del mecanismo de erosión: definido por un remoción constante y progresiva del material sedimentado tanto en el fondo del canal activo en el río (Reynolds, 1975).

3.2.1 Hidrología fluvial

En los sistemas o medios fluviales existe un conjunto de canales de drenaje organizados de manera coherente y convergente llamados Cuencas Hidrográficas, las cuales se entrelazan por una red de cauces o canales que convergen con respuesta hidrológica hacia el mar, como punto geográfico del sistema y muchas veces formando un sistema ramificado dendrítico. La figura 3.1 muestra la configuración de la Cuenca del río Orinoco. Todo el sistema ramificado de drenaje convergerá en un solo canal principal activo, el cual tendrá una respuesta hidrológica al llegar al océano, descargando en la boca de desembocadura, el volumen del agua y la carga de sedimentos no depositados en la cuenca hidrológica, lo cuales han viajado por saltación o suspensión (Maill, 1981).

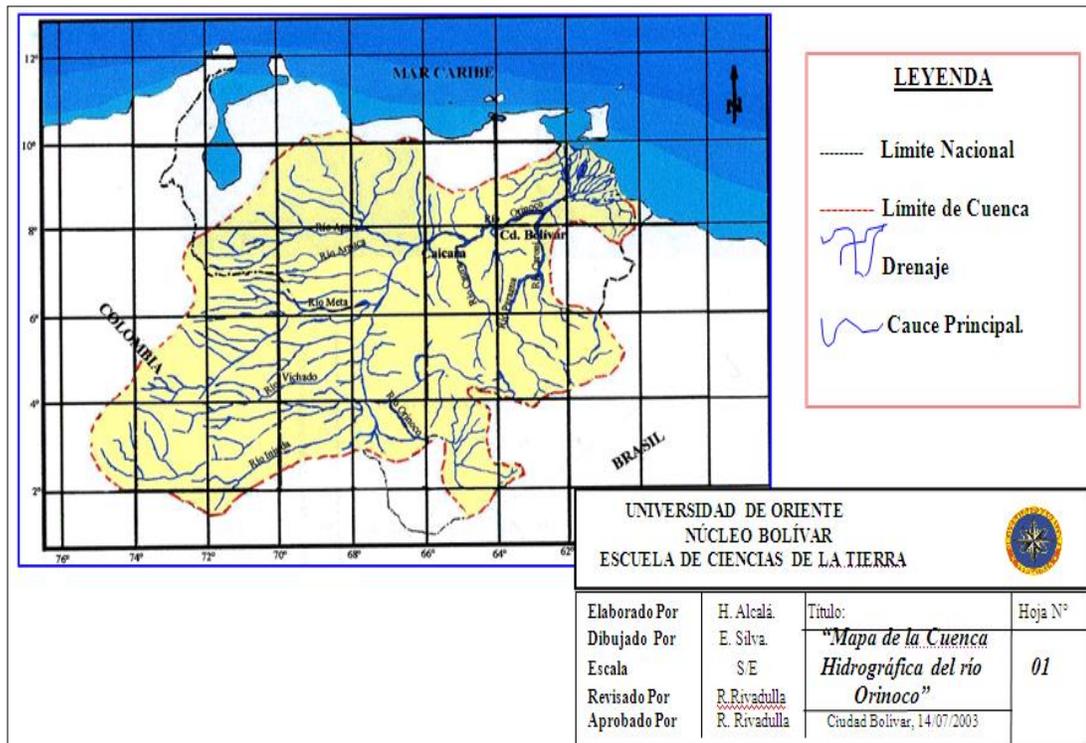


Figura 3.1 Cuenca Hidrográfica del río Orinoco. (Adaptado de la Enciclopedia Océano, 2002).

3.2.2 El transporte y la acumulación 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. 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.

La figura 3.2 muestra esta velocidad crítica de erosión que es mínima para los sedimentos comprendidos entre 0,1 y 0,2 mm. Esto es debido a que los sedimentos de tamaño inferior, limos y arcillas, son más cohesivos y, por lo tanto, más difíciles de erosionar. Por el contrario, los sedimentos de granulometría mayor no son cohesivos, aunque ofrecen una mejor inercia al movimiento, en razón de su tamaño. Esto confirma un fenómeno sedimentológico importante, es decir, que es más difícil erosionar una arcilla que una arena, sobre todo si las arcillas están compactadas.

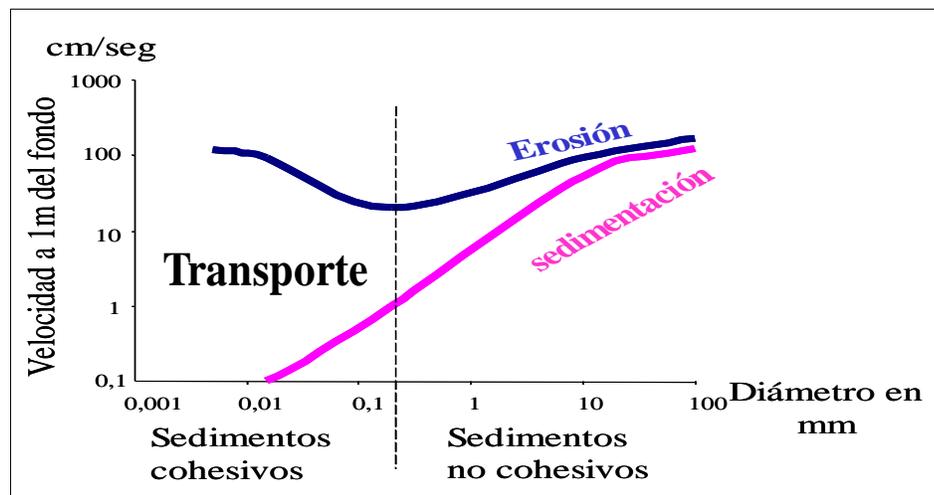


Figura 3.2 Velocidad de corriente necesaria para erosionar sedimentos, En función de la granulometría abajo. Allen J.R.L., (1978).

3.2.3 Tipos de régimen de flujo y circulación de corrientes

El tipo de flujo que caracteriza una corriente está dada por la velocidad del flujo que posee, definiendo el tipo de mecanismo de transporte de los sedimentos, la energía de la corriente de transporte, la magnitud de los números de Reynolds y Fraude, además de las características granulométricas de los sedimentos (Reynolds, 1975).

De manera tal, que podemos resumir una clasificación de dos tipos de régimen que van a definir el deslizamiento del agua en una corriente, los cuales son:

3.2.3.1 Flujo laminar

Este tipo de flujo se produce cuando la velocidad de transporte de un medio hidrodinámico permanece constante por debajo de cierto valor crítico, y las partículas de agua presentan un recorrido definido por las líneas de corrientes rectas y suaves sin que exista una mezcla lateral de las partículas (Figura 3.3).

3.2.3.2 Flujo turbulento

Este tipo de flujo se produce cuando la velocidad propiamente dicha es mayor que el valor crítico, y las partículas de agua se comportan en forma irregular originándose fuertes distorsiones en las líneas de corrientes y velocidades transversales que dan lugar a la formación de remolinos de agua con mezclas laterales de las partículas de movimientos y distorsiones más o menos pronunciados (Figura 3.3).

El paso del flujo laminar o turbulento se origina cuando la velocidad alcanza un determinado valor, que se determina por la ecuación de Reynolds (Allen, 1965).

$$R = \frac{V * l}{\mu} \quad (3.1)$$

Dónde:

R: número de Reynolds

l: largo para el sistema de flujo (m, Km)

V: La velocidad del flujo (m/seg).

μ : Viscosidad cinemática (cp.).

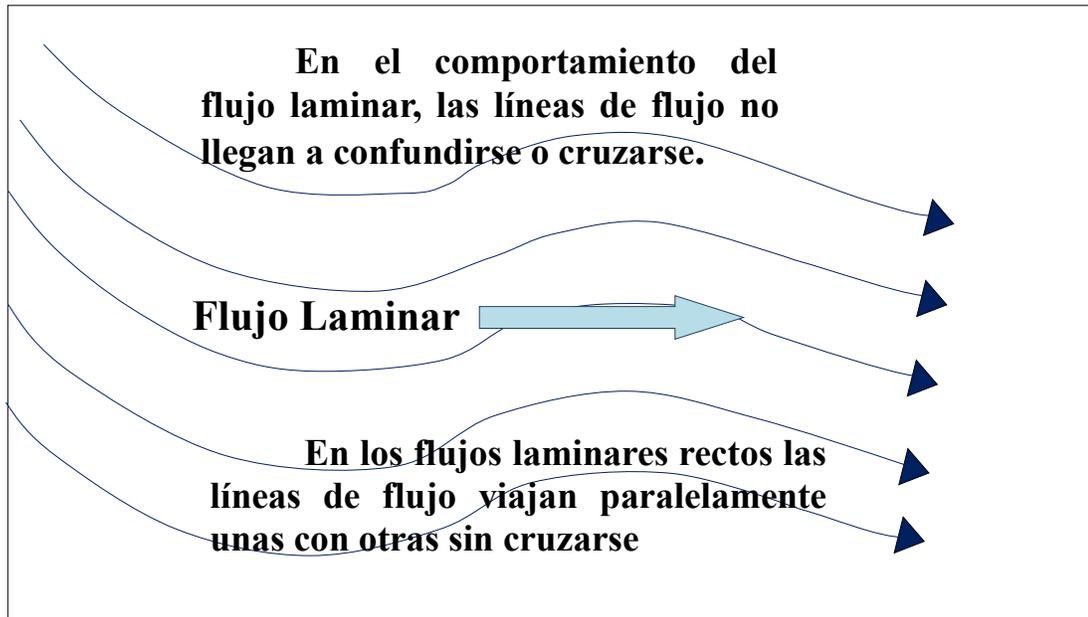


Figura 3.3 Representación del comportamiento de las líneas de corriente en un flujo laminar; F. Hjulstrom; (1956).

El flujo turbulento en canales abiertos está determinado por el número de Reynolds, en el rango de $500 < Re < 2000$ (Allen, 1977). En la figura 3.4 se observan los dominios del régimen de flujos para diferentes profundidades y velocidades; relacionando estas características a las condiciones de sedimentación y transporte de las partículas.

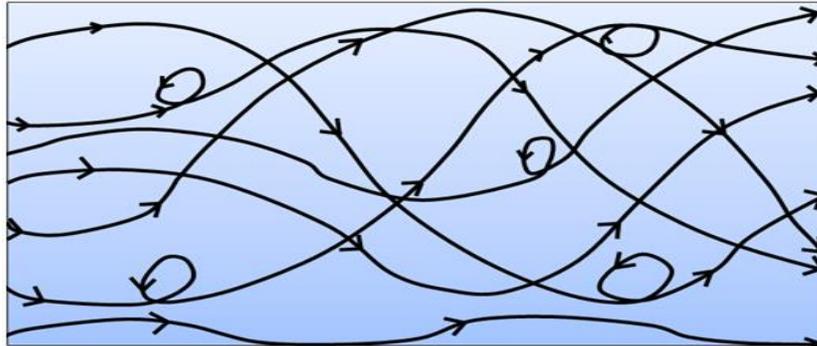


Figura 3.4 Representación del comportamiento de las líneas de flujo. En un flujo turbulento; F. (Hjulstrom; 1956).

3.2.4 Características de los depósitos fluviales

Los depósitos fluviales forman parte de una serie de sistemas depositacionales que pueden extenderse río abajo por la pendiente de deposición por cientos de kilómetros desde las montañas hasta las costas. El dominio de un sistema va a depender del clima, del gradiente y de la granulometría.

Un espectro de los procesos y productos del mismo se opera a través de ese medio ambiente (Callow y Petts, 1992; Fielding, 1992). Los depósitos de sistemas fluviales como canales entrelazados, meandros se distribuirán finalmente en el tiempo y el espacio (Callow y Petts, (1992); Fielding, (1992) en Silva, E. Alcalá, H. (2005)) (Figura 3.5).

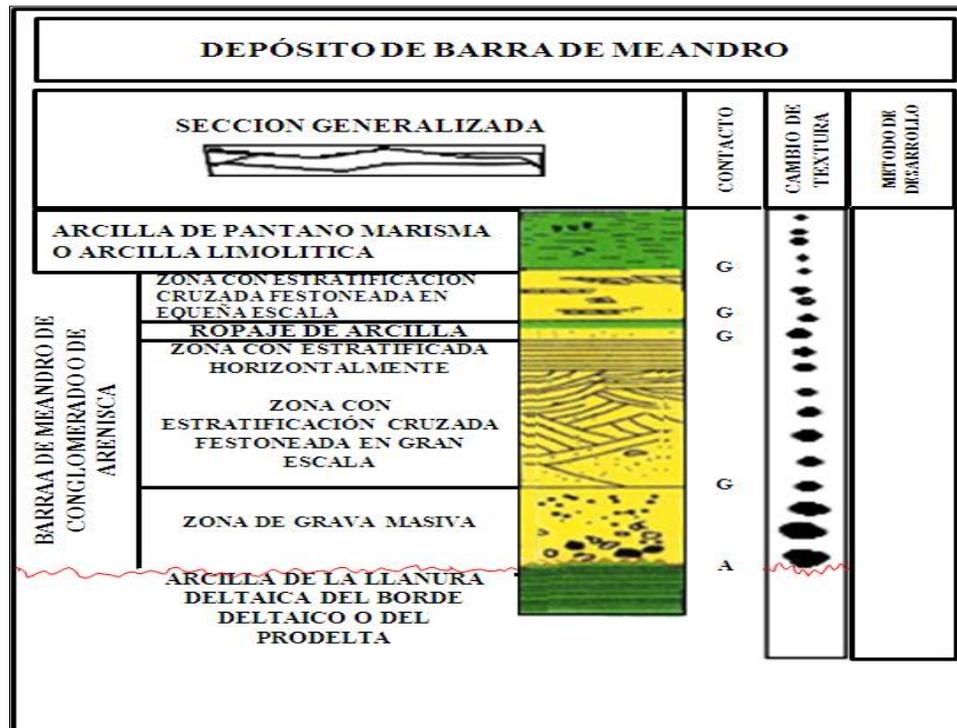


Figura 3.5 Características generales o facies en barras desarrolladas en Canales de corrientes meandriformes (Dewitt y Swanson, 1969).

3.2.4.1 Depósitos de corrientes entrelazadas

Son el resultado de la alternancia de las etapas de socavación por inundación y, posteriormente, del relleno de múltiples canales interconectados dentro de los límites del valle de un río. La estratificación cruzada (festoneada y tabular) de escala media a grande es la estructura más común en la parte basal de la secuencia; laminaciones y rizaduras que pueden ser observadas en las proporciones del depósito (Guzmán, J. 1992).

Los sedimentos típicos de estos depósitos son los provenientes de la saltación y tracción con el escogimiento pobre y moderado; grava, grava arenosa, arena, guijarros, arena gruesa y escasos limos y arcillas (Guzmán, J. 1992).

3.2.5 Clasificación morfológica de los canales fluviales

El estudio de numerosos ríos y sistemas fluviales, han demostrado que la geometría del canal de un río se encuentra clasificada en función de la sinuosidad de éste, y el número de canales activos simultáneamente. Los tres tipos morfológicos (Figura 3.6) son:

1. Canales rectilíneos
2. Canales entrelazados
3. Canales meandriforme

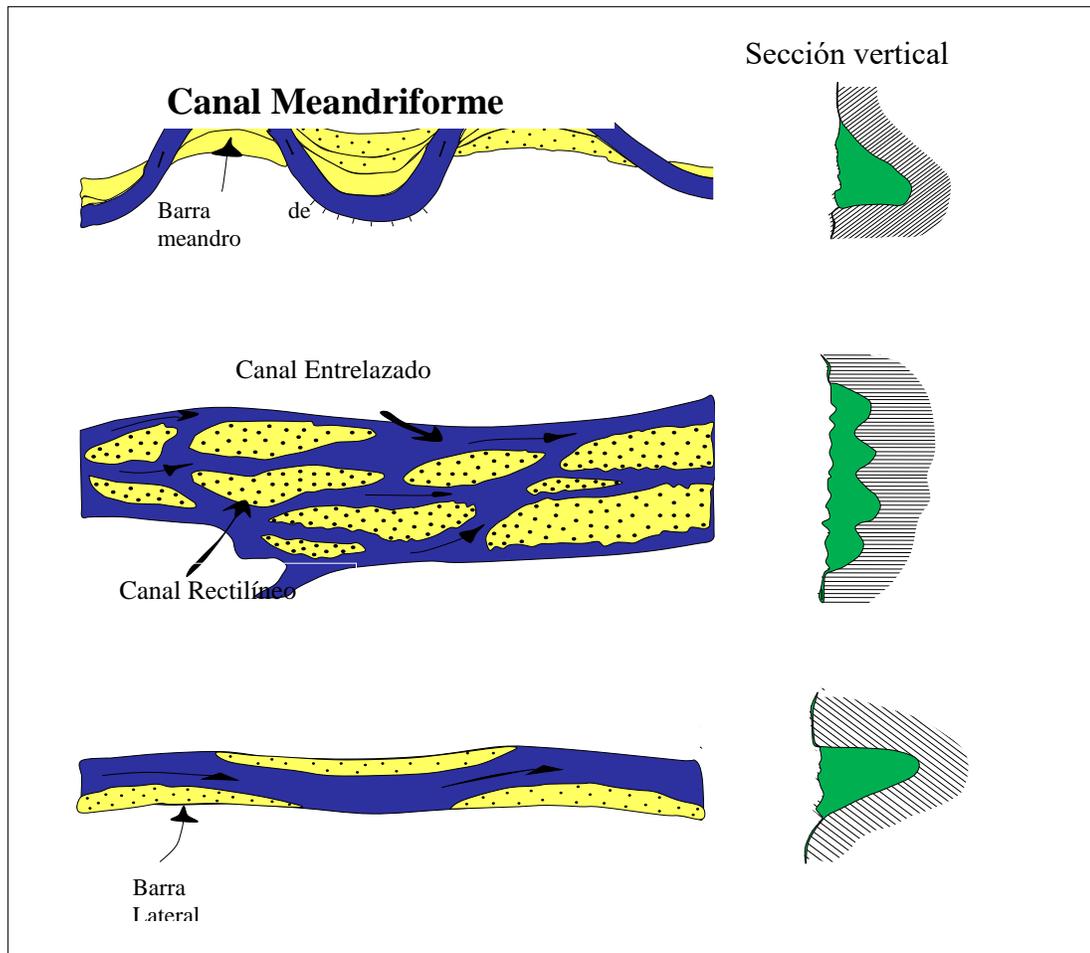


Figura 3.6 Tipos de canales y sus secciones verticales (Maill, 1978).

Esta clasificación es una simplificación de la realidad, puesto que existen todos los términos de transición entre estos tres tipos extremos. Sin embargo, para el estudio de los depósitos fluviales antiguos, esta diferenciación entre los tipos de canales constituye la base de los modelos conceptuales que permiten interpretar los depósitos (Maill, 1978).

En general, los depósitos en canales fluviales son del tipo entrelazados o meandriformes, los canales rectilíneos son relativamente raros y característicos de canales distributarios deltaicos (Maill, 1978).

De modo que un canal meandriforme está caracterizado por presentar una fuerte sinuosidad, así como también una mayor estabilidad morfológica (Maill, 1978).

3.2.6 Mecanismo de depósitos de canales meandriformes

Consiste en la migración lateral de los meandros, a través de la erosión en los márgenes cóncavos y la sedimentación en los márgenes convexos. Esto ocurre debido a la esorrentía que actúa hacia la orilla cóncava en lo que aumenta la velocidad de la corriente, tiende a erosionar la margen cóncava efectuándose al mismo tiempo la sedimentación en la margen convexa (Guzmán, J. 1992).

3.2.7 Mecanismo de depósitos de canales entrelazados

Con respecto a los canales entrelazados ellos presentan sedimentos granulares (arenas y gravas) sobre cohesivos (arcillas y limos) que confieren mayor inestabilidad, ya que en sus márgenes se deposita la arena la cual es fácilmente erosionable. Además su caudal es variable dando lugar a fluctuaciones de carga y descarga de los sedimentos (Guzmán, J. 1992).

3.2.8 Ambientes sedimentarios en sistemas meandriformes

Se caracteriza por depósitos que resultan de un sistema fluvial constituido por canales maduros de alta sinuosidad que migran lateralmente (Guzmán, J. 1992).

Con respecto a las características litológicas en una sedimentación fluvial meandriforme se tiene que está compuesto por arenas, limos y arcillas. Las arenas depositadas por corrientes unidireccionales son típicas de un sistema fluvial meandriforme (Guzmán, J. 1992).

Los principales minerales que predominan en este tipo de ambiente son el cuarzo, los feldspatos y las micas más o menos alteradas. Los cementos más comunes son la sílice o la calcita (Guzmán, J. 1992).

3.2.9 Clasificación de los sedimentos

Los sedimentos naturales están constituidos por una gran variedad de partículas que difieren entre sí en tamaño, forma y densidad. Desde el punto de vista de la resistencia que oponen a ser arrastrados y de su comportamiento al ser transportados por una corriente de agua, se distinguen primordialmente dos clases de sedimentos: cohesivos y no cohesivos. Sin embargo, hay sedimentos que muestran características mixtas, o sea, presentan a la vez cohesión y fricción interna (Chang, H 1988).

3.2.9.1 Sedimento no cohesivo

También denominado material granular, es el formado por granos gruesos o partículas sueltas, como las arenas y gravas. En los granos gruesos de los sedimentos o suelos, la fuerza de gravedad predomina fuertemente sobre cualquier otra fuerza, por ello todas las partículas gruesas tiene un comportamiento similar (Chang, H 1988)

Además, esto significa que el peso de las partículas es la fuerza principal que resiste las fuerzas de arrastre y sustentación, es decir el empuje de la corriente y dado

que la fuerza de gravedad siempre está presente, al disminuir o cesar la acción del agua, las partículas se detienen, caen y se depositan (Chang, H 1988).

3.2.9.2 Sedimento cohesivo

Es el formado por partículas de grano muy fino, constituidas por minerales de arcilla, que se mantienen unidas entre sí por la fuerza de cohesión, la cual se opone a que las partículas individuales sean separadas o arrancadas del conjunto del que forman parte. Esa fuerza de unión es considerablemente mayor que el peso de cada grano y es la que resiste a las fuerzas de arrastre y sustentación, causadas por el flujo de agua García, M. J. A. Maza. (1998).

3.2.10 Carga total de sedimentos

3.2.10.1 Carga de fondo

Está formado por el material del fondo que es transportado por la corriente, dentro de la capa de fondo, cuyo espesor, según Einstein, es igual a dos veces el diámetro de la partícula considerada. La capa del fondo, como su nombre lo indica, se encuentra justo arriba del lecho de un cauce (Chang, H 1988).

La carga de fondo depende de las características hidráulicas de la corriente y de las características físicas del material; por tanto si en dos ríos se tienen tramos semejantes y con idéntico material en el fondo, transportan las mismas cantidades de material del fondo bajo condiciones hidráulicas semejantes (Chang, H 1988).

3.2.10.2 Carga del fondo en suspensión o saltación

Está formado por el material del fondo del cauce que es transportado por la corriente en suspensión, es decir, dentro del seno del líquido arriba de la carga de fondo. El flujo debido a su velocidad y turbulencia, levanta las partículas del lecho y las mantiene en suspensión, aunque continuamente se produce un intercambio de partículas entre las que hay en la carga de fondo y las que se transportan en suspensión (Pravia, José 1987).

La concentración o número de partículas en suspensión disminuye cuando la turbulencia y velocidad de la corriente decrece. Cuando ocurre lo anterior, una cierta cantidad de partículas retorna al fondo. El material del fondo es granular en la mayoría de los ríos; es decir, está formado por partículas sueltas de arena, grava, etc. (Pravia, José 1987).

3.2.10.3 Carga de lavado o suspensión

Está formado por el material muy fino que es transportado en suspensión y que no se encuentra representado en el material del fondo del cauce. Al considerar una sección determinada, todo el material de lavado procede de los tramos de aguas arriba. Su origen se encuentra en el suelo de la cuenca erosionada por las gotas de lluvia, o bien, proviene en ocasiones de la erosión que el mismo río produce en sus márgenes (García, M. J. A. Maza., 1998).

El transporte de lavado depende de la cantidad de partículas finas que la cuenca aporta al río bajo la acción de una lluvia. Cuando se toma una muestra de agua en una corriente natural, se obtiene siempre la concentración relacionada al transporte en suspensión, ya que en ella puede haber material de lavado y partículas que proceden del fondo (García, M. J. A. Maza., 1998).

3.2.11 Escalas granulométricas

Una escala granulométrica es una subdivisión arbitraria de una sucesión esencialmente continua de tamaños en intervalos de clase (Pravia, José 1987).

Las razones de la subdivisión son fundamentalmente para:

- 1 - Simplificar los análisis estadísticos.
- 2 - Estandarizar la terminología sedimentológica.

Para que una escala granulométrica sea útil en estadística debe ser regular y sus términos deben mantener entre sí una relación simple. Las escalas lineales son de utilidad relativa en Sedimentología, pero en cambio las escalas geométricas se adecuan en la generalidad de los casos, ya que proporcionan unidades pequeñas para tamaños menores y unidades mayores para tamaños mayores (Pravia, José 1987).

3.2.12 Redondez de las partículas

La redondez, es la propiedad geométrica de las partículas que nos ayuda a interpretar por medio de un análisis morfológico, la historia geológica de los sedimentos, basándonos en la clasificación comúnmente usada como lo es la clasificación de Pettijohn (1980). Podemos resumir esta clasificación en lo siguiente (Figura 3.7):

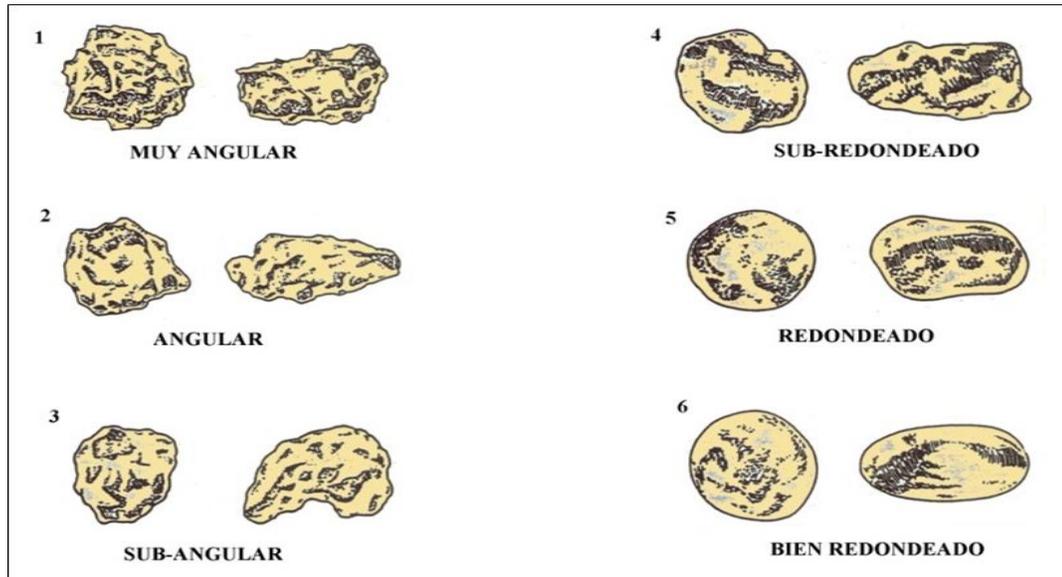


Figura 3.7 Forma y redondez de los granos (Modificado Redrawn, 1953).

3.2.12.1 Angulosos (0-0,15 mm): El desgaste se presenta muy poco o ninguno, siendo sus aristas y vértices agudos.

3.2.12.2 Sub-angulosos (0,15 - 0,25 mm): Muestran los efectos típicos del desgaste. Los fragmentos mantienen todavía su forma primitiva.

3.2.12.3 Sub-redondeados (0,25 - 0,40 mm): Muestran considerable desgaste, las aristas y los vértices están redondeados en curvas suaves y la superficie de las caras primitivas se encuentran bastante reducidas, pero se mantiene todavía la forma primitiva del grano.

3.2.12.4 Redondeados (0,40 - 0,60. mm): Caras originales completamente destruidas, pero todavía pueden presentar alguna superficie plana. Puede haber ángulos cóncavos entre caras remanentes. Todas las aristas y los vértices originales han sido pulidos hasta curvas suaves y amplias.

3.2.12.5 Bien redondeados (0,60 - 1,00 mm): Sin caras originales, sin aristas ni vértices, la superficie consta totalmente de curvas amplias, carece de áreas planas y de aristas secundarias. La forma original se reconoce por la forma actual del grano.

3.2.13 Sondeos

Los levantamientos batimétricos, denominados más comúnmente "sondeos", son en esencia mediciones de las profundidades existentes para el momento de su ejecución. Las profundidades se refieren al mismo datum que los niveles del agua; el nivel de aguas bajas para el canal del río (millas 42 - 184) y el nivel de baja mar medio viva (millas 0 - 42) (Meneses, S 1980).

En general se clasifican de la siguiente manera:

3.2.13.1 Patrulla del Canal

La patrulla del canal es un sondeo ejecutado a todo lo largo del canal, según tres líneas paralelas, una por el centro del canal de navegación y dos laterales, ubicadas aproximadamente sobre las líneas demarcadas por las boyas.

La patrulla del canal es el elemento clave para el mantenimiento de las profundidades existentes a todo lo largo del canal (148 millas náuticas) (Meneses, S 1980).

3.2.13.2 Sondeos de Control

Los sondeos de control son mediciones de las profundidades existentes en las zonas críticas determinadas por la patrulla del canal (Meneses, S 1980).

Estos sondeos se efectúan con mayor precisión y en mayor detalle que los relacionados con la patrulla del canal y además verifica los datos obtenidos durante la patrulla del canal, sirven de base para el establecimiento de orden, prioridad de las zonas a dragar (programa de dragado) y las características individuales de cada operación de dragado (directiva de dragado). Siguen líneas transversales al canal o radiales espaciadas aproximadamente 40 Mts. en el eje del canal (Meneses, S 1980).

3.2.13.3 Sondeos de Pre y Post-dragado

Los sondeos de pre y post dragado son mediciones de las profundidades efectuadas poco antes y después de cada trabajo de dragado. La comparación de ambos sondeos permite determinar los volúmenes dragados y el rendimiento de las dragas. El sondeo de post-dragado es un elemento de comprobación del trabajo efectuado y su resultado define la correcta ubicación del canal y por ende, de las señales de navegación (Meneses, S 1980).

3.2.13.4 Sondeos de Costa a Costa

Los sondeos de Costa a Costa son mediciones de profundidades efectuadas a todo lo ancho del río siguiendo los brazos por donde pasa el canal de navegación. Su objeto es detectar cualquier posible variación de las condiciones generales del río que puedan afectar el canal y suministrar la información necesaria para la actualización de las cartas náuticas (Meneses, S 1980).

Las líneas de sondeos son transversales o radiales al canal, espaciadas 90 Mts. aproximadamente en el eje del canal (Meneses, S 1980)

3.2.13.5 Sondeos de Avances del dragado

Los sondeos de avances de dragado son mediciones de las profundidades existentes en las zonas en que se está dragando. Permiten conocer el avance alcanzado con el dragado ya efectuado y programar al que falta por hacer (Meneses, S 1980).

Su precisión es similar a la de los sondeos de control y las líneas de sondeos pueden ser longitudinales o transversales al canal. La experiencia obtenida en el mantenimiento del canal de navegación ha demostrado que el río Orinoco, es muy regular tanto en su ciclo hidrológico como en su régimen de sedimentación (Meneses, S 1980).

3.2.14 Nivel del río

Comúnmente se denomina "Nivel del Río o Altura del Río" la distancia comprendida entre la superficie del río y el Datum del Nivel de Agua Baja. A Los efectos de navegación, resulta más práctico expresar estas distancias en pies.

El nivel del río se mide mediante una red de Linógrafos instalados a todo lo largo del canal.

Estos aparatos registran en cada estación el nivel del río durante las 24 horas y funcionan automáticamente durante un periodo de un mes, sin embargo por la vital importancia que reviste esta información, las bandas de papel de registro son cambiadas cada 15 días (Pravia, José 1987).

3.3 Dragas

Es una máquina usada para las excavaciones, de la superficie de la tierra cubierta de agua, con el fin de profundizar o limpiar de fango, arena, grava, y rocas una determinada área (Tippet, Abbet, McCarty y Statton, 1970).

3.3.1 Dragas hidráulicas

Su principal característica es que la mezcla suelo-agua es succionada y transportada por un sistema de bomba centrífuga. En consecuencia, el suelo es mezclado con agua para luego ser succionado y transportado por la bomba centrífuga. A continuación se describe brevemente algunos tipos de dragas hidráulica (Tippet, Abbet, McCarty y Statton, 1970).

3.3.2 Dragas de tolva

De acuerdo a trabajos realizados en el Instituto Nacional de Canalizaciones (I.N.C), las dragas de tolvas se caracterizan por ser, embarcaciones de dragado autopropulsadas, usadas en medianos y grandes proyectos, mezclando grandes volúmenes de agua con sedimentos para formar una mezcla, la cual es succionada del fondo y bombea a través de una bomba centrífuga hasta las tolvas para el transporte del material dragado a lugares alejados, mediante sistemas de bote de fondo (Válvulas o compuertas) o por tuberías de conducción a tierra.

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 en operación, debido a su capacidad de alojamiento de tripulación y almacenamiento de combustible, aguas y víveres, lo que le da gran

autonomía y evita los retornos frecuentes a tierra. (Tippet, Abbet, McCarty y Statton, 1970).

3.3.3 Componentes del sistema

En vista de la alta inversión que representa una draga de tolva es altamente necesario una eficiencia explotación de estas unidades, considerando los sistemas componentes como un todo, para lo cual estas dragas según la Dirección de Proyectos e Investigación del I.N.C, esta se puede dividir en dos componentes principales:

a) Los equipos de dragado y su interrelación constituidos por cabezal de rastra, boca de succión y tubería de succión, las bombas de dragado, motores de dragado y demás sistemas de accionamiento y tuberías de impulsión o descarga.

b) La tolva o cántara y sistema de descarga (compuertas o válvulas)

3.3.4 Funcionamiento

El principio del funcionamiento de la draga de succión en marcha puede dividirse en cuatro partes fundamentales, las cuales se ejecutan mediante propulsión propia:

- 1 – Dragado de mantenimiento y carga de tolva.
- 2.- Transporte hasta la zona de bote
3. –Descarga de material en la zona de bote
- 4.-.Retorno al lugar de dragado

3.4 Mantenimiento actual del canal mediante operaciones de dragado

El mantenimiento actual del canal se ejecuta tomando en consideración los cambios hidrodinámicos que experimenta el río durante sus distintos períodos hidrológicos que se suceden anualmente; los cuales son:

- a) Aguas bajas (Enero- Abril)
- b) Aguas medias ascendentes (Mayo- Julio)
- c) Aguas altas (Agosto- Septiembre)
- d) Aguas medias (Octubre- Diciembre)

Es importante resaltar, que uno de los períodos que representa la mayor trascendencia en cuanto al mantenimiento se refiere, es las aguas medias descendentes, debido a que durante el transcurso del mismo, se presenta la mayoría de las variaciones de la vaguada en aquellos sectores que por su profundidad y gran acumulación de sedimentos se consideran críticos.(I.N.C 1997)

3.5 Pendiente hidráulica

Los procesos de erosión y sedimentación del lecho, bancos de arena y riveras del Orinoco, depende en alto grado de la velocidad de la corriente, la cual a su vez está influenciada por la pendiente longitudinal del río (Pravia José, 1987).

3.6 Patrones de flujo

La variación del patrón de flujo en el área de estudio está determinada por la influencia de la descarga del río y sus tributarios, la manera y el efecto del oleaje local que se genera por la acción del viento. (Pravia José, 1987)

3.7 Radio hidráulico

Para la determinación del radio hidráulico (Pravia José, 1987): se fundamenta en la siguiente fórmula:

$$R_h = A/p_m \quad (3.14)$$

Dónde:

R_h (radio hidráulico): es la relación entre el área hidráulica y el perímetro mojado

A (área): es el área de la sección transversal del flujo, tomada normalmente a la dirección del flujo.

P_m (perímetro mojado): es la longitud de la línea que es interface entre el fluido y el contorno del canal

3.8 Bases Legales

Del mismo modo, tomando en cuenta alguna de los lineamientos establecidos en la “Constitución de la República Bolivariana de Venezuela” en relación a la conservación y preservación del medio ambiente, inclusive en el contexto de la realización de actividades mineras, a continuación se citaran textualmente los artículos relacionados con los Derechos Ambientales:

3.8.1 Artículo 127

“Es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda persona tiene derecho

individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. El estado protegerá el ambiente, la diversidad biológica, los recursos genéticos, los procesos ecológicos, los parques nacionales y monumentos naturales y demás áreas de especial importancia ecológica. El genoma de los seres vivos no podrá ser patentado, y la ley que se refiera a los principios bioéticos regulará la materia.

Es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación, en donde el aire, el agua, los suelos, las costas, el clima la capa de ozono, las especies vivas, sean especialmente protegidos de conformidad con la ley”.

3.8.2 Artículo 129

“Todas las actividades susceptibles de generar daños a los ecosistemas deben ser previamente acompañadas de estudios de impacto ambiental y sociocultural. El estado impedirá la entrada al país de desechos tóxicos y peligrosos.

Así como la fabricación y uso de armas nucleares, químicas y biológicas. Una ley especial regulará el uso, manejo, transporte y almacenamiento de las sustancias tóxicas y peligrosas.

En los contratos que la Republica celebre con personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, o en los permisos que se otorguen, que se afecten los recursos naturales.

Se considerará incluida aun cuando no estuviese exprese, la obligación de conservar el equilibrio ecológico, de permitir el acceso a la tecnología y la transferencia de la misma en condiciones mutuamente convenidas y de restablecer el ambiente a su estado natural si éste resultare alterado, en los términos que fije la ley”.

De acuerdo con la “Ley Orgánica del Ambiente”, el Presidente de la República, conjuntamente con los ministros, serán los encargados de suministrar los estatutos en cuanto a la preservación del ambiente y de establecer de la misma manera sanciones correspondientes a la violación de las leyes a este respecto, tal como puede leerse en el artículo 10 de dicha ley.

3.8.3 Artículo 10

“el presidente del consejo nacional del ambiente será del libre nombramiento y remoción por el Presidente de la República”

En el caso específico de la protección y conservación de las aguas en el Estado venezolano;

Se promulgo la “Ley de Aguas”, la cual tiene como principal objeto establecer las disposiciones que rigen la gestión integral de las aguas, como elemento indispensable para la vida, el bienestar humano y el desarrollo sustentable del país, y es de carácter estratégico e interés del Estado, tal como se evidencia en el artículo 10 de dicha ley el cual hace referencia a la preservación y aprovechamiento responsable del recurso de agua.

3.8.4 Artículo 10 de la “Ley de Aguas”

Conservación y aprovechamiento sustentable. “La conservación y aprovechamiento sustentable de las aguas tiene por objeto garantizar su protección, uso y recuperación, respetando el ciclo hidrológico, de conformidad con lo establecido en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, en esta ley y en las demás normas que la desarrollen”.

3.9 Definición de términos básicos

3.9.1 Geología

El concepto de geología proviene de dos vocablos griegos: geo (“*tierra*”) y logos (“*estudio*”). Se trata de la ciencia que analiza la forma interior y exterior del globo terrestre. De esta manera, la geología se encarga del estudio de las materias que forman el globo y de su mecanismo de formación. También se centra en las alteraciones que estas materias han experimentado desde su origen y en el actual estado de su colocación.

3.9.2 Ingeniería Geotécnica

Rama de la ingeniería civil e ingeniería geológica que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles de los materiales provenientes de la Tierra. (Bowles J.E, 1981.)

3.9.3 Características Geotécnicas

Para clasificar y conocer el comportamiento geotécnico de una roca, es necesario introducir métodos de ensayo y definir parámetros que constituyen los índices de las propiedades que caractericen dicho cuerpo (Bowles J.E, 1981.).

3.9.4 Caudal

Aguas que entran en las corrientes procedentes de fuentes persistentes que varían lentamente y mantiene el flujo de la corriente entre los lechos de entrada de agua. (Macabril, M. y Serrano, A. 2010).

3.9.5 Erosión fluvial

Producto de la acción lineal o vertical del flujo concentrado de corrientes de agua. (Macabril, M. y Serrano, A. 2010).

3.9.6 Suelo

Desde el punto de vista de la ingeniería, es el sustrato físico en el que se realizan las obras, del que importan las propiedades físico-químicas, especialmente las propiedades mecánicas. Desde el punto de vista ingenieril se diferencia del término roca al considerarse específicamente bajo este término un sustrato formado por elementos que pueden ser separados si un aporte significativamente alto de energía. (Macabril, M. y Serrano, A. 2010).

3.9.7 Suelo transportado

Suelo que se forma en depósitos no consolidados. (Macabril, M. y Serrano, A. 2010).

3.9.8 Sedimentos

Materia que, habiendo estado suspendido en un líquido, se posa en el fondo. (Macabril, M. y Serrano, A. 2010).

3.9.9 Transporte y acumulación de sedimentos

El mecanismo fundamental que rige el transporte de sedimento, 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. Cuando esta fuerza es superior a la resistencia de fricción e inercia de las partículas, estas se pondrán en movimiento (Allen, G. 1988).

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.

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 (Allen, G. 1988).

3.9.10 Sedimentos recientes

Son muestras que se toman con el fin de reconocer los rasgos sedimentológicos de la zona (tamaño de granos y forma de las partículas) así como también la procedencia de las partículas sedimentarias y a su vez para conocer los elementos predominantes en estos sedimentos por medio de análisis químicos (Departamento de Geotecnia, Universidad de Oriente, 2004).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

A continuación se exponen los aspectos referidos a satisfacer las necesidades al análisis y el diseño de la investigación utilizada para el desarrollo del presente estudio, por lo cual, se indica el tipo de estudio que se desarrollara, la caracterización de la muestra, instrumentos de recolección de datos, y por último el procedimiento a utilizar para el desarrollo del estudio.

4.1 Tipo de investigación

Según el método, técnica y procedimiento utilizado en la ejecución de este trabajo de investigación, se define el diseño como: Aplicada, Descriptiva y de Campo.

Según el propósito de la investigación es:

Aplicada: (Sabino, P. 2000), define la investigación Aplicada “como un conocimiento que permite obtener los insumos necesarios para proceder luego a la acción que persigue fines concretos, inmediatos de carácter utilitario”. La investigación es de tipo Aplicada debido a que surge la necesidad de realizar un análisis para el estudio de las características geológicas, y geotécnicas de la zona Guarguapo, Municipio Sotillo del Estado Monagas.

Según el nivel de conocimiento buscado, la investigación es:

Descriptiva: (Hernández, L. 2006), define la investigación Descriptiva como “estudio descriptivo que busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de los fenómenos que se sometan a un análisis”. La investigación es tipo

Descriptiva, por que la solución a los problemas planteados se basara en la descripción y análisis de muestras in situ.

Según la estrategia usada, la investigación es:

De campo: (Arias, A. 2001), determinar que “consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna”. Con respecto al trabajo actual, es de Campo ya que está basada en inspecciones de forma directa al área y del mismo modo documentación en campo de las características geológicas y geotécnicas.

4.2Diseño de investigación

Para el desarrollo de este trabajo de investigación se emplearan los siguientes procedimientos:

Conocimiento del área de estudio: se llevara a cabo una investigación preliminar de la estabilización de un tramo del río Orinoco, Municipio Sotillo del Estado Monagas, con el fin de conocer la tasa de sedimentos y sus características, para de esta manera facilitar el muestreo en campo y optimizar el proceso de recolección de muestras.

Formulación de los objetivos generales y específicos de la investigación: consiste en identificar cuáles son las metas alcanzables en el desarrollo del proyecto.

Investigación bibliográfica y de normativas legales: se recurrió a investigaciones anteriores, documentación de parámetros hechos por la empresa CVG Tecmin y se revisaron las normativas legales que pudieran estar vinculados con la investigación a fin de obtener bases teóricas que sustenten la elaboración del Proyecto.

4.3 Población de la Investigación

Para efectos de esta investigación se considera la definición de población establecida por (Hernández, L. 2006), quien afirma que la población “es el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones”.

Para este caso la Población estará conformada por la alta tasa de sedimentos cada 500 metros del tramo del río Orinoco, en el sector Guarguapo, Municipio Sotillo, del Estado Monagas.

4.4 Muestra de la investigación

(Hernández, L. 2006), define la muestra como “subconjunto de la población del cual se recolectan los datos y debe ser representativa de la población”. En nuestro caso se estudiaron 5 muestras que corresponden a la zona de Guarguapo, sector 1, Hato “Guarguapo”, en el tramo del río Orinoco de la milla 166,0 a la milla 170,8.

4.4.1 Flujograma de la investigación

La Figura 4.1 describe cada una de las etapas de la investigación que se llevó a cabo en el sector Guarguapo del canal del río Orinoco.

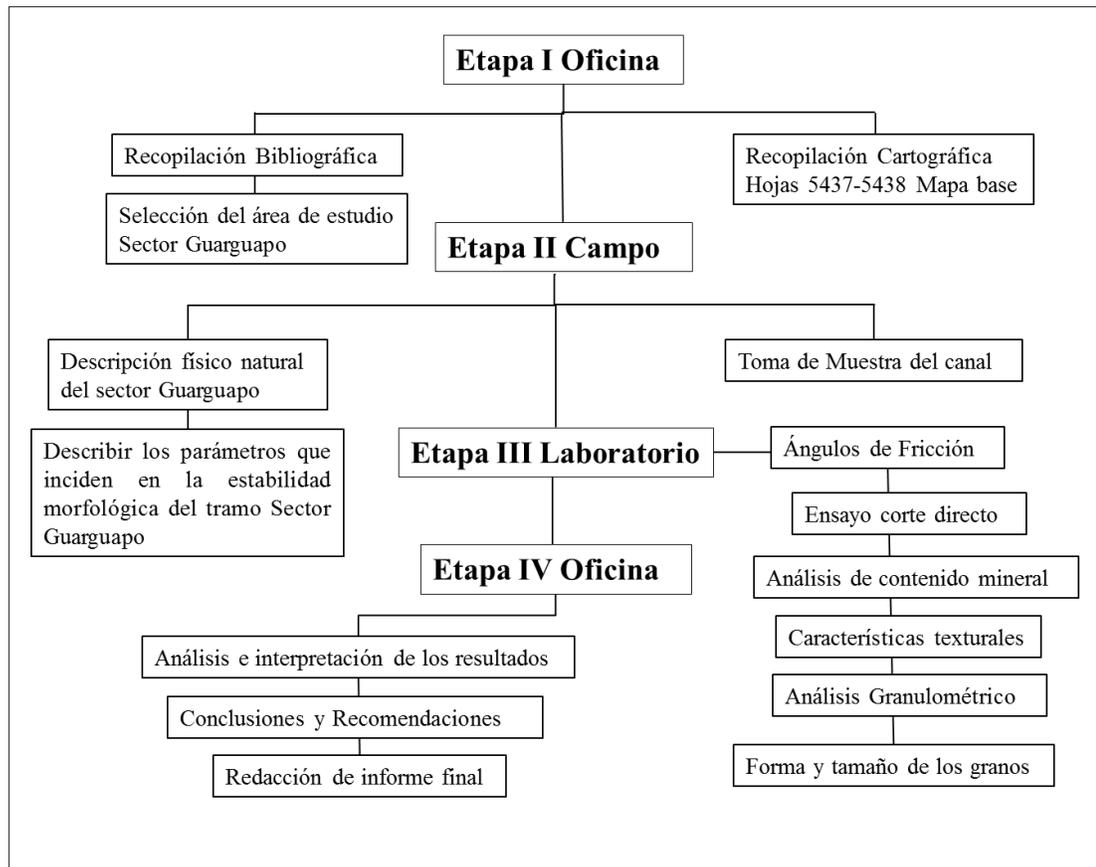


Figura 4.1 Flujograma de actividades

4.4.1.1 Etapa I Oficina

La etapa de oficina comprende las siguientes etapas del proyecto:

✓ Recopilación Bibliográfica: se realizó la recopilación de informes técnicos, trabajos de grado, publicaciones referentes al tema específicamente relacionados al estudio de tasa de transporte de sedimentos de canal.

✓ Selección del área de estudio: el área de estudio seleccionado es el Sector Guarguapo del canal de navegación del río Orinoco.

✓ Recopilación Cartográfica: para el área de estudio se consideraron las hojas de cartografía nacional hojas 5437 y 5438 como Mapa base para la elaboración de los mapas del área de estudio.

4.4.1.2 Etapa II Campo

La etapa de Campo comprende las siguientes etapas del proyecto:

✓ Descripción físico natural del Sector Guarguapo: la descripción físico natural comprendió un estudio de las características Geológicas, vegetal, hidrológica y climática del área de estudio.

✓ Describir los parámetros que inciden en la estabilidad morfológica del tramo Sector Guarguapo: para esta descripción se consideraron datos suministrados por el Instituto Nacional de Canalización Gerencia Canal del Orinoco, Sector Guarguapo: datos de niveles, velocidad media, gasto liquido de la sección de aforo entre otros.

✓ Toma de muestra: se realizo toma de muestra del canal (10 muestras) a las cuales se realizaron los análisis correspondientes en el laboratorio de Geotecnia de la Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Oriente.

4.4.1.3 Etapa III Laboratorio

La etapa de Laboratorio comprende las siguientes etapas del proyecto:

- ✓ Análisis de Angulo de fricción
- ✓ Ensayo de corte directo
- ✓ Análisis de contenido mineral

- ✓ Características texturales
- ✓ Análisis Granulométrico
- ✓ Forma y tamaño de grano

4.4.1.4 Etapa VI Oficina

La etapa de Oficina comprende las siguientes etapas del proyecto:

- ✓ Análisis e interpretación de los resultados: una vez obtenidos los resultados de laboratorio se procede a los cálculos y determinar los análisis e interpretación de los resultados que se discutirán en el Capítulo V de la investigación.

- ✓ Conclusiones y recomendaciones: se obtienen los resultados de la investigación, dando respuesta a cada uno de los objetivos planteados dentro de la propuesta y se establecen sugerencias para futuras investigaciones.

- ✓ Elaboración de Mapas Topográficos: de acuerdo a los datos suministrados por Instituto Nacional de Canalización Gerencia Canal del Orinoco, Sector Guarguapo, y mediante la aplicación de software AutoCad se digitalizaron los mapas topográficos del área de estudio las cuales comprenden cuatro sectores; 5437-5437 A, 5438-5438 A.

CAPITULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Caracterizar físico naturalmente el área de estudio

El área en estudio comprende el sector Guarguapo, específicamente desde la milla 165 hasta 178 del canal de navegación del río Orinoco. Cabe destacar que esta zona el río presenta un estrechamiento natural y se caracteriza por presentar un caudal de tipo entrelazado en el área de estudio sector Guarguapo: la vegetación es de tipo boscosa tropical con abundantes gramíneas y árboles de entre 4-10 metros de altura, clima tropical, presentando temperaturas de 28°C a 36°C y caracterizado por dos estaciones, Inviernos de bajas temperatura 28°C y verano altas temperaturas 36°C.

Dicha área se caracteriza por presentar geológicamente: Sedimentos Recientes, Formación Mesa y Provincia Geológica de Imataca:

5.1.1 Sedimentos Recientes

Los sedimentos recientes constituyen las planicies aluviales y las áreas de máxima inundación del río Orinoco y ríos contiguos, cuya edad corresponde al período Cuaternario o Reciente. Todos aquellos elementos producto de los procesos erosivos, del intemperismo y disgregación, provenientes de los materiales constituyentes de la Formación Mesa y rocas aflorantes, son considerados como sedimentos recientes.

Estos materiales debido a procesos de transporte, son depositados en los cauces de los ríos y su gradación está determinada por el caudal. Generalmente los sedimentos recientes están constituidos por materiales aluviales como: arenas, limos y arcillas. La existencia de estos elementos a lo largo del río, depende de gran parte, de la energía del ambiente de deposición, por lo que pudieran encontrarse, extensas playas interdigitadas de arenas micáceas y arenas limolíticas con tendencia a arcillosas, con espesores variables de 0,0 m a 7,0 m. Estos materiales, ocupan parte del fondo del canal y, en ocasiones, forman una franja paralela al curso del canal activo del río Orinoco (González de Juana, 1980).

5.1.2 Formación Mesa

La Formación Mesa del Plioceno-Pleistoceno es interpretada de un origen debido a depósitos fluvio-deltáicos, producto de un extenso delta que avanza hacia el Este, así como avanza el delta del río Orinoco en la actualidad. Litológicamente, la Formación Mesa va a estar constituida por capas de arena no consolidada y con intercalaciones de arcillas, así como también limos, arenas moteadas con óxido de hierro y areniscas con variedades de color (González de Juana et al., 1980).

5.1.3 Provincia Geológica de Imataca (PI)

La Provincia Geológica de Imataca (PI) está litológicamente compuesta por gneises graníticos y granulitos félsicos (60% -75%), anfibolitas y granulitas máficas, y hasta ultramáficas (15%-20%) y cantidades menores complementarias de formaciones bandeadas de hierro (BIF), dolomitas, charnockitas, anortositas y granitos intrusivos más jóvenes y remanentes erosionales menos metamorfizados CRV-TTG gnéísicos (El Tomo-Real Corona) todos presentes en la evolución geotectónica del Escudo de Guayana (EG). Estas rocas representan la porción más antigua, conocida en la parte norte del Escudo de Guayana (EG), y se les asigna una

edad precámbrica de más o menos 3.400 millones de años; además infrayace discordantemente a la Formación Mesa (Mendoza, 1974).

5.2 Describir los parámetros que inciden en la estabilidad morfológica del tramo sector Guarguapo del río Orinoco en estudio

Para este análisis fue necesaria la utilización de los planos batimétricos del Instituto Nacional de Canalización Gerencia Canal del Orinoco, sector Guarguapo lo cual abarca un tramo de 7.7 km que se dividieron en un total de 25 secciones transversales.

En las secciones transversales que se encuentran se dividieron en cuatro secciones las cuales comprenden las hojas de Cartografía Nacional: 5437 y 5438, las cuales se organizaron como 5437-5437 A, 5438-5438 A.

En las secciones transversales, 5437 abarca un tramo de 3.8 km con una sección transversal desde 210-244 (7 secciones transversales) Anexo N° 1, y 5437 A abarca un tramo de 3.6 km con una sección transversal de 206-241(7 secciones transversales) se observan que en el centro del canal se ubican sus profundidades mayores, con hasta unos 47 mts de profundidad respectivamente.

En las secciones transversales 5438 abarca un tramo de 4.1 km con una sección transversal de 245-251 y 252-282 (7 secciones transversales) Anexo N° 2, y 5438 A abarca un tramo de 3.5 km con una sección transversal de 240-259 (4 secciones transversales) Anexo N° 3, presentan desde zona norte hasta el centro del canal se ubican sus profundidades mayores de hasta unos 20mts de profundidad.

En las tablas 5.1 se tienen los Datos de niveles, velocidad media, gasto líquido de la sección de aforos en el sector Guarguapo en las secciones transversales, 5437 abarca un tramo de 3.8 km con una sección transversal desde 210-244. Se consideró el periodo de 01/06/1997 hasta 31/10/2004, datos facilitados por Instituto Nacional de Canalización Gerencia Canal del Orinoco, sector Guarguapo

Tabla 5.1 Datos de niveles, velocidad media, gasto líquido de la sección de aforos en el sector Guarguapo

Periodo	Fecha	Hora	Fuente de Información	Número Sección	Sección	Milla de Ubicación	Sector	Gasto Líquido (m ³ /seg)	Velocidad Media	Altura del Río en palas	Nivel Medio (mts)
AMA	01/06/1997	13:26	INC 2-1997	9	Mucura Norte	167,9	Guarguapo	20.918,28	0,91	5,45	4,95
AMA	02/06/1997	09:45	INC 2-1997	3	Mucura Sur	167	Guarguapo	12.281,87	0,68	5,55	5,1
AMA	02/06/1997	06:24	INC 2-1997	10	San Roque	166,3	Guarguapo	33.316,47	0,82	5,35	5,2
AB	07/04/1998	09:00	INC 1-1998	10	San Roque	166,8	Guarguapo	4.339,45	0,13	1,25	1,01
AD	13/12/1998	14:42	INC 1-1998	8	Mucura Sur	167	Guarguapo	8.998,91	0,5	4,6	4
AD	13/12/1998	12:44	INC 4-1993	9	Mucura Norte	167,9	Guarguapo	15.287,96	0,66	4,6	4,05
AD	13/12/1998	09:00	INC 4-1999	10	San Roque	166,8	Guarguapo	27.949,42	0,69	4,6	4,05
AB	29/04/1999	14:50	INC 1-1999	9	Mucura Norte	168,3	Guarguapo	16.576,30	0,75	4,93	4,4
AB	29/04/1999	11:55	INC 1-1999	10	San Roque	166,8	Guarguapo	31.264,04	0,8	4,93	4,4
AMD	13/12/1999	14:40	INC 4-1999	9	Mucura Norte	167,9	Guarguapo	20.363,55	0,89	4,73	4,3
AMD	13/12/1999	12:35	INC 4-1999	8	Mucura Sur	167	Guarguapo	9.191,34	0,52	4,73	4,28
AMD	13/12/1999	10:32	INC 4-1999	10	San Roque	166,3	Guarguapo	26.239,23	0,65	4,73	4,32
AB	01/04/2000	14:25	INC 1-2000	8	Mucura Sur	167	Guarguapo	4.043,97	0,36	1,56	1,25
AB	01/04/2000	11:35	INC 1-2000	9	Mucura Norte	167,9	Guarguapo	6.445,09	0,52	1,56	1,26

Tabla 5.2 Continuación de la tabla 5.1 datos de niveles, velocidad media, gasto líquido de la sección de aforos en el sector Guarguapo

Período	Fecha	Hora	Fuente de Información	Número Sección	Sección	Milla de Ubicación	Sector	Gasto Líquido (m3/seg)	Velocidad Media (m/seg)	Altura del Río en Palua	Nivel Medio (mts)
AB	01/04/2000	09:23	Inc 1-2000	10	San Roque	166,8	Guarguapo	13760,2	0,41	1,56	1,26
AMA	01/4/2000 15/06/2000	12:35	Inc 2-2000	10	San Roque	166,8	Guarguapo	58.503,20	1,25	8,63	7,7
AMA	15/06/2000	10:50	Inc 2-2000	8	Mata M	167	Guarguapo	21.763,88	1,08	8,63	7,7
AMA	13/06/2000	08:50	Inc 2-2000	9	Mata M	167,9	Guarguapo	36.662,20	1,18	8,63	7,7
AA	14/09/2000	13:26	Inc 3-2000	9	Mata M	167,9	Guarguapo	31.945,36	0,87	10,17	9,2
AA	14/09/2000	13:23	Inc3-2000	8	Mata M	167	Guarguapo	19.643,52	0,81	10,17	9,15
AA	14/09/2000	10:20	Inc3-2000	10	San Roque	166,8	Guarguapo	53.165,52	1,03	10,17	9,15
AMD	21/12/2000	13:35	Inc 4-2000	8	Mata M	167	Guarguapo	10.137,67	0,67	3,9	3,5
AMD	21/12/2000	13:55	Inc4-2000	9	Mata M	169,7	Guarguapo	15173,36	0,69	3,9	3,35
AMD	21/12/2000	11:50	Inc 4-2000	10	San Roque	166,8	Guarguapo	27388,75	0,72	3,9	3,7
AB	28/03/2001	09:03	Inc1-2001	9a	Mata M	167,9	Guarguapo	7.228,34	0,39	4,24	3,8
AB	28/03/2001	07:09	Inc1-2001	10	San Roque	166,8	Guarguapo	14.462,53	0,41	4,24	3,8
AMA	03/07/2001	13:10	Inc 2-2001	10	San Roque	166,8	Guarguapo	34363,42	0,79	6,81	6,1
AA	04/09/2001	11:50	Inc 3-2001	10	San Roque	166,8	Guarguapo	44.155,47	0,38	7,93	7,2
AA	04/09/2001	09:35	Inc 3-2001	9	Mata M	167,9	Guarguapo	29.686,21	0,87	7,93	7,55

Tabla 5.3 Continuación de la tabla 5.2 datos de niveles, velocidad media, gasto líquido de la sección de aforos en el sector Guarguapo

Periodo	Fecha	Hora	Fuente de Información	Número Sección	Sección	Milla de Ubicación	Sector	Gasto Líquido (m3/seg)	Velocidad Media (m/seg)	Altura del río en Palua	Nivel medio (mts)
AMD	02/12/2001	09:45	INC 4-2001	10	San Roque	166,8	Guarguapo	29.729,83	0,73	4,41	4,1
AB	26/03/2002	15:05	INC 1-2002	10	San Roque	166,8	Guarguapo	16.537,09	0,53	1,7	1,5
AMD	06/07/2003	12:30	INC 2-2003	10	Guarguapo	166	Guarguapo	45.316,00	1,01	8,09	7,7
AA	21/08/2003	02:00	INC 3-2003	10	Guarguapo	166	Guarguapo	49232,7	0,95	10,58	9,5
AA	31/08/2003	03:15	INC 4-2003	10	Guarguapo	166	Guarguapo	44328,43	0,93	10,73	9,7
AA	15/01/2004	15:00	INC 1-2004	10	Manganeso	175,3	Guarguapo	10.889,28	0,35	3,3	3,08
AA	16/01/2004	07:40	INC 1-2004	10	Milla 166.0	166	Guarguapo	12.376,41	0,35	3,19	2,34
AB	03/04/2004	03:20	INC 2-2004	10	Manganeso	175,3	Guarguapo	10.262,63	0,4	1,54	1,3
AB	03/04/2004	11:40	INC 2-2004	10	Guarguapo	166	Guarguapo	13236,15	0,36	1,54	1,2
AA	31/10/2004	03:15	INC 5-2004	10	Milla 166.0	166	Guarguapo	44323,43	0,93	8,13	7,29

Una vez obtenidos los datos de niveles, velocidad media, gasto, líquido de la sección de aforos en el sector Guarguapo, se consideraron los Niveles Promedios máximos y mínimos durante el periodo 1997 hasta 2004. Las cuales se representaron gráficamente en la Tabla 5.4 y Figura 5.1.

Tabla 5.4 Niveles Promedios máximos y mínimos durante el período 1943-2009 del canal de navegación del Río Orinoco

Meses	MAX	PROM	MIN
Enero	3,9	2,2	0,5
Febrero	2,6	1,45	0,55
Marzo	2,48	1,3	0,44
Abril	3,31	1,6	0,6
Mayo	6,5	3,7	1,42
Junio	9,2	6,6	3,34
Julio	10,5	8,8	5,6
Agosto	11,12	10	7,95
Septiembre	10,7	9,7	7,37
Octubre	10,18	7,93	5,25
Noviembre	8,5	5,9	3,35
Diciembre	6,6	3,92	1,9

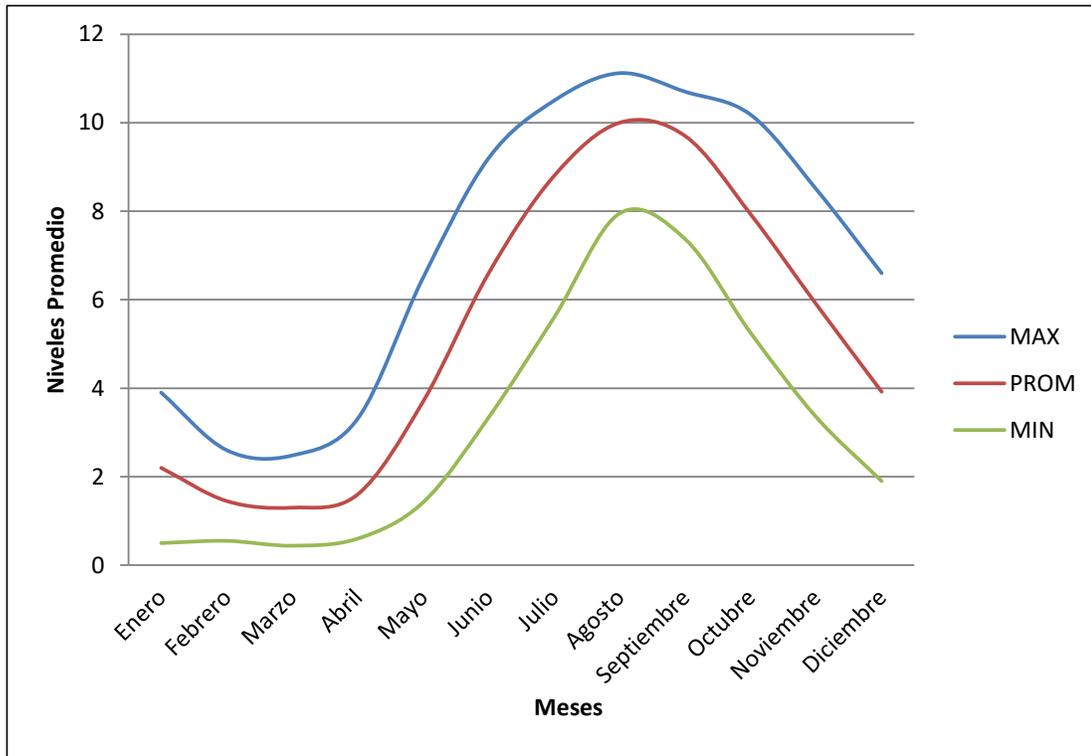


Figura 5.1 Hidrograma representativos de los niveles máximos, promedios y mínimos de la estación limnigráficas de Guarguapo del canal de navegación del río Orinoco, durante el período 1997-2004 (Información suministrada por el departamento de hidrografía del I.N.C)

En las secciones transversales que se encuentran en la milla 167,9-168,8 se presentan mayores profundidades hacia el lado norte, con profundidades de hasta 35 metros.

En las secciones transversales que se encuentra en la milla 168,8-169,7 se observan que en el centro del canal se ubican sus profundidades mayores, con hasta unos 47metros de profundidad respectivamente

En las secciones transversales que se encuentra en la milla 175,3-166,8 presentan desde zona norte hasta el centro del canal se ubican sus profundidades mayores de hasta unos 20 metros de profundidad

De acuerdo a la imagen satelital del Google Earth se observa que existen pocas variaciones morfológicas significativas que hayan ocurrido y la mayor tendencia migratoria de la línea de costa es hacia el Norte (Figura 5.2)



Figura 5.2 Área de estudio sector Guarguapo (Google Earth,2016)

5.3 Caracterizar texturalmente los suelos presentes en el área de estudio que serán objeto de erosión y transporte causando su desestabilización

El análisis geotécnico que a continuación se presenta fue suministrado por el instituto de Canalizaciones (I.N.C) y consistió en una clasificación granulométrica, ángulo de fricción interna, formas y tamaño de los granos y contenido mineralógico de los materiales del lecho.

5.3.1 Clasificación granulométricas de los materiales del lecho

De las muestras de suelo tomadas en diferentes secciones del canal de navegación y según lo observado en las curvas granulométricas en las (Tablas 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9 y las Figuras 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7) se puede decir que el fondo del sector Guarguapo está compuesto por sedimentos conformados por arenas, cuya granulometría varía de media a fina y tomando como referencia la clasificación unificada de los suelos, éstas se consideran de tipo SP.

Tabla 5.5 Análisis granulométrico de la muestra tomada en la milla 170.8 en el sector Guarguapo

Tamiz	Diámetro del Tamiz	Peso de la tamiz	Peso del tamiz + muestra	Material retenido	% Retenido	% Acumulado	% Pasante
4	4.760	743.3	735.9	8.60	1.72	1.72	98.28
10	2.000	643.2	649.8	6.60	1.32	3.04	96.96
40	0.425	565.8	594.7	28.90	5.78	8.82	91.18
80	0.26	511.7	836.7	345.00	69.03	77.85	22.15
80	0.180	514.9	618.8	1103.80	20.77	98.62	1.38
100	0.150	395.7	799.9	4.2	0.84	99.46	0.54
200	0.075	482.3	484.7	2.40	0.48	99.94	0.06
PAN	0	483.7	484	0.30	0.06	100.00	0.00
PESOS DEL SUELO TOTAL				499.80			

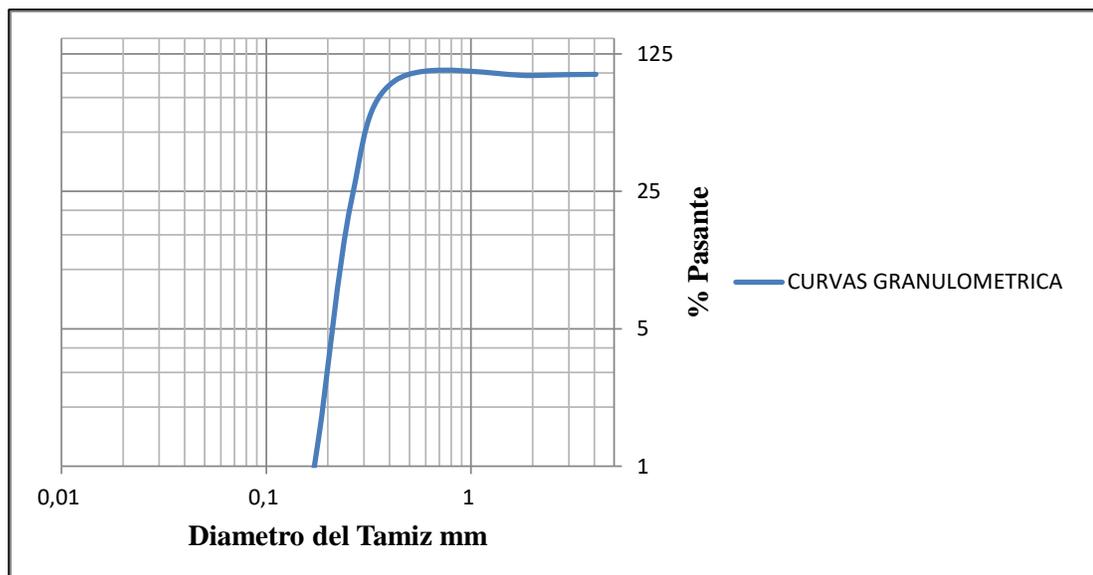


Figura 5.3 Curva de análisis granulométrico de la muestra tomada en la milla 170.8 en el sector Guarguapo

Tabla 5.6 Análisis granulométrico de la muestra tomada en la milla 169.8 en el sector Guarguapo

Tamiz	Diámetro del Tamiz	Peso de tamiz	Peso del tamiz + muestra	Materia l retenido	% Retenido	% Acumulado	% Pasante
4	4.760	747.2	764.4	17.20	3.68	3.68	96.32
10	2.000	643.2	654.1	10.90	2.33	6.01	93.99
40	0.425	566.2	581.2	15.00	3.21	9.22	90.78
80	0.26	512	784.1	272.10	58.20	67.42	32.58
80	0.180	515	657.1	142.10	30.40	97.82	2.18
100	0.150	395.6	402.7	7.10	1.52	99.34	0.66
200	0.075	482.3	485.2	2.90	0.62	99.96	0.04
PAN	0	483.6	483.8	0.20	0.04	100.00	0.00
PESOS DEL SUELO TOTAL				457.50			

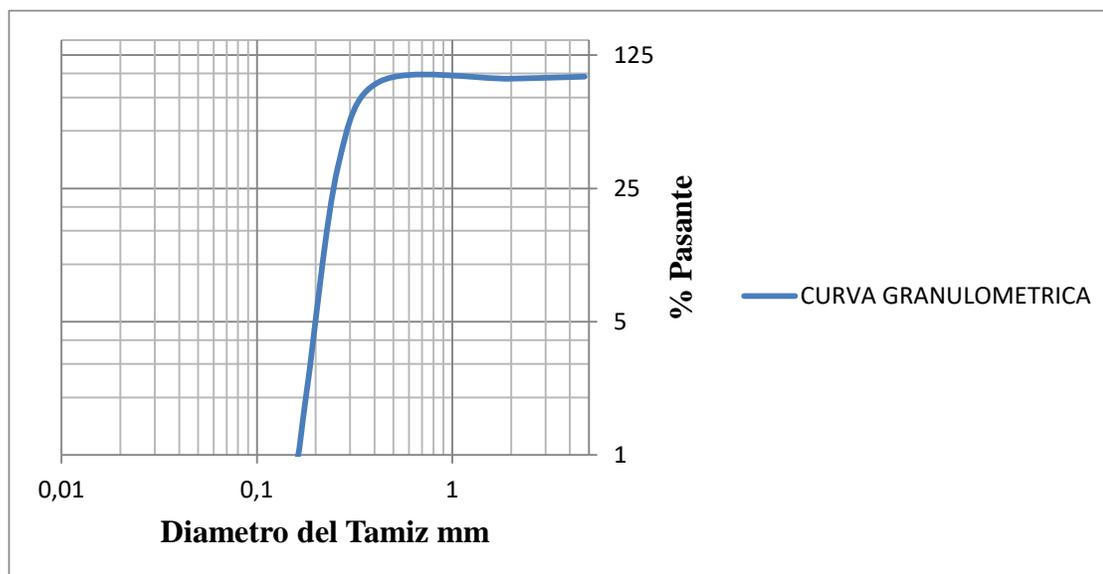


Figura 5.4 Curva de análisis granulométrico de la muestra tomada en la milla 169.8 en el sector Guarguapo

Tabla 5.7 Análisis granulométrico de la muestra tomada en la milla 168.8 en el Sector Guarguapo

Tamiz	Diámetro del Tamiz	Peso de tamiz	Peso del tamiz + muestra	Materia l retenido	% Retenido	% Acumulado	% Pasa nte
4	4.760	747.3	747.3	0.00	0.00	0.00	100.0
10	2.000	643.4	643.5	0.10	0.02	0.02	99.98
40	0.425	566.3	583.4	17.10	3.42	3.44	96.56
80	0.26	511.5	921.4	40.9.90	82.00	85.44	14.56
80	0.180	515	568.1	53.10	10.62	96.06	3.94
100	0.150	395.8	410.4	14.60	2.92	98.98	1.02
200	0.075	482.3	487.2	4.90	0.98	96.96	0.04
PAN	0	483.7	483.9	0.20	0.04	100.00	0.00
PESOS DEL SUELO TOTAL				499.90			

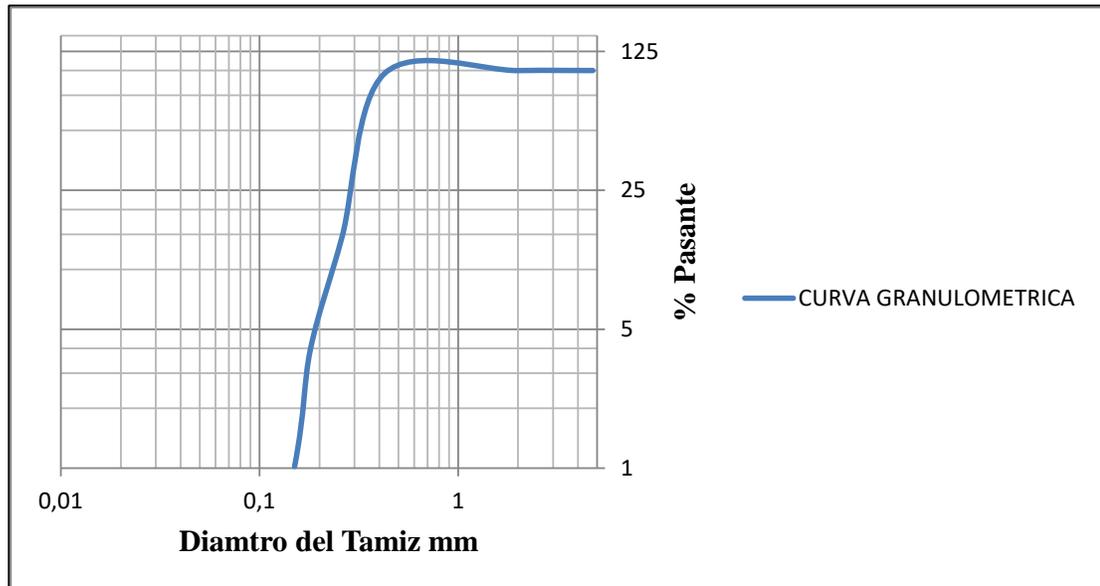


Figura 5.5 Curva de análisis granulométrico de la muestra tomada en la milla 168.8 en el Sector Guarguapo

Tabla 5.8 Análisis granulométrico de la muestra tomada en la milla 167.8 en el sector Guarguapo

Tamiz	Diámetro del Tamiz	Peso de tamiz	Peso del tamiz + muestra	Material retenido	% Retenido	% Acumulado	% Pasante
4	4.760	746.9	749	2.10	0.44	0.44	99.56
10	2.000	644.3	693.9	51.40	10.77	11.21	88.79
40	0.425	565.6	572.1	6.50	1.36	12.57	87.43
80	0.26	511.6	620.1	108.50	22.73	35.30	64.70
80	0.180	514.9	798.3	283.40	59.36	94.66	5.34
100	0.150	395.6	410.2	14.60	3.06	97.72	2.28
200	0.075	482.3	491.8	9.50	1.99	99.71	0.29
PAN	0	482.3	483.9	1.40	0.29	100.00	0.00
PESOS DEL SUELO TOTAL				477.40			

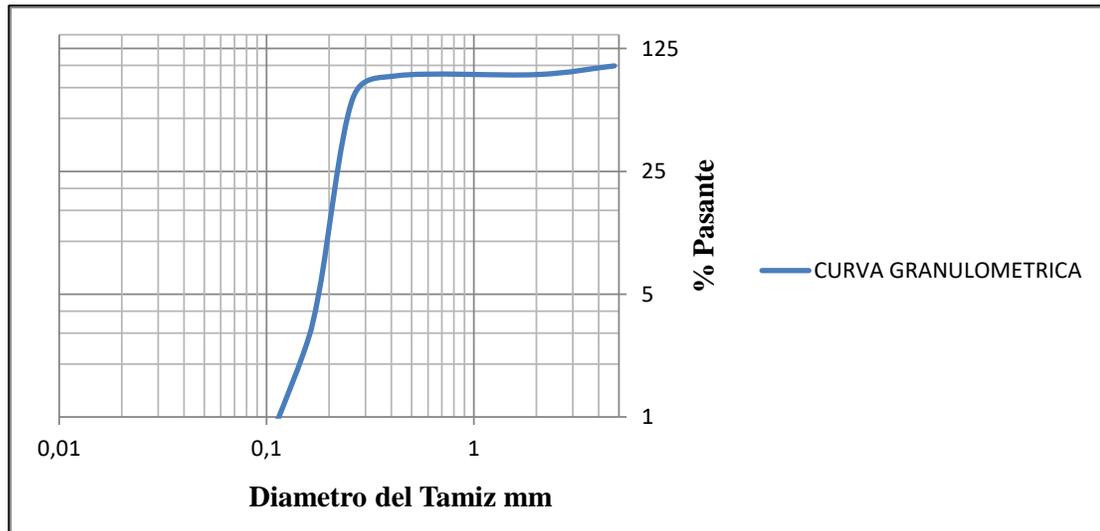


Figura 5.6 Curva de análisis granulométrico de la muestra tomada en la milla 167.8 en el sector Guarguapo

Tabla 5.9 Análisis granulométrico de la muestra tomada en la milla 166.0 en el sector Guarguapo

Tamiz	Diámetro del Tamiz	Peso de tamiz	Peso del tamiz + muestra	Material retenido	% Retenido	% Acumulad o	% Pasante
4	4.760	747.2	747.2	0.00	0.0	0.00	100
10	2.000	643.1	643.7	0.6	0.12	0.12	99.88
40	0.425	565.9	574.2	8.3	1.66	1.78	98.22
80	0.26	511.5	838.1	326.6	65.32	67.10	32.90
80	0.180	514.8	658.9	144.1	28.82	95.92	4.08
100	0.150	395.6	408.8	13.2	2.64	98.56	1.44
200	0.075	482.2	489.1	6.90	1.38	99.94	0.06
PAN	0	483.6	483.9	0.30	0.06	100.00	0.00
PESOS DEL SUELO TOTAL				500.00			

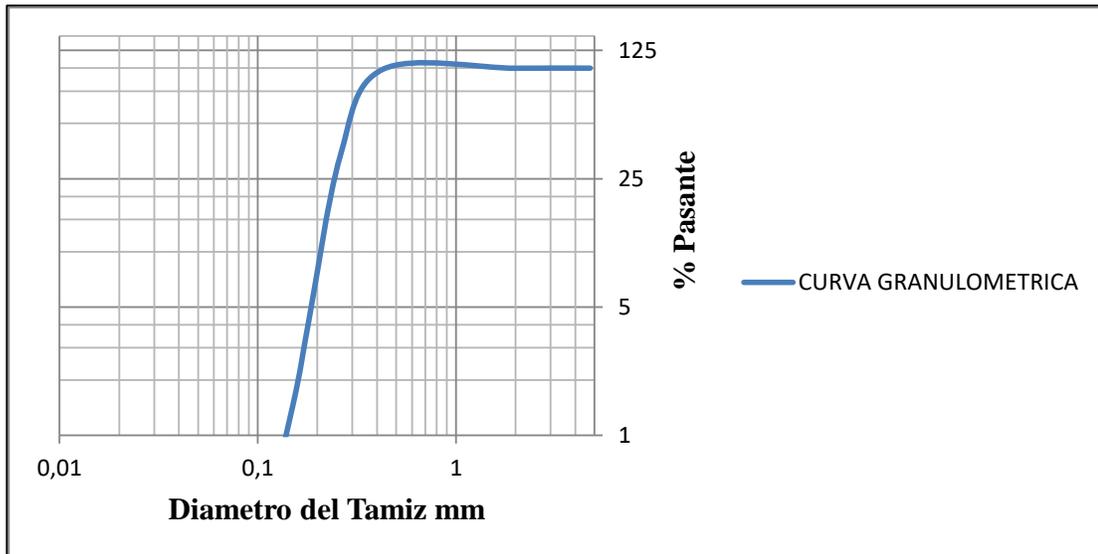


Figura 5.7 Curva de análisis granulométrico de la muestra tomada en la milla 166.0 en el sector Guarguapo

5.3.2 Análisis de los ángulos de fricción interna de los materiales del lecho

Los análisis realizados para obtener los ángulos de fricción interna de los materiales del lecho del tramo sector Guarguapo fueron suministrados por el Instituto Nacional de Canalización del río Orinoco (I.N.C), el análisis se determinó mediante el esfuerzo cortante de la muestra de suelo y los ángulos de fricción interna que posee la misma.

De los resultados obtenidos en la sección transversal realizada en el canal de navegación del río Orinoco en el sector Guarguapo, se presentan de la siguiente manera: en la (Tabla 5.10, 5.11, 5.12 y las Figuras 5.8, 5.9, 5.10) de la muestra del lecho posee un ángulo entre 31° y 33° este rango de valores corresponde a suelos cohesivos con granos de arena que van de medio a fino.

Tabla 5.10 Ensayo de corte directo para una carga de 100 gr, realizado en la milla 167.8 del sector Guarguapo del canal de navegación del río Orinoco.

Muestra del Lecho- CARGA 100 (kg)					
Peso suelo en (grs)	506.4	Esfuerzo Normal	1.26	(kg/Cm ²)	
Diámetro o lado	10	Const. del Anillo	0.400716	Kg/2*10 ⁻³ mm	
Altura (cm)	3.1	Densidad	1.63	Grs/cm ³	
Área (cm²)	100	Valor Máximo	0.9	Kg/cm ²	
Volumen (cm³)	310				
Lec Defr *10-3	Despl. Horiz (mm)	Área cm²	Defor. Carga 2*10-3 mm	Fuerza corte Horizontal (Kg/cm²)	Esf. Cort kg/cm²
0	0	100	0	0	0
10	0.254	99.746	86	34.46	0.35
20	0.508	99.492	115	46.08	0.46
30	0.762	99.238	129	51.69	0.52
40	1.016	98.984	168	67.32	0.68
50	1.27	98.73	194	77.74	0.79
60	1.524	98.476	220	88.16	0.9
70	1.778	98.222	214	85.75	0.87

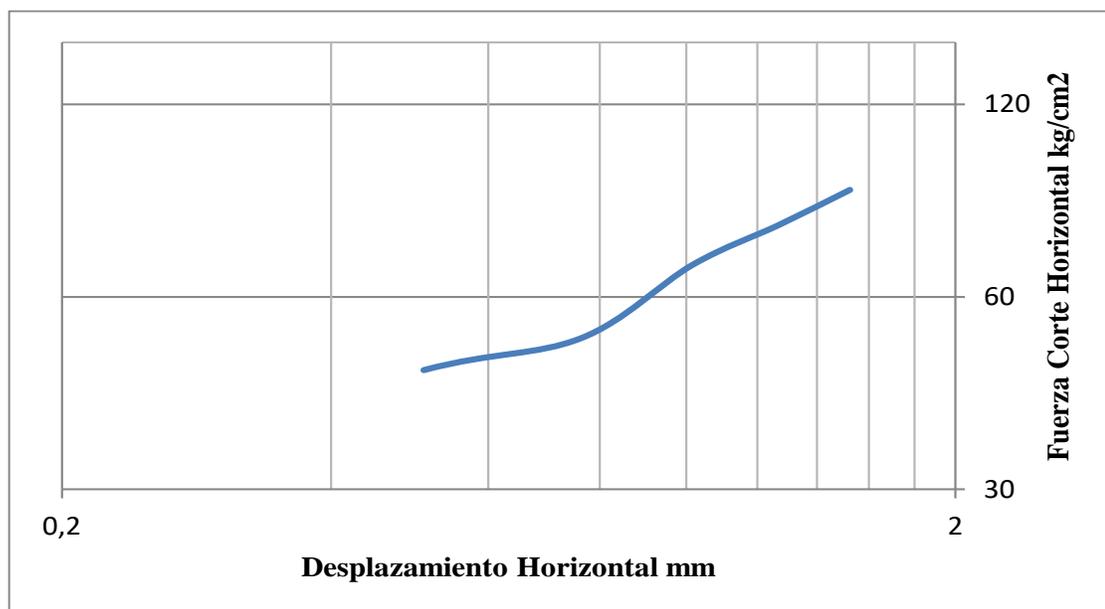


Figura 5.8 Gráfico del ensayo de corte directo para una carga de 100 gr, realizado en la milla 167.8 del sector Guarguapo del canal de navegación del río Orinoco.

Tabla 5.11 Ensayo de corte directo para una carga de 200 gr, realizado en la milla 167.8 del sector Guarguapo del canal de navegación del río Orinoco.

Muestra del Lecho - CAR G A 200 <kg)					
Peso suelo en grs		516.1	Esfuerzo Normal	2.3	(kg/cm2)
Diámetro o lado (cm)		10	Const. del Anillo	0.400716	kgG*10-3 mm
Altura (cm)		3.1	Densidad	1.69	(gVcm3)
Área (cm2)		98.22	Valor Máximo	1.71	(kg ^m cm2)
Volumen (cm3)		304.49			
Lee. Defr *10-3	Despl. Horizontal (mm).	Área (cm2)	Defor.Carga2 *10-3 (mm)	Fuerza Corte Horizontal (des.)	Esf. Cortkgf cm ²
0	1.78	98.222	84	33.66	0.34
10	2.03	96.19	125	50.09	0.52
20	2.29	95.936	144	57.7	0.6
30	2.54	95.682	155	62.11	0.65
40	2.79	95.428	129	75.74	0.79
50	3.05	95.174	199	79.74	0.84
60	3.3	94.92	226	90.56	0.95
70	3.56	94.666	259	103.79	1.1
SO	3.81	94.412	284	113.8	1.21
90	4.0	94.158	319	127.83	1.36
100	4.32	93.904	334	133.84	1.43
110	4.57	93.65	368	147.46	1.57
120	4.83	92.396	398	159.48	1.71
130	5.08	93.142	390	156.28	1.68
140	5.33	92.888	385	154.28	1.66

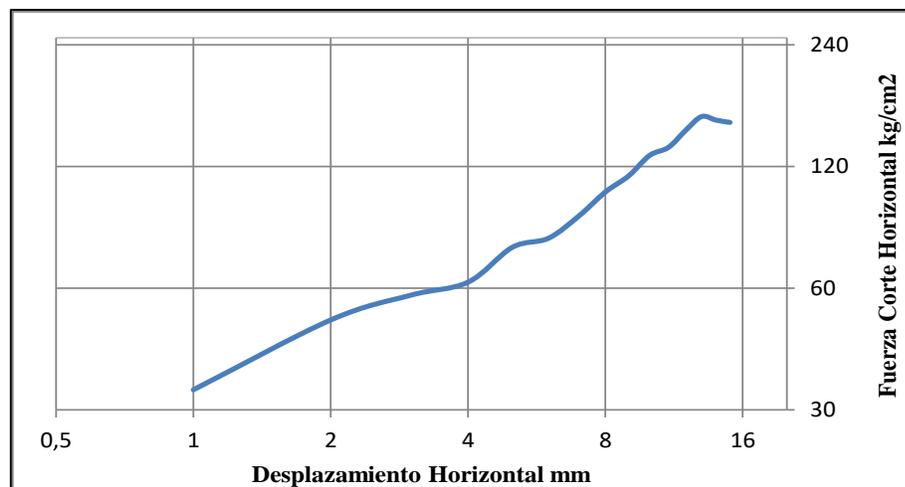


Figura 5.9 Gráfico del ensayo de corte directo para una carga de 200 gr, realizado en la milla 167.8 del sector Guarguapo del canal de navegación del río Orinoco.

Tabla 5.12 Ensayo de corte directo para una carga de 400 gr, realizado en la milla 167.8 del sector Guarguapo del canal de navegación del río Orinoco.

Muestra del lecho- CARGA 400 (k%)					
Peso suelo en (gis)		516.1	Esfuerzo Nórmla	3.51	(kg [^] cm ²)
Diámetro o lado (cm)		10	Const. del Anillo	0.400716	k [^] 2*10-3mm
Altura (cm)		3.1	Densidad	1.79	(g-s/cm ³)
Alta (cm ²)		92.89	Valor Máximo i	2	(kgfcm ²)
Volumen (cm ³)		287.95	Ángulo de Fricción	32	Grados
Lec Defr *10-3	Despl. Horiz (mm)	Area (cm ²)	Defor. Carga 2*10-3 (mm)	Fuerza Corte Horizontal (kg/cm ²)	Esf. Corte kg/cm ²
0	5.33	92.888	74	29.65	0.32
10	5.59	87.3	99	39.67	0.45
20	5.84	87.046	162	64.92	0.75
30	6.1	86.792	199	79.74	0.92
40	6.35	86.538	238	95.37	1.1
50	6.6	86.284	249	99.78	1.16
60	6.86	86.03	287	115.01	1.34
70	7.11	85.776	346	138.65	1.62
SO	7.37	85.522	374	149.87	1.75
90	7.62	85.268	391	156.68	1.84
100	7.87	85.014	400	160.29	1.89
110	8.13	84.76	416	166.7	1.97
120	8.38	84.506	422	169.1	2
130	8.64	84.252	415	166.3	1.97
140	8.89	83.998	410	164.29	1.96

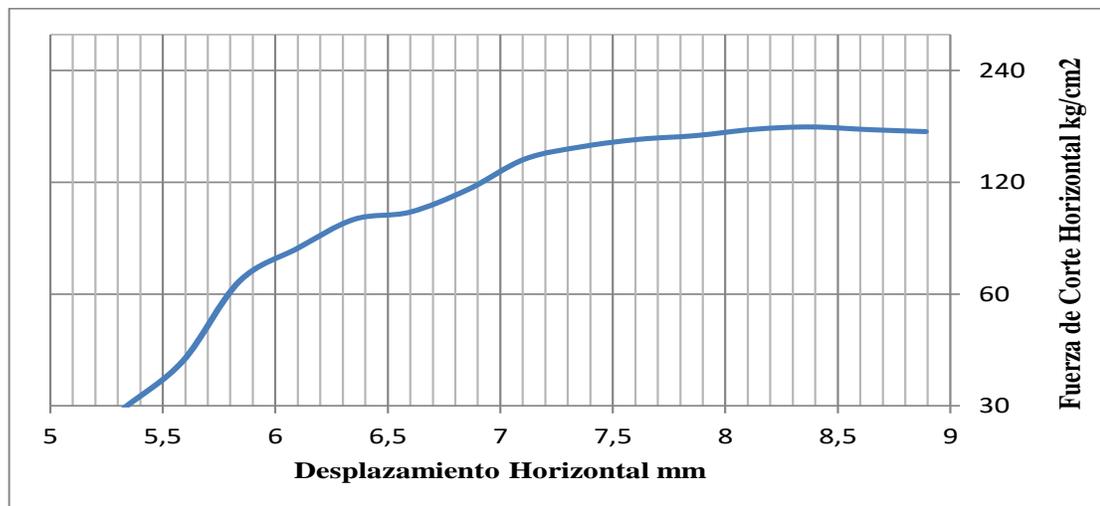


Figura 5.10 Gráfico del ensayo de corte directo para una carga de 400 gr, realizado en la milla 167.8 del sector Guarguapo del canal de navegación del río Orinoco.

5.3.3 Formas y tamaño de los granos

En cuanto al análisis sedimentológico de forma, realizados a las muestras extraídas del canal de navegación del río Orinoco milla 169,8 en el sector Guarguapo; éstas arrojaron resultados variables con respecto a las formas de las partículas.

De acuerdo a los resultados obtenidos las cuales se presentan de subangulosas a angulosas en forma predominante, lleva a inferir que las partículas han sufrido un moderado transporte. (Tablas 5.13, 5.14, 5.15, 5.16 y las Figuras 5.11, 5.12, 5.13, 5.14).

Tabla 5.13 Forma y tamaño de los granos de las muestras obtenidas en la milla 170,8 en el sector Guarguapo del río Orinoco

REDONDEZ	FRECUENCIA ABSOLUTA UNIDAD	FRECUENCIA RELATIVA PORCENTAJE
ANGULAR	73	35
SUBANGULAR	101	50.5
REDONDEADAS	24	12
SUBREDONDEADAS	5	2.5

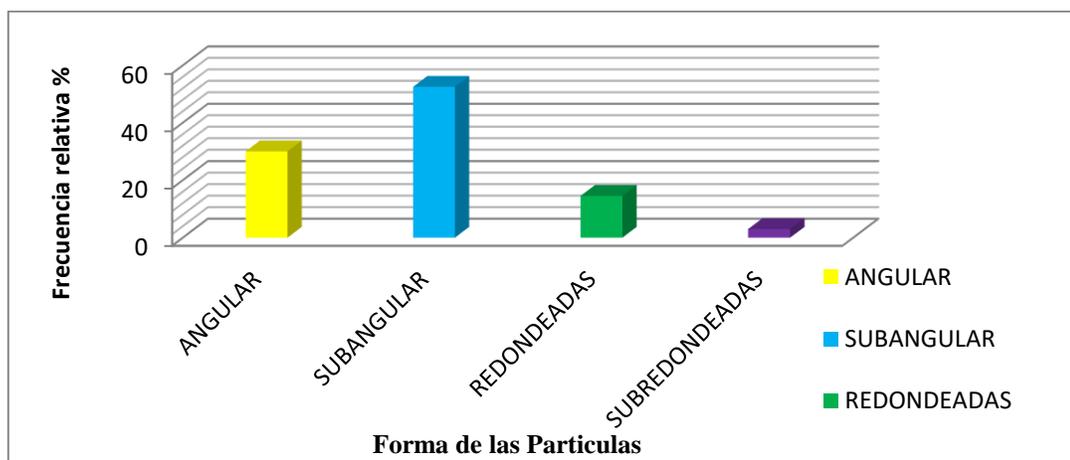


Figura 5.11 Gráfica de los porcentajes de forma y tamaño de los granos obtenido en la milla 170,8 del sector Guarguapo.

Tabla 5.14 Forma y tamaño de los granos de las muestras obtenidas en la milla 168,8 en el sector Guarguapo del río Orinoco

REDONDEZ	FRECUENCIA ABSOLUTA UNIDAD	FRECUENCIA RELATIVA PORCENTAJE
ANGULAR	61	30.5
SUBANGULAR	98	49
REDONDEADAS	31	15.5
SUBREDONDEADAS	10	5

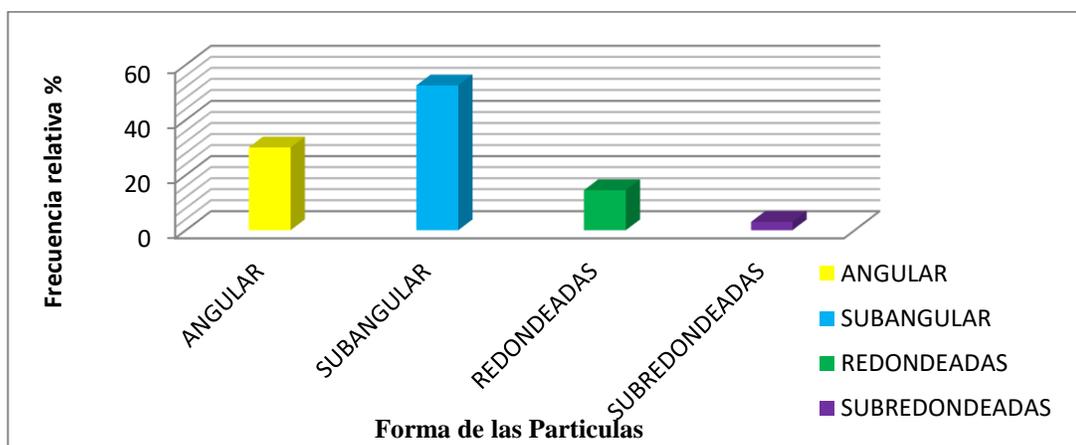


Figura 5.12 Gráfica de los porcentajes de forma y tamaño de los granos de las muestras obtenidas en la milla 168,8 obtenido del sector Guarguapo

Tabla 5.15 Forma y tamaño de los granos de las muestras obtenidas en la milla 167,8 en el sector Guarguapo del río Orinoco

REDONDEZ	FRECUENCIA ABSOLUTA UNIDAD	FRECUENCIA RELATIVA PORCENTAJE
ANGULAR	66	33
SUBANGULAR	99	49.5
REDONDEADAS	30	15
SUBREDONDEADAS	5	2.5

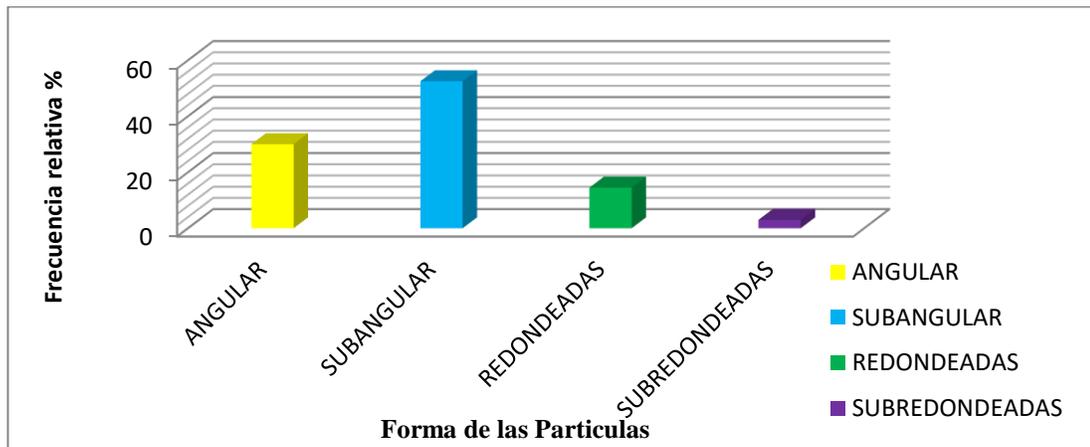


Figura 5.13 Grafica de los porcentajes obtenido de forma y tamaño de los granos de las muestras obtenidas en la milla 167,8 en el del sector Guarguapo

Tabla 5.16 Forma y tamaño de los granos de las muestras obtenidas en la milla 166,0 en el sector Guarguapo del rio Orinoco

REDONDEZ	FRECUENCIA ABSOLUTA UNIDAD	FRECUENCIA RELATIVA PORCENTAJE
ANGULAR	60	30
SUBANGULAR	105	52.5
REDONDEADAS	2.9	14.5
SUBREDONDEADAS	6	3

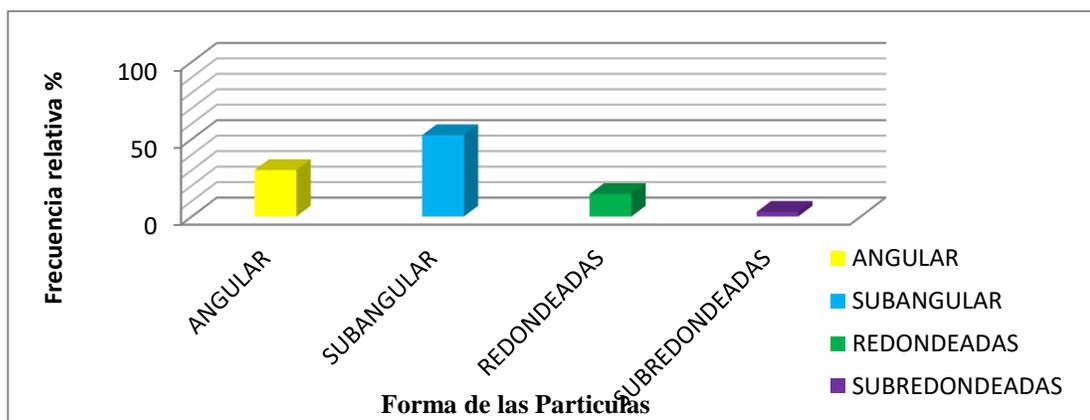


Figura 5.14 Grafica de los porcentajes de mineral obtenido en la milla 166,0 en el sector Guarguapo.

5.3.4 Análisis del contenido mineralógico de los materiales del lecho

De los resultados obtenidos en la Figura 5.15 revelan una gran diversidad de minerales de la muestra margen izquierda y la margen derecha milla 169,8 con un alto contenido de 75% de minerales como Circón, óxido de hierro, Ilmenita, pirita y Titanio. (Marín, L.2002)

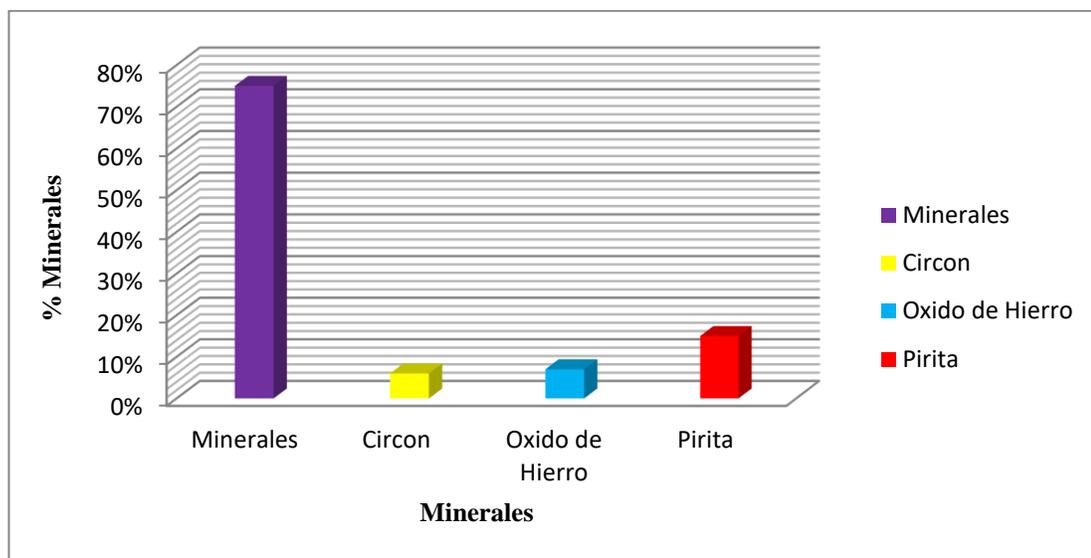


Figura 5.15 Análisis Petrográficos de las muestras extraídas de la milla 169,8 del sector Guarguapo del canal de navegación del río Orinoco

5.4 Describir las condiciones hidráulicas del tramo sector Guarguapo del río Orinoco que presenta alta tasa de sedimentación, como parámetro fundamental para la determinación de la potencia del flujo que moviliza los sedimentos del sector.

De los planos correspondientes a los levantamientos batimétricos costa a costa efectuados por el Instituto Nacional de Canalización (I.N.C) del río Orinoco en el año 1998 en el sector en estudio, se procedió a la determinación de la pendiente hidráulica y la pendiente del lecho del río (Tabla 5.17, 5.18).

La pendiente hidráulica se determinó con la aplicación de la ecuación

$$M = (h_2 - h_1) / d$$

Dónde:

m= Es la pendiente del agua

$h_2 - h_1$ = La diferencias de alturas del río entre las estaciones limnigráficas

d = Distancias entre las secciones limnigráficas

El valor de las pendiente hidráulica entre las estaciones de Palúa y Cabrían en el plano(N°00DB4985), dio como resultado 4,64E-05 m.

Para calcular la pendiente del lecho del río no se consideraron valores de niveles del agua sino profundidades escogidas a lo largo del centro del canal separado por distancias razonables. Estas profundidades fueron referenciadas al nivel medio del mar (N.M.M)

Aplicando las correcciones establecidas para cada uno de los limnigrafos (Palúa y Cabrian) finalmente se determinaron las distancias de separación entre las profundidades escogidas para cada plano, para así calcular la pendiente del lecho.

El resultado obtenido en la determinación de la pendiente del lecho en el plano (N° 30DB4985) fue de 0,0001159 y para el plano (N°10DB4874) obtuvo como resultado -0,001651.

Los datos y determinación de la pendiente hidráulica y la pendiente del lecho fueron suministrados por el Instituto Nacional de Canalización (I.N.C) a través de la Gerencia canal del Orinoco información acerca del sector en estudio, esta institución proporciona un conjunto de datos que son necesarios para el desarrollo de esta investigación.

Tabla 5.17 Pendiente Hidráulica del sector Guarguapo del canal de navegación del río Orinoco

Nde Plano	Fecha	Hora	Sector	Palúa Correg.	Cabrían Correg.	Distancia entre estaciones limnigraficas	m
00DB4985	23/10/1998	10:00	Guarguapo	133	16,07	48109,1	4,64E-05

Tabla 5.18 Pendiente del lecho del sector Guarguapo del canal de navegación del río Orinoco

Sector	N de Plano	Limnigráfo	Fecha de Sondeo	Prof. 1 (mt)	Prof. 2 (mt)	Corrección 1	Corrección 2	Prof. 1 Correg .(mt)	Prof. 2 Correg .(mt)	Distancia (mt)	Pendiente del Lecho
Guarguapo	30DB4985	TG Guarguapo	36091	-2	-3,2	10	10	8	6. 8.	10350	0,0001159
Guarguapo	10DB4874	TG Guarguapo	36035	-3,2	10,4	9,85	9,75	6,65	20,15	8175	-0,001651

De acuerdo a los datos obtenidos del periodo 1997-200 de Tasa de sedimentación, se puede observar la variación en cuanto a las acumulaciones más notorias que se presentan durante las crecidas del canal del Orinoco en los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre. Para el año 2002 durante el mes de enero se presentó una acumulación de tasa de sedimentación de 0,022 pie/día, la cual comparada con la misma tasa de sedimentación para el mes de octubre del mismo año, está considerada la mayor acumulación en comparación a el periodo entre 1994-2004 presenta una gran descarga de sedimentos en el canal (Tabla .19 y Figura .16).

Tabla 5.19 Tasa de sedimentación del canal de navegación del Río Orinoco sector Guarguapo

Año 1997		Año 2000		Año 2002		Año 2004	
Mes	Tasa de Sedimentación (pie/día)						
enero	—	enero	-	enero	0,022	Enero	-
Febrero	-	Febrero	-	Febrero		Febrero	-
Marzo	-	Marzo	-	Marzo		Marzo	-
Abrü	—	Abrü	-	Abrü		Abrü	-
Mayo	-	Mayo	-	Mayo	-	mayo	-
Junio	-	Junio	-	Junio		Junio	-
Julio	—	Julio	-	Julio		Tulio	-
Agpsto	-	Agpsto	-	Agosto		Agosto	-
Septiembre	-	Septiembre	-	Septiembre	-	Septiembre	0,003
Octubre	0,005	Octubre	-	Octubre	0 .022	Octubre	-
Noviembre	-	Noviembre	0,003	Noviembre		Noviembre	-
Diciembre	0,005	Diciembre	0,003	Diciembre	-	Diciembre	0,003

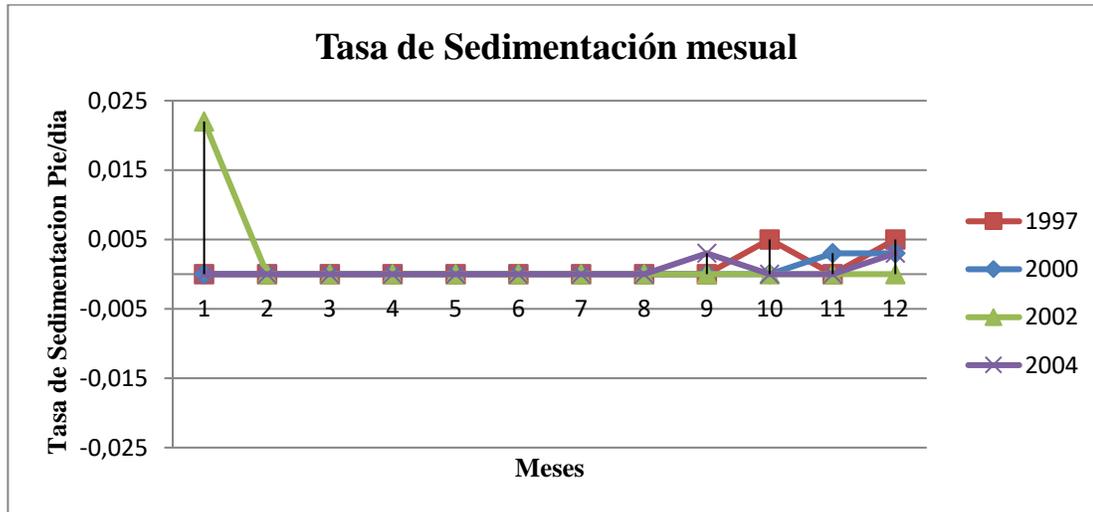


Figura 5.16 Tasa de sedimentación promedio mensual durante el período 1997-2004, correspondiente al sector Guarguapo del canal de navegación del río Orinoco

5.4 Cuantificar la rata de sedimentación presente en el tramo sector Guarguapo en el río Orinoco

Para el análisis del Movimiento Incipiente de los sedimentos se consideraron los siguientes modelos: Modelo de Shields., Modelo de Hjulstrom., Modelo de Van Rijn, Modelo de Yang, Modelo Meyer- Peter- Müller, Modelo de Mavis y Laushey, Bagnolds y Engelund.

Tomando en cuenta el criterio de Shields (1936) en Yang (1996) Define al esfuerzo de corte τ la diferencia de densidad entre el sedimento y el fluido el diámetro de la partícula d , la viscosidad cinemática ν y la aceleración gravitacional g , como factores de importancia en la determinación del movimiento incipiente.

De acuerdo al criterio de Shields arrojó que el esfuerzo cortante adimensional es de 3.654 vs el número de Reynolds de 12.93. De acuerdo al diagrama de Shields

en la figura 5.5 se determinó que la partícula se encuentra en movimiento y su velocidad es turbulenta. (Figura 5.17).

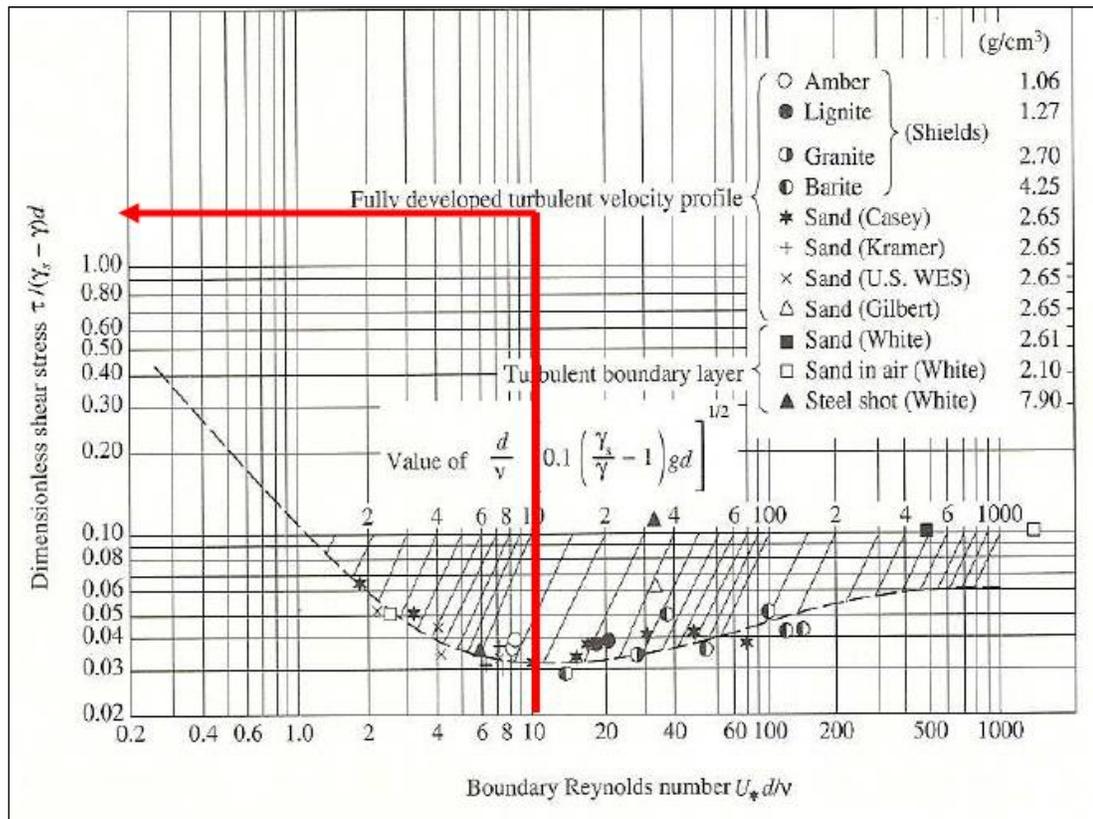


Figura 5.17 Diagrama de Shields para movimiento incipiente (Vanoni, 1975 en Yang, 1996)

De acuerdo al Modelo de Hjulstrom .Se basa en el conocimiento del diámetro medio de las partículas y la velocidad media del flujo lo cual permite determinar el estado de movimiento de los sedimentos (erosión, transporte y sedimentación) Para las condiciones de esta investigación posee un diámetro medio de las partículas de 0.3 (mm) y con una velocidad media del flujo de (100 cm/seg) se observa que los sedimentos se encuentra en estado de erosión en la Figura (5.18)

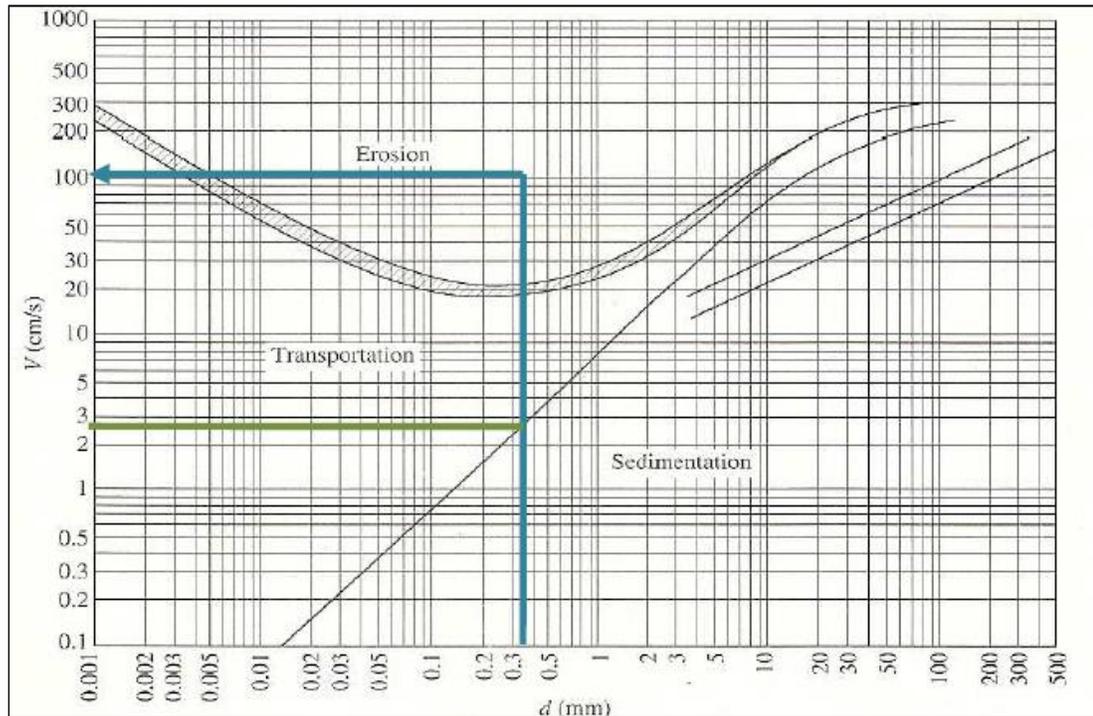


Figura 5.18 Criterio erosión – depositación para partículas uniformes (Hjulstrom, 1935 en Yang, 1996).

Asimismo, el gráfico de Hjulstrom nos indica que para el diámetro de las partículas presentes en el sector de estudio la velocidad mínima para que se produzca el transporte de los sedimentos es de 2.2 cm/seg la cual ocurre cuando el río alcanza un nivel de 10.57 m. De igual forma el gráfico de Hjulstrom permite conocer que la velocidad del río que producirá erosión es de 20(cm/seg)

Tomando como referencia los modelos de Van Rijn (1993), Modelo de Engelund (1972) y el Modelo de Bagnolds (1996) determinaron lo siguiente:

El modelo de Van Rijn (1993) propuso que el movimiento de una partícula ocurre cuando la fuerza del fluido sobre la partícula, está 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.

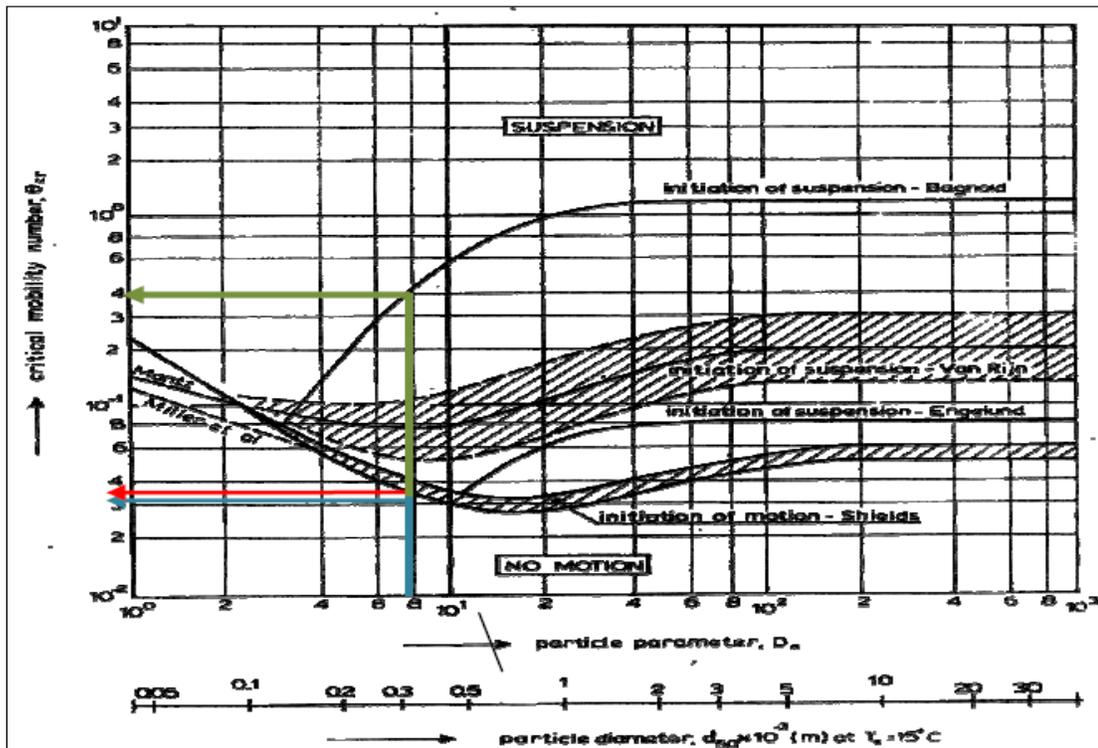


Figura 5.19 Iniciación del movimiento y suspensión de las partículas sobre el fondo del lecho (Van Rijn, 1989).

De acuerdo al parámetro crítico de Shields (θ_{cr}), arrojó el siguiente parámetro crítico de 3.4×10^{-2} en función del diámetro de las partículas de 0.3 (mm) delimita el área donde existe la iniciación del movimiento y suspensión a partir de la curva de Shields.

De acuerdo al Criterio de Engelund (1972) aplica el principio de similitud para obtener una función de transporte de sedimento, arrojó el siguiente parámetro crítico (θ_{cr}) de 3.8×10^{-2} en función del diámetro de las partículas de 0.3 (mm)

delimita el área donde existe la iniciación del movimiento y suspensión a partir de la curva respectiva.

De acuerdo al criterio de Bagnolds (1996). aplicó el transporte de sedimento, arrojó el siguiente parámetro crítico parámetro crítico (θ_{cr}) es 4×10^{-1} de en función del diámetro de las partículas de 0.3 (mm) delimita el área donde existe la iniciación del movimiento y suspensión a partir de la curva de Bagnolds.

De acuerdo al criterio de Yang determina que el movimiento incipiente ocurre cuando $FD = FR$. Tenemos que la velocidad crítica adimensional en la ecuación arrojó 3.04 y la intersección indica estado de transición del movimiento incipiente. (Figura 5.20)

$$V_{cr} / \omega = \{[(5.75 [\log (D/d) - 1] / B] + 1\} [(\psi_1 \psi_2 \psi_3) / (\psi_2 + \psi_3)]^{1/2}$$

Donde

V_{cr} = Velocidad crítica promedio para movimiento incipiente

V_{cr} / ω = Velocidad crítica adimensional

B = Función de la rugosidad

ω = Velocidad terminal de caída

d = Distancia sobre el lecho

D = Profundidad del agua

ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 = Valores determinados experimentalmente

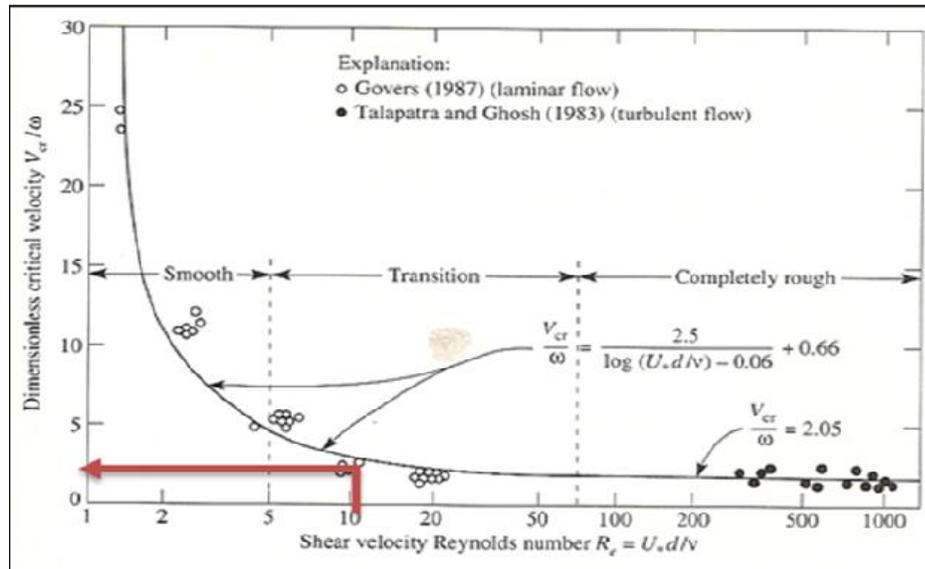


Figura 5.20 Verificación del criterio de movimiento incipiente de Yang.

De acuerdo al modelo Meller- Peter- Müller determinaron la carga de lecho, tamaño del sedimento en el movimiento incipiente, en la ecuación nos presenta una profundidad de degradación de $(d)=2.6$ mm.

$$d = S D / [K1 (n / d_{90}^{1/6})^{3/2}]$$

Dónde:

d = Tamaño del sedimento en la capa externa (en mm).

S = Pendiente del canal.

D = Profundidad media del flujo

$K1$ = Constante (igual a 0.19 cuando D está en pie y 0.058 cuando D está en metros)

n = Rugosidad del fondo del canal o coeficiente de rugosidad de Manning

De acuerdo al modelo de Mavis Laushey desarrolló la relación para una partícula de sedimento en su condición de movimiento incipiente, aplicando la ecuación arrojó una velocidad de fondo competente de 0.7 m/s

$$V_b = K_2 d^{1/2}$$

Donde

V_b = Velocidad en el fondo competente = 0.7 x velocidad media del flujo.

K_2 = Constante (igual a 0.51 cuando V_b está en pie/s y 0.155 cuando V_b está en m/s).

d = Tamaño del sedimento (en mm).

Tabla 5.20 Cuadro resumen de los movimientos incipientes de los sedimentos

Modelo de Shields	Parámetros críticos (θ_{cr})
-Esfuerzo cortante crítico en el movimiento inicial (τ_c) es de 3,654 -Número de Reynolds (Re^*)= 12,93 -Velocidad es turbulenta y se encuentra en movimiento	Van Rijn
	Inicia el movimiento y suspensión a partir de 3.4×10^{-2} a través de la curva de Shields
Modelo de Hjuström	Engelund
- $d = 0,3\text{mm}$ -Velocidad media del flujo= 100 cm/s -Velocidad del río se encuentra en movimiento a partir de 20 cm/s -Velocidad crítica adimensional (V_{cr}/ω) es de 3,04 e indica que está en estado de transición	Inicia el movimiento y suspensión a partir de 3.8×10^{-2} a través de la curva de Engelund
Modelo de Meller Peter Müller	Badnolds
Presenta su tamaño de sedimento de 2,6mm	Inicia el movimiento y suspensión a partir de 4×10^{-1} a través de la curva de Badnolds
Modelo de Mavis Laushey	
Presenta su tamaño de sedimento de 2,6mm	
Modelo de Mavis Laushey	
Indica una velocidad de fondo competente (V_b) de 0,7 m/s	

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Haciendo énfasis en los resultados obtenidos en la realización de este estudio se concluye lo siguiente:

1). De los resultados obtenidos en la morfología del área de estudio pueden apreciarse sus mayores profundidades hacia la zona Norte, por otra parte comparando la fotografía aérea obtenida de Google Earth y la carta de navegación periodo 1997-2004 se observa una ligera tendencia migratoria de la línea de costa hacia el lado norte y en la milla 169.9 encontramos una bifurcación debido a la isla Mata Mata.

2). El hidrograma realizado para el sector Guarguapo muestra un período de estiaje en el mes de Marzo de (10.70 m) y un máximo nivel de las aguas en el mes de agosto con 0.44 m

3). El sector Guarguapo presenta una pendiente hidráulica de $4,64E-05$ m y su pendiente del lecho es de acuerdo a la información batimétrica del plano (N° 30DB4985) fue de 0,0001159 y para el plano (N°10DB4874) obtuvo como resultado -0,001651.

4) De acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de los suelos se consideran arenas de tipo SP. Asimismo el ángulo de fricción interna de (31°) nos indica que las muestras del lecho corresponden a tipo de suelos cohesivos. La forma y tamaño de los granos, indicaron en su geometría predominan las formas angulosas a subangulosas. Finalmente, el análisis mineralógico se observa un alto contenido de 75% de sílice.

9) En el modelo de Shields se determinó que la partícula se encuentra en movimiento y su velocidad es turbulenta; a través del modelo de Hjulstrom se determinó que en el sector Guarguapo la velocidad mínima que se necesita para que se produzca el transporte es de 2.2 cm/seg, el modelo de Van Rijn, Engelund y Bagnolds delimitan el área donde existe la iniciación del movimiento y suspensión y arrojaron valores de el parámetro crítico (θ_{cr}) de 3.4×10^{-2} , 3.8×10^{-2} y 4×10^{-1} respectivamente, el modelo de Yang determina la velocidad crítica de 3.04 y se encuentra en estado de transición, el modelo de Meller Peter Müller indica una profundidad de degradación(d) de 2.6 mm y finalmente el modelo de Mavis Laushey determinó una velocidad de fondo competente (V_b) de 0,7 m/s

RECOMENDACIONES

Realizar levantamientos costa a costa con mayor frecuencia, con el fin de tener una secuencia del río en sus diferentes períodos.

Realizar estudios geotécnicos del material dragado, para obtener el tamaño y las formas de las partículas.

Efectuar un análisis detallado de todas las campañas de aforos que posee el Instituto a fin de constatar y verificar el comportamiento del patrón de sedimentación que ocurre a lo largo del Canal de Navegación

REFERENCIAS

Arias, F. (2006). **“EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN”**. Guía para su elaboración. Caracas: Episteme. PP 30

Balestrini, M. (2001). **¿CÓMO SE ELABORA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN?** BL Consultores Asociados, Servicio Editorial, Caracas, Venezuela. PP 20

Balestrini, M. (1998). **¿CÓMO SE ELABORA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN?** Caracas, Venezuela: Consultores Asociados. PP 25

Balestrini Acuña. (2006). **“COMO SE ELABORA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN”**. Caracas. PP 15

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

Gonzales de Vallejo, Luis. (2002). **“INGENIERÍA GEOLÓGICA”** Pearson Educación, Madrid. PP 17 – 365.

Hernández (2001). **“SÍNTESIS DE LA INVESTIGACIÓN”**. Ediciones Eneva. [Libro en línea]

Hjulström, F., 1956. **STUDIES IN THE MORPHOLOGICAL ACTIVITY OF RIVERS AS ILLUSTRATED BY RIVER FYRIS**. Bulletin of Geological Institution of Uppsala, Uppsala, Suecia. pp. 221.

Instituto Nacional de Canalizaciones (1996) **SEDIMENTOS Y DRAGADO DE MANTENIMIENTO DEL CANAL DE NAVEGACIÓN EN EL CANAL DE NAVEGACIÓN DEL RÍO ORINOCO**, pp 5

Instituto Nacional de Canalizaciones (1997) **DERROTERO PARA LA NAVEGACIÓN EN EL CANAL DEL RÍO ORINOCO, TRAMO MATANZAS-BOCA GRANDE**. Trabajo realizado por el Instituto Nacional de Canalizaciones. Puerto Ordaz, Estado Bolívar, Venezuela, pp 3-5,10-18

Lambe, William y Whitman, Robert, (2001). **“MECÁNICA DE SUELOS”**. Segunda Edición. Editorial Limusa. S.A. México, DF. PP 150

Méndez, (2006).“**METODOLOGÍA-DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN**”. Mc Graw Hill. PP 23

Maill, A. D. (Ed.) (1978). **FLUVIAL SEDIMENTOLOGY**. Canadian Society. Petroleum Geologists Memoir 5: 431-440, yoming.

PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DE LA HIDROLOGÍA SUPERFICIAL. 23 de Agosto de 2013. [https://es.wikipedia.org/wiki/Esorrent%C3%ADa]

Scott, Michon (2008). **DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA, UNIVERSIDAD DE ORIENTE.**[https://es.wikipedia.org/wiki/Antropogénico]

Shields, A. (1984). **ANWENDUNG DER AENLICHKEISTSMECHANIK UNDnDER TURBULENZFORSCHUNG AUF DIE GESCHIEBEBEWEGUNG.** Mitteilungen der Prevssischen Versuchsanstalt fur Wasserbau und Schiffbau. Berlin, Alemania, traducido al Ingles por W.P Ott Y J.C. van Uchelen, California Institute of Technology, Pasadena, California, United States Of America. pp. 192-197.

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

Yang, Chih Ted (1996) **SEDIMENT TRANSPORT.** Theory and Practice. The Mc.Graw Hill Companies, INC pp 19,21-22

ANEXOS