

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



**PROPUESTA DE DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR DE UN
NUEVO MALECÓN FRENTE AL RÍO ORINOCO PARA LA
POBLACIÓN DE BARRANCAS DEL ORINOCO, MUNICIPIO
SOTILLO, ESTADO MONAGAS, VENEZUELA.**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO PRESENTADO
POR LOS BACHILLERES
VALDEZ H., MARCO A. Y
ALVAREZ A., GABRIEL
A.. PARA OPTAR AL
TÍTULO DE INGENIERO.
CIVIL**

CIUDAD BOLÍVAR, JULIO DE 2017



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

ACTA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, titulado: **“PROPUESTA DE DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR DE UN NUEVO MALECÓN FRENTE AL RÍO ORINOCO PARA LA POBLACIÓN DE BARRANCAS DEL ORINOCO, MUNICIPIO SOTILLO, ESTADO MONAGAS, VENEZUELA”**, presentado por los bachilleres, **VALDEZ H., MARCO A. Y ALVAREZ A., GABRIEL A...** de cédulas de identidad No **20.555.624** y **20.554.297** respectivamente; como requisito parcial para optar al título de **INGENIERO CIVIL** ha sido **APROBADO** por el jurado integrado por los profesores de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente.

Nombre:

Prof. Dafnis Echeverría

(Asesor)

Prof(a). Marisol Diéguez

(Jurado)

Prof(a). Beatriz Echeverría

(Jurado)

Prof. Pedro Gamboa.
Jefe de Dpto. de Ing. Civil.

Firma:

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



En Ciudad Bolívar, a los días del mes de Julio de 2017

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación a las personas que hicieron posible la culminación de esta tesis. A mi madre quien me apoyo en todo momento. A mis profesores quienes nunca desistieron al enseñarme, aun sin importar que muchas veces no ponía atención en clase, a ellos que continuaron depositando su confianza en mí. Susana quien me apoyo y alentó para continuar, cuando parecía que me iba a rendir. Al profesor y tutor de tesis Dafnis Echeverría por tener le tacto y la paciencia en todo momento antes las dudas e inquietudes frente al tema propuesto en esta tesis.

Marco A. Valdez H.

Dedico este trabajo principalmente a Dios por permitirme llegar a este momento tan especial en mi carrera. Por los triunfos y momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más. A mis Padres, porque han sabido formarme con buenos principios, valores, sentimientos, hábitos, y sobre todo fe, la cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles. A mi familia en general, le dedico este triunfo, porque siempre han estado allí para apoyarme en todo momento. A mis compañeros de estudio porque sin el equipo que formamos jamás hubiéramos logrado esta meta. A mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi carrera profesional. Y sobre todo dedico este trabajo a quienes han tenido que emigrar de mi país, porque no ha sido fácil para todos los profesionales que ponemos nuestra esperanza en él, para dedicar nuestro tiempo en esta maravillosa carrera que escogimos y que muchos no podrán nunca ejercer.

Gabriel A. Álvarez A.

AGRADECIMIENTO

Estoy agradecido con todas aquellas personas que de alguna manera fueron clave para yo estar en esta etapa culminante, pues le agradezco su aporte y fe hacia mi persona.

Agradezco todas las experiencias vividas en la Universidad de Oriente y sin pasar por alto a todos los profesores con las cual tuve el privilegio de interactuar, porque de cada uno de ellos me llevo un gran aporte de sus conocimientos. A mi compañero de tesis Gabriel A. por aventurarse en este tema propuesto por ambos en la presente tesis.

Marco A. Valdez H.

En primer lugar le doy gracias a Dios por haberme dado la vida y la fuerza para superar obstáculos y dificultades. Agradezco también la confianza y el apoyo de mi Madre, la cual me ha enseñado a no desfallecer, ni rendirme ante nada y a siempre perseverar a través de sus sabios consejos. A mi Padre, por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida y sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir. A mi casa de estudio, que no pudo ser la mejor, la UDO, porque a pesar de los obstáculos siempre ha prevalecido sobre cualquier otra. A nuestro tutor y profesor Dafnis Echeverría, por toda la colaboración brindada, durante la elaboración de este proyecto. Finalmente a mi compañero Marco V. y a mis otros compañeros, que durante toda esta larga y productifera carrera me demostraron su valiosa amistad. En fin agradezco a cada uno de mis familiares que con su amor y apoyo hicieron posible esta tan ansiada culminación de carrera.

Gabriel A. Álvarez A.

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en la ribera izquierda descendente o ribera norte del río Orinoco, frente a la población de Barrancas del Orinoco en el estado Monagas. El objetivo del estudio es proponer el dimensionamiento preliminar del nuevo malecón o muro marginal frente a la población antes mencionada. Para el desarrollo de este objetivo se aplicó una metodología de investigación de tipo proyecto factible con un diseño de campo y documental. Para el logro de la investigación se realiza un reconocimiento del área de estudio; luego, se construyó un plano topográfico y las secciones transversales, con base a la información batimétrica suministrada por el Instituto Nacional de Canalizaciones, que permitirán describir geomorfológicamente dicha zona. En la base del talud de las riberas, donde se ubica el malecón, se tomaron cuatro (4) muestras de suelos para caracterizar texturalmente los sedimentos. Posteriormente, se determinó los caudales máximos históricos (últimos 50 años) del río Orinoco y las características geométricas del cauce. Asimismo, utilizando el modelo de Hjulstrum se simuló los procesos de erosión (socavación) o transporte de sedimentos y se consideró las socavaciones estimadas en el estudio de Arness y Guerrero (2016) para proponer las características que debería tener el muro marginal (malecón). Entre los resultados relevantes se concluyó que la geomorfología indica que el tramo evaluado del río Orinoco es sinuoso a recto, y su pendiente es moderada 0,003 m/m. Por otro lado, los sedimentos no consolidados del pie del talud del malecón corresponden a arenas mal gradadas (SP) y la forma de sus partículas son predominantemente sub-redondeados y redondeados. El caudal registrado máximo para el período 1989 - 1997 del río fue de 12700 m³/s. Finalmente, se propone que las dimensiones del malecón objeto de estudio tendrá 3.00 m de alto y una longitud de 400.00 m, con una sección transversal de 1.00 m de ancho en su base, 0.50 m de ancho en su cresta, con inclinaciones de talud frontal al río de 1:3 y verticales en la cara interna del malecón. El muro del malecón estaría anclado con 4 tensores de acero enterrados en dirección ortogonal a la línea de costa en secciones verticales separadas cada 10 m. Asimismo, el malecón será fundado sobre un cabezote de viga de sección cuadrada de dimensiones: largo 881 m, ancho 0.30 m y espesor 0.30 m que estará amarrado sobre dos (2) hileras de pilotes excavados vaciados en sitio que tendrán una profundidad de 10.00 m, 0.30 m de diámetro y alineados con una separación de 5.00 m entre pilotes y 0.30 m de separación entre hileras.

CONTENIDO

	Página
ACTA DE APROBACIÓN	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
RESUMEN	V
CONTENIDO	VI
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABLAS	XI
LISTA DE APÉNDICES	XII
LISTA DE ANEXOS	XIII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. SITUACIÓN A INVESTIGAR	3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Objetivos de la investigación.....	5
1.2.1 Objetivo general.....	5
1.2.2 Objetivos específicos	5
1.2 Justificación de la investigación.....	6
1.3 Alcance de la investigación	7
CAPÍTULO II. GENERALIDADES	8
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio	8
2.2 Acceso al área de estudio	9
2.3 Geología regional	9
2.4 El río Orinoco	12

2.5 Caracterización climatológica del área de estudio	15
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO	19
3.2.8 Análisis granulométrico por el método del tamizado	28
3.2.9 Forma, redondez y esfericidad.....	29
3.2.10 Representación Gráfica de los Datos Granulométricos	32
3.4 Definición de términos básicos	57
3.4.1 Sección transversal	57
3.4.2 Caudal	57
3.4.3 Afluentes.....	57
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	58
4.1 Nivel de la investigación.	58
4.2 Diseño de la investigación.	58
4.3 Población y muestra de la investigación	59
4.3.1 Población de la investigación	59
4.3.2 Muestra de la Investigación	60
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	61
4.4.1Técnicas de recolección de datos.....	61
4.4.2 Instrumentos de recolección de datos	62
4.5 Flujograma de la metodología de trabajo.	62
4.6 Procedimiento para el logro de los objetivos	63
4.6.1 Recopilación de la información y reconocimiento de campo.....	63
4.6.2 Descripción de las condiciones actuales de la estructura del malecón	64
4.6.3 Caracterización textural y geotécnica de los suelos.....	64
4.6.4 Descripción de la forma del cauce del río Orinoco frente a Barrancas.	64
4.6.5 Propuesta de dimensionamiento del malecón.....	65

CAPÍTULO V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	66
5.1 Descripción de las condiciones actuales del malecón.	66
5.2 Caracterizar texturalmente los sedimentos constituyentes de las fundaciones .	72
5.3 Descripción de la forma del cauce del río Orinoco frente a Barrancas	78
5.4 Describir las características del flujo del río frente a Barrancas del Orinoco ...	82
5.5 Características geométricas del muro marginal (malecón)	85
CAPITULO VI. PROPUESTA.....	89
6.1 Objetivo general de la propuesta	90
6.2 Objetivos específicos de la propuesta.....	90
6.3 Desarrollo de la propuesta	90
6.3.1 Dimensiones y geometría del muro marginal	90
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	92
Conclusiones.....	92
Recomendaciones.....	94
REFERENCIAS	95
APÉNDICES.....	101

LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 Ubicación relativa del área de estudio.....	8
2.2 Vía de acceso a la zona de estudio.....	9
2.3 Extensión geográfica de la formación Mesa.....	12
2.4 Clasificación climática del área de estudio según Koppen.....	16
2.5 Vegetación de sabana arbustiva de la zona norte de Barrancas del Orinoco.....	17
2.6 Vegetación acuática de hidrófitas en las riberas la la laguna de inundación ubicada al Este de Barrancas del Orinoco.....	18
3.1 Flujo de corriente a través de la capa de arena, limo y arcilla.....	28
3.2 Medición de cantos rodados y la medición de los ejes.....	30
3.3 Forma y redondez de los granos.....	32
3.4 Profundización del lecho en las curvas de un río.....	36
3.5 Muros rígidos.....	42
3.6 Esquema de varios tipos de estructuras ancladas.....	43
3.7 Protección de orilla con enrocado rip-rap.....	51
3.8 Colchones de gaviones.....	56
4.1 Flujograma de la investigación.....	64
5.1 Muro erosionado y colapsado en el extremo este del malecón.....	67
5.2 Nótese los asentamientos diferenciales.....	68
5.3 Socavación en los accesorios de servicio del malecón.....	68
5.4 Escaleras de servicio colapsadas por socavación de sus bases.....	69
5.5 Tanque de servicio del malecón en equilibrio inestable por colapso de sus bases y de la rampa de acceso a la escalera.....	70
5.6 Carpeta superior del malecón totalmente erosionada.....	71
5.7 Extremo oeste del malecón colapsado por gravedad.....	71
5.8 Fisuras tipo diaclasas que muestra la superficie del malecón	72
5.9 Fisuras u oquedades por erosión en la superficie del muro.....	72
5.10 Reparaciones fallidas de las oquedades y fisuras en la superficie del muro.....	73
5.11 Tamizado de muestras de suelo.....	75
5.12 Curva de distribución granulométrica de la muestra 1.....	75
5.13 Curva de distribución granulométrica de la muestra 2.....	76
5.14 Curva de distribución granulométrica de la muestra 3.....	76
5.15 Curva de distribución granulométrica de la muestra 4.....	77
5.16 Proceso de análisis granulométrico de la muestra de suelo.....	77
5.17 Análisis morfoscópico de las muestras de suelo.....	78
5.18 Distribución porcentual típica de la forma de las partículas.....	78
5.19 Sección transversal 1 del río Orinoco frente a Barrancas del Orinoco...	79
5.20 Sección transversal 2 del río Orinoco frente a Barrancas del Orinoco...	80

5.21	Morfología de la ribera frente a Barrancas del Orinoco.....	80
5.22	Levantamiento plani-altimétrico para determinar la geometría actual del malecón.....	81
5.23	Medición con cinta de las caminerías sobre el malecón.....	81
5.24	Imagen de satélite Landsat mostrando laguna de inundación al este de Barrancas del Orinoco isla Chivera en el río Orinoco.....	82
5.25	Niveles del río Orinoco en el sector Barrancas proyectados con el ábaco de pendientes.....	83
5.26	Correlación Niveles del agua vs caudales.....	84
5.27	Correlación de Niveles del agua vs velocidades del flujo.....	84
5.28	Esquema constructivo general del malecón actual.....	85
5.29	Vista aérea del malecón actual de Barrancas del Orinoco.....	86
5.30	Esquema general del malecón propuesto.....	87
5.31	Detalle de disposición de los pilotes.....	88
5.32	Alineamiento del eje longitudinal del malecón.....	89

LISTA DE TABLAS

	Página
3.1 Clasificación según el tamaño de las partículas de Wentworth.....	29
3.2 Ventajas y desventajas de varios tipos de muros rígidos.....	42
3.3 Ventajas y desventajas de diversos tipos de estructuras ancladas.....	43
3.4 Ventajas y desventajas de diversos tipos de estructuras enterradas.....	44
5.1 Coordenadas de ubicación de las muestras de suelos.....	74
5.2 Aforos efectuados en la sección Chivera Norte del río Orinoco.....	83
5.3 Coordenadas geográficas y cotas de los vértices del eje del alineamiento longitudinal del malecón.....	88
5.4 Alineamiento del eje longitudinal del malecón.....	88

LISTA DE APÉNDICES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS	103
A.1 Análisis granulométrico de la muestra 1.....	104
A.2 Análisis granulométrico de la muestra 2.....	104
A.3 Análisis granulométrico de la muestra 3.....	105
A.4 Análisis granulométrico de la muestra 4.....	105

LISTA DE ANEXOS

- 1 MAPA BATIMÉTRICO DEL SECTOR BARRANCAS DEL RÍO ORINOCO
- 2 MAPA TOPOGRÁFICO DEL MALECÓN DE BARRANCAS DEL ORINOCO

INTRODUCCIÓN

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

Por otra parte, las poblaciones ribereñas de grandes ríos que presentan regímenes de ascenso y descenso de sus niveles de agua, tal como ocurre en la zona tropical, se ven expuestas a las inundaciones que se producen en ocasión de las crecientes de estos ríos.

El río Orinoco afecta en sus crecidas a la mayoría de las poblaciones ubicadas en sus riberas; tal es el caso de Caicara del Orinoco, Ciudad Bolívar y Barrancas del Orinoco, entre otras. Todas ellas poseen muros marginales (malecones) que fueron construidos como defensa de la infraestructura de la ciudad. Sin embargo, el malecón de la población de Barrancas del Orinoco se encuentra destruido en varias partes debido presumiblemente a las socavaciones y asentamientos diferenciales que se han producido en las fundaciones del muro durante el ascenso de los niveles de agua del río.

En vista de ello, se tratará en esta investigación de presentar una propuesta para el dimensionamiento preliminar de un nuevo muro marginal para la población de Barrancas del Orinoco.

Esta investigación se estructura en seis (6) capítulos:

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

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

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

Desde la aparición del hombre en la tierra, el mismo ha sido testigo, muchas veces sin entenderlo, del desarrollo del ciclo del agua en la naturaleza, el cual ha sido tema de estudio a lo largo de los años. Sin embargo, el hombre si ha comprendido que sin la presencia de agua su existencia es imposible, por lo que en todo el planeta, las diversas comunidades humanas, de casi cualquier etnia, han elegido las riberas de los ríos como fuente de agua dulce para su abastecimiento propio, para los cultivos, para saciar la sed de sus animales, como fuente de materia prima como agregado para material de construcción, etc.

Con el transcurrir del tiempo estas necesidades se fueron incrementando hasta el estado actual de las cosas, en el que el hombre no solo requiere el agua para su subsistencia sino para un elevado porcentaje de sus actividades domésticas, comerciales e industriales.

Venezuela no es una excepción de esta situación, y a todo lo ancho y largo del país podemos observar muchísimas poblaciones y grupos humanos, de pequeña y gran magnitud, ubicados o arraigados en las riberas de los ríos a lo largo de toda su trayectoria. Ejemplo de ello, es el principal, más grande y caudaloso de los ríos de nuestro país: el río Orinoco, a lo largo del cual se encuentran las poblaciones de Puerto Ayacucho, Caicara del Orinoco, Las Majadas, Mapire, La Urbana, El Almacén, Ciudad Bolívar, Puerto Ordaz, San Félix, Barrancas del Orinoco, etc.

Ahora bien, el río Orinoco, por tratarse de un río tropical, está sometido a variaciones estacionales de períodos de lluvia y períodos de sequía que de alguna manera condicionan los ascensos y descensos de los niveles del agua, de sus caudales y de las velocidades de las corrientes. Subsecuentemente, tal variabilidad hidrológica genera también una variación en el régimen de erosión, transporte de sedimentos y depositación de los mismos, produciéndose significativos cambios en las características geomorfológicas del río.

La capacidad erosiva y de transporte de sedimentos del río Orinoco se incrementa con el ascenso del nivel de sus aguas. Este poder erosivo se observa, entre otros lugares, en los procesos de socavación de las márgenes y riberas del río. En vista de ello, el hombre se ha visto en la necesidad de crear barreras (muros marginales y malecones) para la protección de las infraestructuras (poblaciones) que ha construido en las orillas del río padre.

Al sur del estado Monagas, a orillas del río Orinoco casi en el ápice del delta, se encuentra la población de Barrancas del Orinoco. En dicha población existe un malecón que presumiblemente por acción de las socavaciones efectuadas por la corriente en las fundaciones de esta obra civil ha generado su colapso parcial, ameritando la reevaluación de estas evidencias para asumir los diseños preliminares de su reconstrucción total o parcial.

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

¿Cuál es el estado actual del malecón ubicado en la población de Barrancas del Orinoco?

¿Cuáles son las características texturales y geotécnicas de los materiales que constituyen el lecho del cauce y riberas del río y de la ubicación de las fundaciones frente al área de estudio?

¿Cuáles son las características geomorfológicas de las riberas y del cauce del río frente a la población de Barrancas del Orinoco?

¿Cómo son las características temporales del flujo del río en función de los niveles del agua, de las velocidades y direcciones de corrientes y caudales del río Orinoco frente al área de estudio.

¿Cómo sería el diseño geométrico, dimensional y de trazado en planta y perfil de un nuevo malecón para la población de Barrancas del Orinoco?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Efectuar el dimensionamiento preliminar de un nuevo malecón frente al río Orinoco para la población de Barrancas del Orinoco, estado Monagas, Venezuela.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Describir las condiciones actuales de la estructura del malecón.
2. Caracterizar textural y geotécnicamente los materiales del cauce del río Orinoco y del sitio de fundación del malecón.

3. Describir la forma del cauce del río Orinoco en el sector Barrancas con base a sus secciones transversales, configuración del lecho y pendiente longitudinal del cauce.
4. Describir las características temporales del flujo del río frente a Barrancas del Orinoco con base a los niveles de la superficie del agua, patrones de corrientes y a los caudales medidos y registrados por el Instituto Nacional de Canalizaciones en dicho sector.
5. Determinar las características geométricas, dimensionales y el trazado en planta y perfil del nuevo malecón.

1.2 Justificación de la investigación

La población de Barrancas del Orinoco tiene actualmente frente al río Orinoco un malecón cuyas fundaciones y estructura han sido objeto del ataque de la erosión y socavación producida por la corriente del río. Esto ha generado que gran parte de la estructura ha colapsado por asentamientos diferenciales y agrietamiento de la estructura y fundaciones produciendo casi el desplome de la obra, en algunos lugares, sobre la ribera del río.

En vista de ello, y considerando la importancia estratégica e histórica que tiene la población, se ha considerado efectuar los estudios tendentes para efectuar el dimensionamiento preliminar de un nuevo malecón que sirva como defensa de la población ante los ataques erosivos del río, como mirador turístico, como sitio de atraque de las embarcaciones que arriban a ese puerto y centro de acopio y venta de los productos que los pescadores y agricultores traen hasta este puerto para su venta.

1.3 Alcance de la investigación

En esta investigación se plantea hacer una revisión de las características geotécnicas de los materiales presentes en el cauce y sitio de fundación del nuevo malecón frente al río Orinoco para la población de Barrancas del Orinoco. Así mismo, se efectuará una descripción de las condiciones del flujo del agua en el sector en función a los niveles que alcanza la superficie del agua, de las magnitudes de la velocidad y direcciones de la corriente y el caudal del río. Así mismo, se describirá geomorfológicamente el cauce del río frente a la población de Barrancas del Orinoco con base a la información batimétrica del río en el sector. Posteriormente, se realizará el dimensionamiento y trazado en planta y perfil del nuevo malecón en el área de estudio.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

La zona de estudio está ubicada en el sur del estado Monagas, específicamente en la población de Barrancas del Orinoco (Figura 2.1). Según los paralelos la ubicación geográfica del tramo medio del río está comprendida entre las coordenadas del Sistema Universal Mercator (UTM): N 961200, N 959000; E 588700 y E 589300 (huso: 20, elipsoide de referencia: WGS-84, Datum horizontal: La Canoa, Datum vertical: Nivel medio del mar).

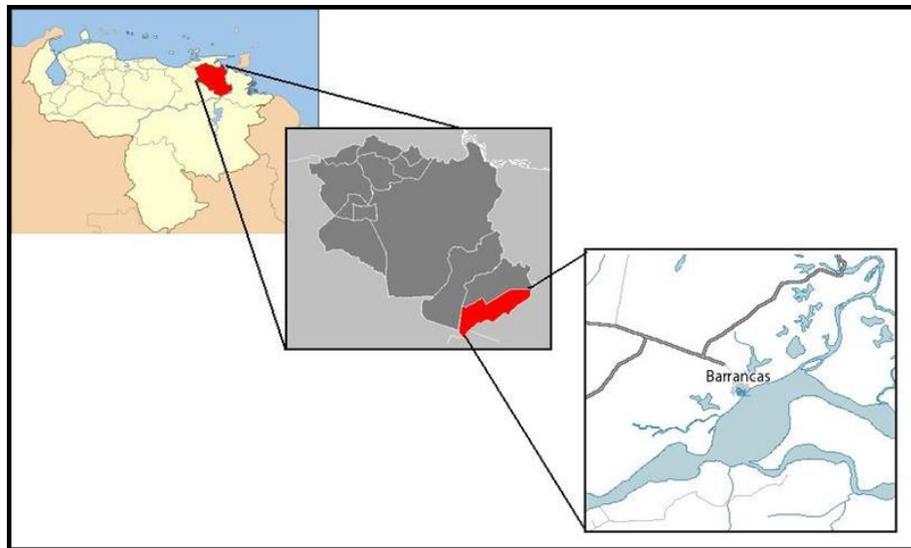


Figura 2.1 Ubicación relativa del área de estudio.

2.2 Acceso al área de estudio

La principal vía de acceso a la zona es a través de la carretera asfaltada. Iniciando en Ciudad Bolívar, en dirección este hacia Puerto Ordaz por la troncal 19, se continúa el recorrido en dirección norte atravesando el puente Orinoquia y luego tomando la carretera en dirección este, hacia la población de Tucupita, pero finalmente, tomando desvío hacia el sur hasta la población de Barrancas del Orinoco. (Figura 2.2).



Figura 2.2 Vía de acceso a la zona de estudio en imagen satelital Landsat (Google Earth, 2017).

2.3 Geología regional

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

Según Hedberg y Pyre, (1944) en González de Juana, 1980 fue designada como los sedimentos jóvenes que cubren las masas de Venezuela oriental. No se ha designado una sección tipo, debido a que la formación aflora en casi todas las mesas, con secciones representativas. En particular se han mencionado, la Mesa de Guanipa (Anzoátegui), la Mesa de Tonoro y Santa Bárbara (Monagas). Se extiende por los llanos centro-orientales y orientales (estados Guárico, Anzoátegui, Monagas). Se encuentran algunos afloramientos en los estados Sucre y Bolívar, inmediatamente al Sur del río Orinoco.

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

En la Formación Mesa se han encontrado fósiles de agua dulce, asociados con arcillas ligníticas y restos de madera silicificada. En Santa Bárbara de Maturín, la parte superior (76 m) consiste en gravas con intercalaciones de arenas y arcilla roja y amarillo intenso: la parte inferior (60 m) formada por clásticos finos (arenas gris y blanco, intercaladas con arenas arcillosas y arcillas gris abigarradas). Al suroeste de

Maturín, la Formación Mesa está compuesta por arcillas moteadas y abigarradas, con nódulos sin arena. En los llanos centro-orientales, la formación, está constituida por arenas no compactadas. González de Juana, (1980).

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

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

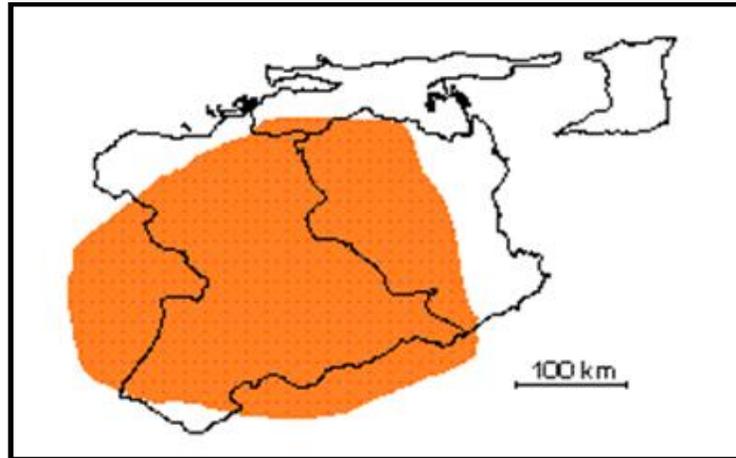


Figura 2.3 Extensión geográfica de la Formación Mesa (PDVSA Intevep, 2001).

2.4 El río Orinoco

El río Orinoco es el río más largo y caudaloso del norte del continente suramericano, con una longitud de 2140 Km aproximadamente. Su nacimiento se encuentra en un punto inmediato a la frontera entre el estado Amazonas y Brasil al sureste, en el cerro Delgado Chalbaud, y se desplaza primero hacia el oeste, y luego al norte y finalmente toma la dirección este para llevar sus aguas al océano Atlántico.

Para describir la característica de su curso se le divide en 4 secciones, como lo son: el alto Orinoco, Orinoco medio, el bajo Orinoco y el delta del Orinoco.

El alto Orinoco se considera comprendido entre el nacimiento del río y el raudal de los Guaharibos. En esta parte es un río de montañas, que por su perfil irregular presenta numerosos saltos. Los primeros 80 km se encuentran bordeados de una densa selva. Siguiendo su curso se encuentra con su primer afluente el río Ugueto, con esta unión el Orinoco alcanza una anchura de 51m y su cauce una profundidad de 4 metros, así va descendiendo de altitud y los saltos son sustituidos por canoas y otras

embarcaciones ligeras a medida que desciende, también se va ensanchando a los 240 km del nacimiento del río termina el alto Orinoco, en el raudal de los Guaharibos con violentos rápidos producidos por los bruscos movimientos en el descenso de las aguas.

La extensión del Orinoco medio es de aproximadamente 750 km que van desde los raudales de los Guaharibos al del raudal de atures. A medida que va recibiendo afluentes se va ensanchando desde 400 hasta 1500 m de orilla a orilla, durante este proceso empiezan a aparecer en su cauce islas arenosas producto de la deposición de sedimentos, su caudal alcanza 2500 m³/seg. Se une con la cuenca del Casiquiare a unos 20 km de la Esmeralda, así pues quedan unidas las cuencas del Amazonas con la del Orinoco. Los raudales de Maipure al norte de la isla Ratón y los raudales de atures al sur de Puerto Ayacucho caracterizan el tramo final de esta sección del río.

La sección correspondiente al bajo Orinoco es la de mayor desarrollo económico y donde se concentra la mayor cantidad de población además presenta notables diferencias en sus tramos que van desde los raudales de atures a Piacoa con una extensión de 950 km. en su curso recibe una gran cantidad de afluentes que van contribuyendo con el aporte de caudal y sedimentos.

El delta del Orinoco tiene como alrededor 30.000 km² de superficie producto de la actividad del Orinoco y sus afluentes, sin embargo, esta extensión aumentará ya que, el delta está todavía en proceso de formación. El vértice del delta está situado entre Barranca y Piacoa, la costa atlántica forma su base la cual posee 275 km de largo entre Pedernales al norte y Punta Barima al sur. Su área no está limitada por el Orinoco ya que se extiende por el golfo de Paria por el norte y Amacuro por el sur. El delta se originó debido a la llegada del Orinoco al océano Atlántico con numerosos sedimentos aportados por sus afluentes las cuales forman numerosas islas que son

separadas por brazos y caños. Los grandes caños poseen de 30 km de largo y 20 m de profundidad entre ellos: El Macareo, Sacupana, Araguao, Tucupita, Pedernales, Cocuima y el brazo del río Grande. Sin embargo, la dirección, sitio y amplitud de estos caños pueden cambiar debido a las grandes crecidas del Orinoco (Instituto Nacional de Canalización. 1996).

2.4.1 Hidrografía del río Orinoco

El río Orinoco es el primero en Venezuela, el tercero en América y el noveno en los grandes ríos del mundo. Nace entre Sierra de Parima y Tapirapeco, en los límites con Brasil a 1070 m de altitud y a 70 m de la cumbre de la montaña Delgado Chalbaud, ubicado en las tierras más antiguas del planeta.

Este río posee una cuenca hidrográfica que abarca un área aproximadamente de 830.000 Km² de los cuales 640.000 Km² representan territorio venezolano, el resto de la cuenca en el territorio colombiano.

El Orinoco se estudia en tres tramos: Alto Orinoco, desde sus cabeceras hasta San Fernando de Atapabo. En este tramo cerca de Tama-Tama, el Orinoco pierde partes de sus aguas que se van por Casiquiare hasta el río Negro y la cuenca del Amazonas.

El Orinoco Medio, comprendido entre el puerto de San Fernando de Atapabo y el río Apure.

El Bajo Orinoco, desde el río Apure hasta el océano Atlántico, a donde llega mediante el llamado Delta del Orinoco. En su cauce principal se encuentran alrededor de 574 islas, afloramientos del basamento cristalino y acumulaciones de sedimentos por su margen derecha recibe unos 95 ríos y unos 290 subafuentes y por su margen

izquierda 99 ríos y unos 230 subafluentes más sin contar innumerables, riachuelos arroyos caños y quebradas.

La morfología y la actividad sedimentaria dinámica siendo el Orinoco río típicamente aluvial, su fondo no son estable y se modifica de acuerdo a la carga de los sedimentos, el caudal y la época del año. El caudal varía considerablemente en función de las variaciones de pluviosidad, pudiéndose separar los momentos de crecidas o periodos de caudal mayor de los periodos débil caudal (Instituto Nacional de Canalización. 1996).

2.5 Caracterización climatológica del área de estudio

Según la clasificación climática de Koppen es la diversidad fisiográfica del territorio nacional y su ubicación latitudinal la que determinan la existencia de 13 zonas climática distintas en Venezuela. La zona de estudio conforme a este sistema de clasificación es característica de los llanos orientales por el relieve entre plano y ondulado por lo cual le corresponde un clima de bosque húmedo tropófito y sabanas (herbazales).

Los factores que determinan este tipo climático son la baja latitud que le confiere temperaturas altas durante todo el año, la altitud sobre el nivel del mar que la ubican en el piso tropical, la distribución anual de las lluvias que definen dos periodos y la influencia de los vientos (Figura 2.4). La zona de estudio conforme a este sistema de clasificación es característica de los llanos centrales por el relieve entre plano y ondulado. Sin embargo, de acuerdo al sistema de clasificación de Holdridge el bio-clima de la zona es del tipo Bosque seco tropical de sabana (bs-T).

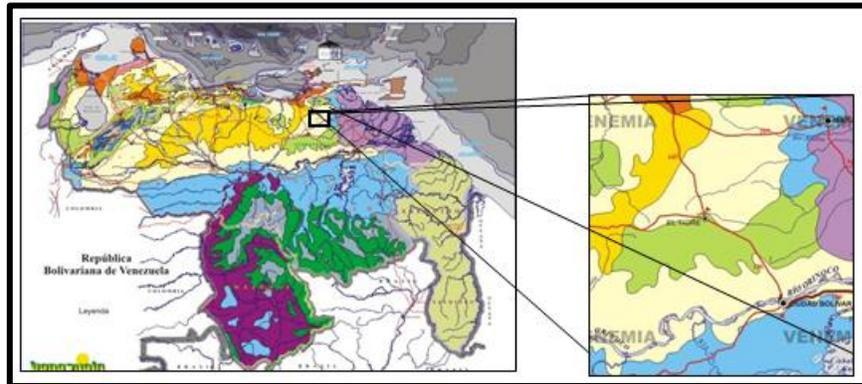


Figura 2.4 Clasificación climática del área de estudio según Köppen, W., 1936 (Venemia.com).

Para la zona de estudio se tomó como referencia los parámetros climatológicos obtenidos de la estación meteorológica de Temblador cuyas coordenadas son $09^{\circ} 01''$ de latitud norte y $62^{\circ} 37'$ de longitud oeste, para el período 1989-1998 (10 años).

Además, se consideró la clasificación climatológica según una de las metodologías básicas la cual se basa en un diagrama triangular construido por tres escalas logarítmicas, en donde se expresan las magnitudes de los elementos esenciales para especificar las zonas de vida de la flora y la fauna (Gobernación de Monagas. 2014).

2.6 Flora

La vegetación es de tipo arbustiva muy densa, cuyo componente floral es de tipo tropical de sabana húmeda con elevada humedad, relacionados a sedimentos de tipos arenosos y arcillosos caracterizados por árboles de mediana altitud.

Entre las especies vegetales dominantes se encuentran la paja peluda, púas, enredaderas, morichales, merey, chaparro, manteco, guaritoto, bejucos, entre otros.



Figura 2.5 Vegetación de sabana arbustiva de la zona norte de Barrancas del Orinoco.

También es importante resaltar la presencia de extensas colonias de plantas acuáticas a lo largo de toda la ribera de la laguna de inundación ubicada al este de la población de Barrancas del Orinoco. Tal situación permite inferir la naturaleza anaeróbica de la laguna en cuestión; mientras que también sugiere la presencia de una ictiofauna pobre (Figura 2.6).



Figura 2.6 Vegetación acuática de hidrófitas (boras) en las riberas de la laguna de inundación ubicada al este de la población de Barrancas del Orinoco.

La vegetación que está es la sabana (gramíneas) predominan los pastos naturales, bosques medianos y bosques bajos a los márgenes del río, Bosques medianos y bosques bajos, morichales, selvas de galería y también posee también plantaciones de pinos (Gobernación de Monagas. 2014).

Araguaney, cayena, niña bonita, bella a las 11, apamate, pino caribe, eucalipto, moriche, lirios de agua, lirios (Gobernación de Monagas. 2014).

2.7 Fauna

Peces de río (morocoto, coporo, rayado, busco, lau lau), aves (guacamayas, loros, garzas, alcaravanes), ganado vacuno y porcino, ganado caprino, tigres, osos hormigueros, cachicamos, iguanas, caimanes, morrocoy (Gobernación de Monagas. 2014).

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes o estudios previos.

Arness y Guerrero (2016), elaboraron una investigación titulada “Estudio sobre la erosión y socavación en las fundaciones del malecón de la población Barrancas del Orinoco, estado Monagas, Venezuela”, en el cual se realiza una descripción de los aspectos hidrológicos, geotécnico-texturales y geomorfológicos que prevalecen en el área de estudio y cuyos resultados son un valioso aporte para la investigación que se pretende realizar en el sector Barrancas por tratarse de la misma área de estudio de la presente investigación.

Bejarano, M. (2000), elaboró un trabajo de grado titulado “Estudio Geomorfológico e Hidrodinámico del sector Barrancas en el río Orinoco, estado Monagas, Venezuela”. Dicho trabajo tuvo como objetivo principal describir las condiciones del flujo en cuanto a su velocidad, caudal y niveles, así como también caracterizar texturalmente los sedimentos del lecho de dicho sector. Esta investigación metodológicamente significa un aporte valioso como guía del presente estudio.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Canales abiertos

Un canal abierto es un conducto en el cual el agua, fluye con una superficie libre. De acuerdo con su origen un canal puede ser natural o artificial. En los canales naturales influyen todos los tipos de agua que existen de manera natural en la tierra,

los cuales varían en tamaño desde pequeños arroyuelos en zonas montañosas hasta quebradas, arroyos, ríos pequeños y grandes, y estuarios de mareas. Las corrientes subterráneas que transportan agua con una superficie libre también son consideradas como canales abiertos naturales.

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

Los canales artificiales son aquellos construidos o desarrollados mediante el esfuerzo humano: canales de navegación, canales de centrales hidroeléctricas, canales y canaletas de irrigación, cunetas de drenaje, vertederos, canales de desborde, canaletas de madera, cunetas a lo largo de carreteras etc., así como canales de modelos de laboratorio con propósitos experimentales; las propiedades hidráulicas de estos canales pueden ser controladas hasta un nivel deseado o diseñadas para cumplir unos requisitos determinados. La aplicación de las teorías hidráulicas a canales artificiales producirán, por tanto, resultados bastantes similares a las condiciones reales y, por consiguiente, son razonablemente exactos para propósitos prácticos de diseños (Chow, 2000).

3.2.2 Tipos de flujo en canales

3.2.2.1 Flujo permanente.

Un flujo permanente es aquel en el que las propiedades fluidas, son constantes en el tiempo, a pesar de que las mismas no lo sean en el espacio. Las características

de este tipo de flujo se pueden describir como: Velocidad (V), Caudal (Q), y Calado (h), estas son independientes del tiempo, pero podrían variar a lo largo del canal.

3.2.2.2 Flujo transitorio o no permanente.

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

3.2.2.3 Flujo uniforme.

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

3.2.2.4 Flujo gradualmente variado.

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

3.2.2.5 Flujo sub-crítico o flujo lento.

Es el nivel efectivo del agua en una determinada sección.

3.2.2.6 Flujo crítico.

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

3.2.2.7 Flujo supercrítico.

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

3.2.3 Estados del flujo

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

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

3.2.3.1 Flujo laminar

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

3.2.3.2 Flujo turbulento

El flujo es turbulento si las fuerzas viscosas son débiles comparadas con las fuerzas de inercia. En el flujo turbulento, las partículas del fluido se mueven en

recorridos irregulares, los cuales no son ni calmados ni determinados pero en su conjunto todavía representan el movimiento hacia adelante de la corriente total.

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

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

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

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

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

3.2.4 Distribución de velocidades en canales

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

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

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

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

3.2.5 Geometría de canal

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

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

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

3.2.6 Degradación del cauce

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

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

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

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

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

1. Abrasión: es la reducción en tamaño de las partículas de sedimento por acción mecánica, tal como impacto, deslizamiento, frotación (fricción), rotación, salto, suspensión intermitente o continua (dependiendo de la intensidad del flujo).
2. Selección o clasificación hidráulica: consiste en el agrupamiento, por la acción del flujo, de las partículas de sedimento que responden al flujo en una manera similar; al mismo tiempo, en la separación de aquellas partículas que responden al flujo en una forma diferente.

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

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

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

3.2.7 Hidrología fluvial

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

El volumen de material transportado, sometido a cualquiera de los mecanismos de transporte pero siempre en contacto con el fondo del río, es que se llama carga de fondo donde una corriente de agua fluyendo sobre una capa de arena, limo y arcilla puede transportar partículas por dos vías: tal como la carga o peso de sedimentos.

El material es rodado y movido a lo largo de la parte más baja; o la carga suspendida, donde el volumen del material restante, el cual está constituido por las partículas finas que son transportadas sin tener contacto con el fondo del canal (en suspensión) y se le denomina carga en suspensión (Figura 3.1).

Estos dos parámetros mencionados son los que definen la configuración geométrica del canal y el tipo de depósito allí presente (Hjulstrom, F., 1935).

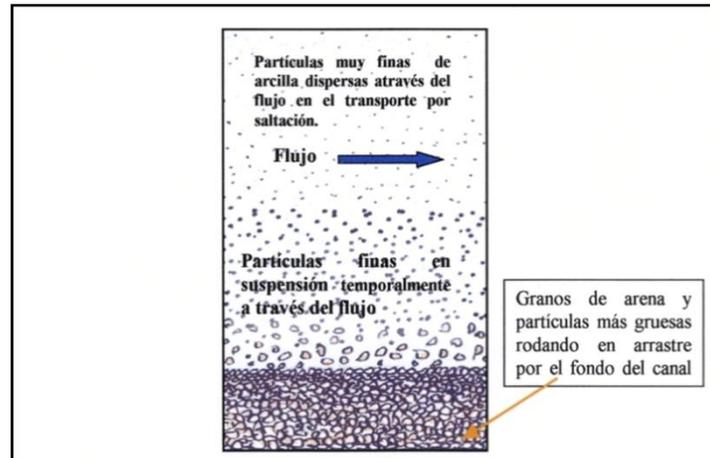


Figura 3.1 Flujo de corriente a través de la capa de arena, limo y arcilla mostrando su medio de transporte (Modificado de Hjulstrom, F., 1935).

3.2.8 Análisis granulométrico por el método del tamizado

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

Los resultados del mismo servirán para determinar la competencia y eficiencia del agente de transporte, así como también en caso de ser este último el agua, la mayor o menor proximidad de la roca generadora (Pettijohn F, 1970).

En el análisis de granulometría consiste en separar y clasificar a través de un juego de tamices, para lograr separar en forma cuantitativa las proporciones en peso de las partículas de diferentes tamaños que existen en cada muestra. La tabla de clasificación según el tamaño de las partículas de Wentworth (Tabla 3.1), es la más comúnmente usada para el análisis de sedimentos (Pettijohn, 1949).

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

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

3.2.9 Forma, redondez y esfericidad

3.2.9.1 Forma

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

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

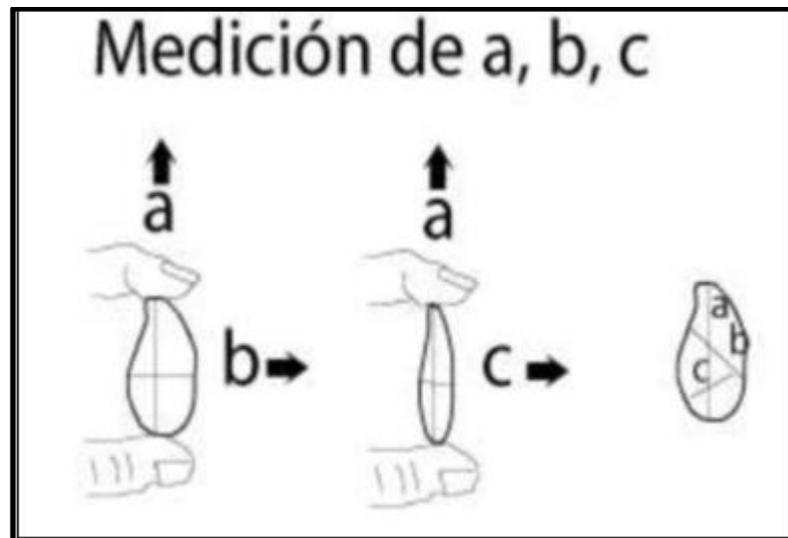


Figura 3.2 Medición de cantos rodados y la posición de los ejes mayor (a), intermedio (b) y menor (c) (Krumbein, 1941 en Pettijhon, 1957, 1970).

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

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

3.2.9.2 Redondez

La redondez, es la propiedad geométrica de las partículas que nos ayuda a interpretar por medio de un análisis morfológico, la historia geológica de los sedimentos, basándonos en la clasificación comúnmente usada como lo es la clasificación de Pettijohn (1980). Podemos resumir esta clasificación en lo siguiente (Figura 3.3).

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

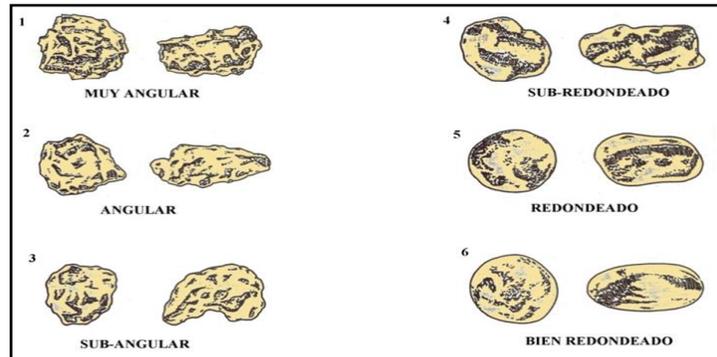


Figura 3.3 Forma y redondez de los granos (Modificado Redrawn, 1953).

3.2.9.3 Esfericidad

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

3.2.10 Representación gráfica de los datos granulométricos

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

3.2.10.1 Histograma de frecuencia

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

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

3.2.10.2 Curva de frecuencia simple

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

3.2.10.3 Curva de frecuencia acumulativa Phi

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

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

Uniéndolos estos puntos se obtiene la curva de frecuencia acumulativa.

3.2.11 Morfología de ríos sinuosos

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

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

3.2.12 Afectación de la morfología de un río sinuoso

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

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

3.2.13 Erosión de márgenes

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

3.2.14 Procesos físicos del flujo en curvas

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

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

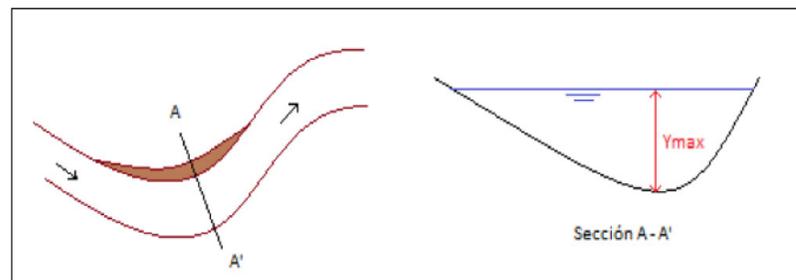


Figura 3.4 Profundización del lecho en la curva de un río (Cardenas, 2012).

3.3. Socavación

La erosión, por su escala de acción espacial, puede distinguirse entre erosión general del fondo y erosión local. La primera se puede explicar por la acción de un flujo de agua sobre el fondo del cauce. Afecta a tramos largos del cauce y sería la

única o primordial en un cauce recto y libre de singularidades, como obstáculos. La erosión local, en cambio, se explica por la acción de un flujo más complejo, que en una sección recta de la corriente (horizontal o vertical) requeriría una descripción bidimensional de las velocidades. Se presenta asociada a singularidades como obstáculos o a sectores curvos del cauce (CVC -UNIVALLE, 2011).

3.3.1 Socavación general

La determinación de las profundidades de erosión general (o erosión natural o decreciente) que sufre un cauce natural ante la ocurrencia de una crecida es un tema de gran importancia en la ingeniería. El cálculo aproximado de la forma y dimensiones que adquiere la sección transversal erosionada resulta de utilidad como elemento de ayuda.

Para la toma de decisiones en lo referente al diseño de obras de cruce a través del cauce, tales como puentes, tuberías, túneles subfluviales, etc. Existen múltiples y variadas metodologías para calcular la erosión general, aunque la gran mayoría de las mismas resulta de naturaleza puramente empírica, es decir, sin el sustento teórico que permita justiciar los planteos fundamentales.

Una de las posibilidades para el cálculo de la erosión general es la aplicación de modelos numéricos para cálculos morfológicos. En general, estos modelos se basan en la solución numérica de las ecuaciones generales del movimiento de agua con transporte de sedimentos. Los mismos se aplican a un tramo de cauce que incluya la sección en cuestión y los algoritmos internos resuelven el sistema para la hidrógrafa de diseño con condiciones iniciales y de contorno dadas. Existen varios modelos matemáticos para cálculos morfológicos, tales como HEC2SR, HEC-6, MOBED y FLUVIAL, entre otros, sin embargo, para la aplicación, calibración y explotación de estos modelos es necesario disponer de una cantidad de información importante e

inversiones significativas en software, hardware, entrenamiento de personal y soporte técnico. Todos estos requerimientos muchas veces son difíciles de satisfacer, y por ello resulta de interés el empleo de los métodos semi- empíricos para la estimación de la erosión general. (Farías, Pílan 2005).

En la literatura se encuentra disponible un número significativo de expresiones de cálculo que permiten evaluar la profundidad esperada debido a procesos de erosión general.

3.3.2 Socavación local debido a estructuras (Espolones)

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

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

3.3.3 Obras de protección de orillas

Las obras de protección de orillas son estructuras construidas para proteger las áreas aledañas a los ríos contra los procesos de erosión de sus márgenes producto de la excesiva velocidad del agua, que tiende arrastrar el material del fondo y de las bancas del río, debido al régimen de precipitaciones abundantes sobre todo en época de invierno. Estas obras se colocan en puntos localizados, especialmente para

proteger algunas poblaciones y, singularmente, las vías de comunicación u otras obras de arte construidas cerca del borde del río. Las obras de protección de orillas pueden ser efectivas para el área particular que se va a defender, pero también pueden cambiar el régimen natural del flujo y tener efectos sobre áreas aledañas, estos efectos deben ser analizados antes de construir las obras.

Para el diseño de estas obras es muy importante tener conocimiento del comportamiento de la corriente, de cómo ocurren los mecanismos de erosión y de las fuerzas que pueden actuar sobre las estructuras de protección que se construyan. El conocimiento inadecuado de los procesos de erosión activos y potenciales en un sitio específico pueden conducir a la falla del sistema de protección.

Existen tres tipos principales de estructuras hidráulicas de protección: estructuras longitudinales, estructuras transversales y combinación de ellas. Una de las decisiones más importantes en el diseño es el escoger el tipo de estructura que mejor cumpla con la función para la cual se construye a un menor costo económico.

Es importante anotar que cualquier tipo de protección de banca debe ser llevado hasta el lecho del río, y estar provisto de una buena cimentación y un buen filtro, adaptado a las condiciones del subsuelo, como lo es un drenaje de suficiente capacidad bajo un revestimiento más o menos impermeable. Donde se proveen protecciones permeables es necesario suministrar suficiente drenaje desde la pendiente para que el aire no sea atrapado.

3.3.4 Criterios generales de diseño

Para el diseño de obras de protección se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

Caudales de Diseño. Cantidad de agua que transporta el río en diferentes condiciones como son: máximos, medios y mínimos.

Los caudales de diseño de una obra de protección deben estar relacionados con el nivel de riesgo que podría conllevar la falla de la obra. Por ejemplo la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) recomienda periodos de retorno de 100 años y cuando existen asentamientos humanos, periodos de retorno de 200 y 500 años. Para el caso de zonas agrícolas la CVC recomienda que la altura de los diques corresponda a una frecuencia de 1 en 30 años.

Sección geométrica de la corriente. Para el diseño hidráulico y para establecer el efecto de las estructuras de protección sobre las secciones donde se construyen, es importante tener un levantamiento topográfico del canal aguas arriba y aguas abajo del sitio crítico que definan las características principales como son anchos, profundidades, taludes, etc.

Análisis morfológico e hidráulico. Se debe realizar un estudio previo de las condiciones de geología y morfología del río, perfil longitudinal, localización y variaciones del thalweg, sinuosidad, meandros, dinámica fluvial, efectos de la intervención antrópica, tamaños, forma y mecanismos de transporte de sedimentos y análisis de la socavación.

Así mismo se deben analizar las condiciones hidráulicas, velocidades del agua, fuerzas tractivas, tipos de flujo (en ocasiones es muy necesario definir las trayectorias de las líneas de corriente).

Determinación de la longitud a proteger. La longitud que se requiere proteger de la orilla de una corriente depende de las condiciones locales del sitio. En términos generales la protección debe cubrir una distancia mayor que la longitud impactada en

forma severa por las fuerzas de erosión. Sin embargo, no es fácil determinar a primera vista cual es verdaderamente la zona que se requiere proteger, teniendo en cuenta que los problemas tratan de ampliarse tanto, aguas arriba como aguas abajo. La AASHTO recomienda, para el caso de protección de corrientes junto a carreteras, construir obras en una longitud que incluye la zona erosionada y una vez el ancho del canal aguas arriba y 1.5 veces el ancho del canal hacia aguas abajo (Suarez, 2001).

La anterior consideración tiene en cuenta que generalmente el problema trata de extenderse más hacia aguas abajo que hacia aguas arriba, aunque la extensión definitiva debe responder a un análisis completo de la dinámica de la corriente.

Altura y profundidad de la zona a proteger. La altura a proteger la define principalmente la altura de la berma en el sitio, mientras que la profundidad de protección debe considerar las características de socavación, degradación y sedimentación del canal.

Las protecciones deben prolongarse hasta el fondo del canal y enterrarse una profundidad superior a la profundidad máxima de socavación estimada o diseñar protecciones que se acomoden a la socavación en el momento de su ocurrencia, teniendo en cuenta que la causa principal de falla de las obras de protección es la socavación.

Tipo de obra: Existe una gran cantidad de obras de protección de orillas; el tipo a utilizar depende de la disponibilidad de materiales para su construcción, de las necesidades del diseño, especialmente de la fuerza tractiva de la corriente y de la pendiente del talud, y de la disponibilidad de recursos.

Especificaciones de Diseño: El diseño debe incluir, además, los materiales para la construcción, el tamaño y características de los elementos individuales, la sub-base

granular si se requiere, el filtro para protección contra la erosión de la cimentación, las protecciones del pie y de la cresta, los sistemas de anclaje y las demás características de construcción que sean necesarias.

3.3.5 Protecciones longitudinales

3.3.5.1 Muros

Muros masivos rígidos: Son estructuras rígidas, generalmente de concreto, las cuales no permiten deformaciones importantes sin romperse. Se apoyan sobre suelos competentes para transmitir fuerzas de su cimentación al cuerpo del muro y de esta forma generar fuerzas de contención. En el Tabla 3.2 se presenta un resumen de las ventajas y desventajas y en la Figura 3.5 un esquema de este tipo de muros.

Tabla 3.2 Ventajas y desventajas de varios tipos de muros rígidos (Cardenas, 2012).

Muro	Ventajas	Desventajas
Reforzado	Los muros de concreto armado pueden emplearse en alturas grandes (superiores a diez metros), previo su diseño estructural y estabilidad. Se utilizan métodos convencionales de construcción, en los cuales la mayoría de los maestros de construcción tienen experiencia.	Requieren de buen piso de cimentación. Son antieconómicos en alturas muy grandes y requieren de formaletas especiales. Su poco peso los hace inefectivos en muchos casos de estabilización de deslizamientos de masas grandes de suelo.
Concreto simple	Relativamente simples de construir y mantener, pueden construirse en curvas y en diferentes formas para propósitos arquitectónicos y pueden colocarse enchapes para su apariencia exterior.	Se requiere una muy buena fundación y no permite deformaciones importantes, se necesitan cantidades grandes de concreto y un tiempo de curado, antes de que puedan trabajar efectivamente. Generalmente son antieconómicos para alturas de más de tres metros.
Concreto ciclópeo	Similares a los de concreto simple. Utilizan bloques o cantos de roca como material embebido, disminuyendo los volúmenes de concreto.	El concreto ciclópeo (cantos de roca y concreto) no puede soportar esfuerzos de flexión grandes.

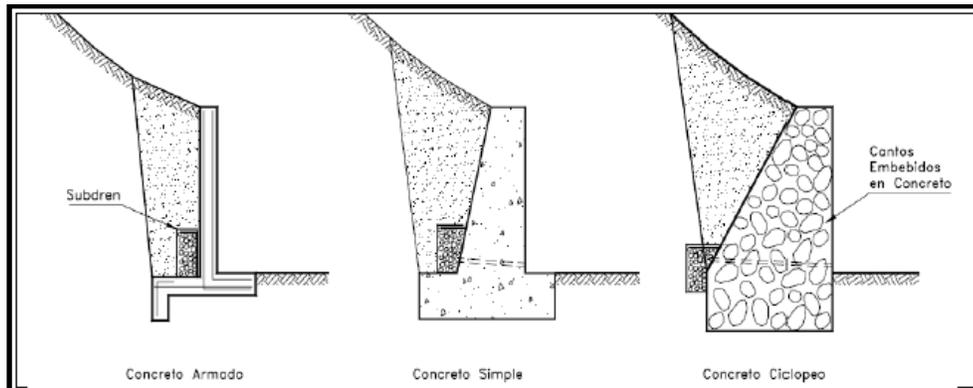


Figura 3.5 Muros rígidos (Cardenas, 2012).

3.3.5.2 Estructuras ancladas

En las estructuras ancladas se colocan varillas o tendones generalmente, de acero en perforaciones realizadas con taladro, posteriormente se inyectan con un cemento. Los anclajes pueden ser pretensados para colocar una carga sobre un bulbo cementado o pueden ser cementados simplemente sin colocarles carga activa. (Figura 3.6).

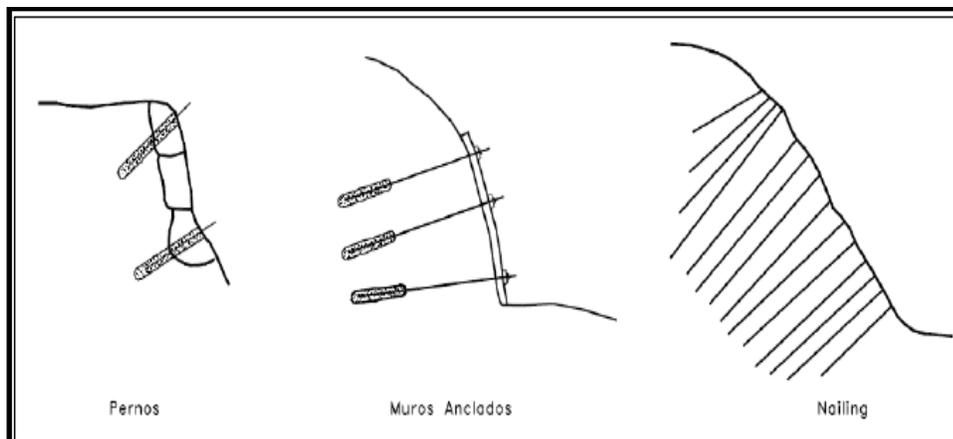


Figura 3.6 Esquema de varios tipos de estructuras ancladas (Cardenas 2012).

Tabla 3.3 Ventajas y desventajas de los diversos tipos de estructuras ancladas (Cardenas, 2012).

Estructura	Ventajas	Desventajas
Anclajes y pernos individuales	Permiten la estabilización de bloques individuales o puntos específicos dentro de un macizo de roca.	Pueden sufrir corrosión.
Muros Anclados	Se pueden construir en forma progresiva de arriba hacia abajo, a medida que se avanza con el proceso de excavación. Permiten excavar junto a edificios o estructuras. Permiten alturas considerables.	Los elementos de refuerzo pueden sufrir corrosión en ambientes ácidos. Se puede requerir un mantenimiento permanente (tensionamiento). Con frecuencia se roban las tuercas y elementos de anclaje. Para su construcción se puede requerir el permiso del vecino. Su construcción es muy costosa.
Nailing o pilotillos tipo raíz (rootpiles)	Muy eficientes como elemento de refuerzo en materiales fracturados o sueltos.	Generalmente se requiere una cantidad grande de pilotillos para estabilizar un talud específico lo cual los hace costosos.

3.3.5.3 Estructuras enterradas

Son estructuras esbeltas, las cuales generalmente trabajan empotradas en su punta inferior. Internamente están sometidas a esfuerzos de flexión y cortante.

Tabla 3.4 Ventajas y desventajas de diversos tipos de estructuras enterradas (Cardenas, 2012).

Estructura	Ventajas	Desventajas
Tablestaca	Su construcción es rápida y no requiere cortes previos. Son de fácil construcción junto a los cuerpos de agua o ríos.	No se pueden construir en sitios con presencia de roca o cantos. Su construcción es muy costosa.
Pilotes	Se pueden construir rápidamente.	Se puede requerir un número grande de pilotes para estabilizar una orilla.
Pilas o Caissons	No se requiere cortar el talud antes de construirlo. Se utilizan sistemas convencionales de construcción. Pueden construirse en sitios de difícil acceso. Varios caissons pueden ser construidos simultáneamente.	Se requieren profundizar muy por debajo del pie de la excavación. Su costo generalmente es elevado. La excavación puede requerir control del nivel freático. Debe tenerse especial cuidado en las excavaciones para evitar accidentes.

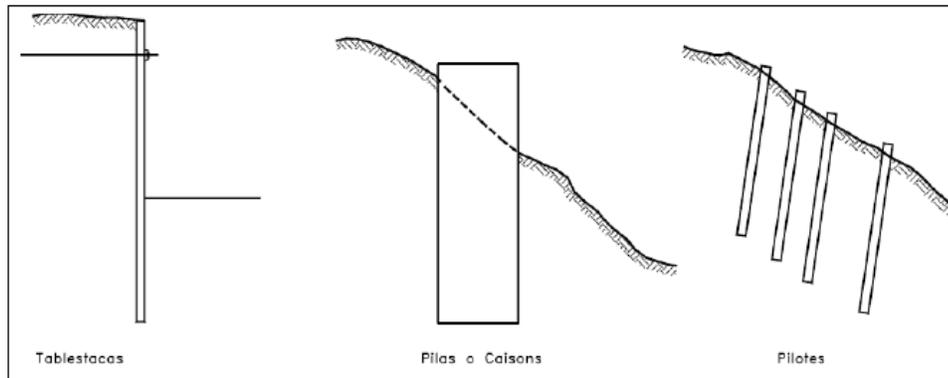


Figura 3.7 Esquema de varios tipos de estructuras enterradas (Cardenas, 2012).

3.3.5.4 Revestimientos

Los revestimientos son estructuras de refuerzo de la superficie del suelo, construidas con el objeto de aumentar la resistencia al esfuerzo tractivo del agua en movimiento; el objetivo de estas obras es el de aislar el suelo de la corriente para evitar el desprendimiento, contener el suelo para minimizar el riesgo de deslizamiento por socavación o erosión en el pie de los taludes y, en algunos casos, servir de estructura disipadora de la energía de la corriente.

El diseño de una estructura de protección lateral de una corriente de agua requiere de un análisis detallado, no solamente del comportamiento de la estructura, sino también de los efectos del revestimiento sobre la erosión de fondo o la erosión en las orillas contiguas u opuestas. Generalmente el revestimiento de la orilla induce erosión en el fondo del cauce junto al revestimiento, y se requiere que la estructura incluya obras de protección en el pie para el control de la socavación generada.

El término revestimiento se refiere a un sistema completo de protección, consistente en:

- Una armadura o manto superficial de protección
- Un filtro o base protectora contra la erosión debajo de la armadura

- Una protección contra la socavación en el pie del talud revestido
- Una protección o anclaje del revestimiento en la cabeza o cresta del revestimiento

Las estructuras de revestimiento pueden ser permeables o impermeables, rígidas o flexibles. Un revestimiento flexible permite cierto grado de movimiento o deformación debido al asentamiento del suelo del talud, manteniéndose el contacto permanente y continuo de la cimentación. Un revestimiento rígido no permite movimientos, a excepción del asentamiento uniforme de toda la estructura.

Un revestimiento permeable permite el libre paso del agua, mientras uno impermeable no permite el flujo de agua a su través.

La capa de filtro se coloca debajo de la armadura para garantizar el sub-drenaje del sistema de revestimiento, evitando la formación de presiones de poros en exceso y previniendo la migración de finos del suelo. Esta capa puede ser construida con materiales de filtro naturales, como grava o arena o por filtros sintéticos o geotextiles.

3.3.5.5 Análisis para el diseño

Para el diseño del revestimiento del talud de la ribera de una corriente se pueden utilizar dos procedimientos:

- ❖ Diseño basado en la velocidad: este sistema es el más sencillo debido a que generalmente, existe conocimiento sobre la velocidad probable de diseño de la corriente. Puede diseñarse con base en la velocidad promedio del canal o trabajar con la velocidad en la superficie del cauce. Debido a la falta de información, generalmente se diseña para la velocidad media de la corriente.

- ❖ Diseño basado en la fuerza tractiva de la corriente: cuando se tiene información completa sobre las fuerzas hidráulicas que actúan sobre el suelo se puede diseñar utilizando los criterios físicos de la fuerza tractiva. Existe una gran cantidad de modelos matemáticos para el diseño de revestimientos utilizando el criterio de fuerza tractiva.
 1. Fuerza de las olas: el ataque de las corrientes de agua y de las olas sobre los revestimientos genera unas condiciones de flujo muy complejas sobre y a través del revestimiento y el filtro. El revestimiento puede estar sujeto a fuerzas de levantamiento por el movimiento del agua hacia arriba del talud. Las fuerzas de levantamiento dinámico pueden ocurrir como un resultado de las ondas generadas por el viento o por las embarcaciones, las cuales causan unos ascensos rápidos de la presión de poros y del nivel de agua junto al revestimiento. La presión de agua genera un flujo interno hacia arriba en el filtro y el revestimiento.
 2. La fuerza de levantamiento: depende de la altura de la ola, la pendiente del talud y el espesor del revestimiento. Estas fuerzas de levantamiento son mayores en el momento de ocurrencia de las olas de mayor tamaño. Existe una gran cantidad de fórmulas para calcular esta fuerza, como las desarrolladas por Pilarczyk, que son muy completas y confiables.
 3. Adicionalmente al análisis de estabilidad del revestimiento debido a la fuerza del flujo de agua y de las olas se deben realizar análisis de deslizamiento sobre la superficie del talud y de estabilidad general del talud, teniendo en cuenta las presiones de poros, causadas por el flujo y el oleaje.

3.3.5.6 Mecanismos de falla en los revestimientos

Exceso de presión de poros. El exceso de presión de poros es uno de los más importantes mecanismos de falla de los revestimientos. Si la protección diseñada es de baja permeabilidad comparada con el subsuelo, las olas o la turbulencia generan un exceso de presión de poros debajo del revestimiento, el cual puede producir la licuación o el flujo del suelo inmediatamente debajo del revestimiento, generándose su deslizamiento. Los revestimientos permeables permiten la disipación de esa presión en la medida de que el agua pueda salir de la capa de revestimiento.

Migración de finos debajo del revestimiento. Otro problema generado por el agua en la orilla es la migración interna de granos por acción de los gradientes hidráulicos.

Este proceso de erosión interna es más grave en suelos con coeficiente de uniformidad $C_u = D_{60}/D_{10} > 10$. Si la porosidad de la protección es alta se pueden perder materiales finos del suelo de cimentación, lo cual puede causar la eventual falla del revestimiento; igualmente puede producirse migración de finos de la capa de filtro hacia el revestimiento. En esos casos debe colocarse un filtro de geotextil entre el revestimiento y el material subyacente.

Deslizamiento del revestimiento. El deslizamiento del revestimiento ocurre cuando la componente del peso de este paralelo al talud es mayor que la fuerza de fricción entre el revestimiento y el talud o cuando no existe apoyo adecuado en el pie del revestimiento.

La posibilidad de ocurrencia de deslizamiento puede aumentarse por la ocurrencia de depresiones de levantamiento sobre la parte inferior del revestimiento, las cuales reducen la fricción entre la coraza y el filtro. Si los bloques del revestimiento

en la zona cercana a la línea de agua no están bien sujetos pueden deslizarse independientemente del área restante de revestimiento.

Asentamiento diferencial. Los revestimientos rígidos no deben utilizarse donde exista la posibilidad de ocurrencia de asentamientos diferenciales en el suelo de cimentación.

Cualquier asentamiento debajo del revestimiento rígido puede resultar en vacíos que producen puntos de debilidad, los cuales pueden conducir a la falla.

En los sitios en los cuales exista posibilidad de algún grado de asentamiento diferencial debe utilizarse un revestimiento flexible; sin embargo, un revestimiento flexible no es una solución para suelos mal compactados o materiales inestables, el suelo de cimentación debe ser esencialmente estable en condiciones estáticas sin revestimiento.

Socavación en el pie del revestimiento. La construcción de una estructura de revestimiento puede causar un incremento en la velocidad de la corriente del cauce junto al revestimiento, el cual a su vez causa un aumento de la erosión y la socavación.

Este fenómeno puede manifestarse con la formación de fosas de socavación en el pie de la estructura y esta socavación puede producir la falla de la estructura. Para prevenir este fenómeno es importante construir una protección adecuada en el pie del revestimiento. Existe una gran cantidad de procedimientos de protección del pie del revestimiento, desde sistemas muy sencillos hasta obras profundas como tablestacados.

El tipo de protección del pie de la estructura depende de los niveles de socavación esperados.

Estabilidad del talud. La falla por estabilidad del talud puede ocurrir por la ocurrencia de depresiones de poros relacionadas con la presencia de la corriente, por abatimientos rápidos del nivel de agua o por problemas geotécnicos internos del talud de la orilla.

3.3.5.7 Enrocado o riprap

Consiste en bloques o cantos de roca de diferentes tamaños y formas irregulares colocados sobre el talud a lo largo de la orilla de una corriente. La estabilidad del conjunto se proporciona por el peso de los bloques individuales y el entrelace entre ellos. El enrocado se utiliza cuando hay disponibilidad de roca con canteras cercanas. Se prefieren las piedras con forma de bloque (irregulares) que las elongadas o redondeadas.

La pendiente máxima normalmente aceptada de una ribera para la colocación de enrocados es 2H:1V. En el caso de utilizar grandes bloques semi-rectangulares se permiten pendientes hasta 1.5H:1V. Para pendientes mayores se requieren muros de contención.

Se debe utilizar piedras no redondeadas, preferiblemente de forma tabloide con espesores superiores a 100 mm, las piedras pueden colocarse sueltas (ver Figura 3.7) o pegadas con mortero o concreto. En el caso de utilizar uniones de concreto se requiere construir juntas de dilatación cada 10 a 20 metros. Debajo de la piedra es necesario colocar un manto de geotextil o filtro para evitar el lavado de las partículas finas de suelo del talud. Debido a su habilidad para resistir fuertes corrientes el enrocado es un método efectivo y generalmente de bajo costo y es, tal vez, el material

más utilizado para la protección de riberas de ríos. El uso de revestimientos de roca cubre un gran rango de aplicaciones, desde la protección directa contra el impacto de flujo hasta la construcción de capas de filtro debajo de otros materiales. El enrocado puede ser colocado en forma aleatoria o colocando bloque por bloque. El enrocado se adapta fácilmente a los movimientos del terreno, se repara en forma sencilla, puede aumentarse su espesor si se requiere, controla los efectos del oleaje y permite el crecimiento de vegetación.



Figura 3.8 Protección de orilla con enrocado Riprap (Cardenas, 2012).

3.3.5.8 Bloques de concreto

Los bloques prefabricados de concreto son utilizados con mucha frecuencia para el revestimiento de orillas de ríos en sitios de turbulencia baja a media; estos bloques son comúnmente utilizados para revestimientos en sitios donde no es posible conseguir bloques de roca y económicamente es mejor la prefabricación de bloques en concreto.

Los bloques de concreto pueden ser libres o pueden estar entrecruzados o ligados por medio de cables. Los bloques simples pueden colocarse libremente sobre el talud apoyándose en su peso unitario y su fricción. Los bloques pueden estar entrelazados, lo cual les da una mayor estabilidad.

La mayoría de los sistemas de revestimientos con bloques de concreto para riberas de ríos son objeto de patentes y ellos se clasifican en cinco categorías:

1. Bloques individuales sueltos colocados al volteo (camarones).
2. Bloques individuales colocados a mano (adoquines).
3. Bloques articulados unidos por varillas de acero.
4. Bloques conectados por medio de cables.
5. Geo-celdas celulares rellenas de concreto.

Bloques de piedra o de concreto pegados con concreto

En este sistema los vacíos entre los elementos se rellenan de concreto para formar un revestimiento monolítico. Su comportamiento es muy similar al de un revestimiento totalmente en concreto. Comparativamente con el uso de piedra suelta, la piedra pegada permite la utilización de partículas más pequeñas, pero la permeabilidad del revestimiento es necesariamente menor. Existen varias formas de cementar el enrocado, así:

1. Colocación de las piedras a mano conjuntamente con el mortero o concreto.
2. Colocación del cemento o mortero encima del enrocado. La mezcla no necesariamente penetra la totalidad del revestimiento y solo llena aproximadamente 1/3 de los vacíos.

3. Inyección completa del enrocado con lechada de cemento.

3.3.5.9 Revestimientos de concreto

La colocación de un revestimiento total en concreto es un sistema muy utilizado para taludes de gran pendiente. Los revestimientos en placa de concreto fundida en el sitio se consideran como uno de los sistemas de protección más efectivos que existe y es muy común su utilización para canalizar ríos en zonas urbanas.

Generalmente se requiere refuerzo cuando la pendiente de los taludes es mayor a 1H:1V. Se acostumbra colocar elementos de anclaje debajo de la pantalla para evitar su deslizamiento. Estos elementos pueden consistir en varillas de acero (pernos) o elementos de concreto que se pueden fundir integralmente con la pantalla.

El revestimiento en concreto puede hacerse fundiendo directamente en el sitio, utilizando concreto corriente o empleando concreto o mortero lanzado (gunita). El espesor de estos revestimientos varía de 8 a 10 centímetros para morteros y de 10 a 20 centímetros para concretos. En los casos de pendientes muy suaves y velocidades bajas del agua se puede emplear mortero con concreto simple. El concreto debe tener muy buena resistencia al desgaste y es común exigir resistencias de 4000 PSI.

La construcción de pantallas de concreto puede realizarse utilizando colchonetas preformadas elaboradas con geotextil, las cuales se colocan sobre el talud y luego se inyecta el mortero o concreto en forma similar a las que se utilizan para el control de erosión en ríos. En este caso se elabora un sistema de capa de espesor uniforme de entre 75 y 100 mm.

Se requieren juntas de contracción impermeabilizada cada seis a nueve metros y aditivos en el concreto para disminuir el agrietamiento. Se acostumbra colocar juntas

de contracción cada seis metros y de dilatación cada veinte a veinticinco metros. Debido a la rigidez del revestimiento su fundación debe ser buena y estable. Deben proveerse lloraderas y se recomienda colocar una capa de material filtrante debajo de la placa de concreto de mínimo 150 mm de espesor.

En los bordes perimetrales del revestimiento se recomienda construir vigas más profundas para evitar la socavación. El pie de la protección debe estar por debajo de la profundidad de socavación calculada o bajarla hasta la roca. En ocasiones se requiere colocar una tablestaca de pie para obtener la seguridad necesaria.

3.3.5.10 Concreto o mortero lanzado

El concreto lanzado tiene la facilidad de poderse aplicar sobre superficies irregulares, pero es sensible a los asentamientos y agrietamientos. Las especificaciones de sus materiales son muy similares a las utilizadas para los concretos convencionales. Se requiere que los agregados prevengan la segregación. Se recomienda juntas cada tres metros. Los espesores de concreto varían de cinco a quince centímetros y se recomienda reforzar con malla electro soldada.

Para los agregados se recomienda usar grava natural y piedra triturada, por las mejores características de bombeo de las partículas de la grava natural. Por otro lado, la calidad del agregado que requiere el concreto lanzado es la misma que la de un concreto de buena calidad.

3.3.5.11 Placas prefabricadas de concreto

Las placas prefabricadas de concreto generalmente son menos atractivas desde el punto de vista funcional con relación a las placas fundidas en sitio; sin embargo, la gran ventaja es la posibilidad de utilizar placas aligeradas, su funcionamiento es muy

similar al de las placas fundidas pero su eficiencia es generalmente menor y resisten velocidades menores.

3.3.5.12 Armazones o marcos de concreto

Consisten en sistemas de marcos o vigas que simulan pórticos sobre la superficie de espacios libres para la siembra de vegetación o colocación de otro tipo de revestimientos. Los marcos pueden ser prefabricados o fundidos sobre el talud y se recomienda instalar sistemas de anclaje para evitar su deslizamiento. Los marcos o vigas generalmente llevan un refuerzo para garantizar su rigidez y evitar su agrietamiento.

3.3.5.13 Revestimiento con paneles metálicos tridimensionales

En Europa se desarrolló un sistema de estructuras o paneles en tres dimensiones construidos con acero galvanizado u otros elementos metálicos protegidos contra la corrosión. La estructura metálica con espesor puede tener hasta 15 centímetros, es anclada con pernos. Después de colocada la estructura se rellena con suelo o roca, se coloca concreto lanzado o puede revegetalizarse utilizando procedimientos estándar de hidro-siembra.

3.3.5.14 Geotextiles rellenos de concreto

Los colchones de geotextil rellenos de concreto o arena son muy utilizados para la protección de riberas. El relleno es inyectado al colchón y el geotextil ayuda a la formación de un colchón uniforme flexible pero relativamente integral. Generalmente estos colchones se fabrican con fibras de alta resistencia, como poliéster, nylon y polipropileno, y se manufacturan en un amplio rango de formas. Los colchones de

concreto se construyen con dos capas de geotextil, unidos en tal forma que se inyecta concreto entre las dos capas.

En la construcción del sistema de geotextiles se dejan espacios a los cuales no puede entrar el concreto. Estos espacios actúan como punto de filtro para permitir el paso del agua. Estos productos generalmente están sujetos a patentes y los propietarios presentan sus propias indicaciones para el diseño, la instalación y el mantenimiento. Los puntos de filtro son elementos esenciales para garantizar la permeabilidad del sistema y debe siempre preguntarse a los proveedores sobre el sistema de filtración que se utiliza en cada producto.

3.3.5.15 Colchones de gaviones o colchoneta reno

La utilización de pantallas o colchones en gaviones es una práctica muy utilizada en los taludes donde se esperan flujos importantes de agua. El sistema consiste en la colocación de una pantalla superficial de gaviones sobre el talud, un filtro y un apoyo en el pie. Debajo de los gaviones se debe colocar una tela geotextil. Los gaviones pueden vegetalizarse utilizando estacas vivas que penetren totalmente el espesor de la pantalla.

Los gaviones son colchones de alambre galvanizado rellenos con piedra, bloques de concreto u otros materiales duros. Se pueden utilizar mallas tejidas en triple torsión o soldadas. En Europa generalmente estas mallas están cubiertas en PVC para ayudar a resistir la abrasión y oxidación de los alambres. En ocasiones los gaviones se inyectan con lechada de cemento, mortero o asfalto. Las pantallas de gaviones pueden construirse directamente sobre la superficie del talud o pueden prefabricarse y luego colocarse. Los gaviones pueden ser rectangulares o cilíndricos (Figura 3.8).

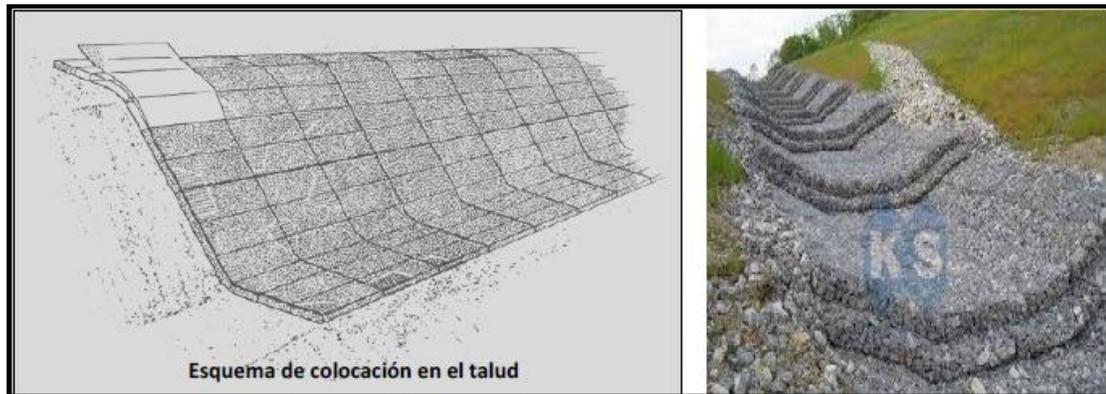


Figura 3.8 Colchones en gaviones (Cardenas, 2012).

3.3.5.16 Colchones sintéticos rellenos de bloques de roca

Este sistema consiste en colchones contruidos con geo-mallas de polietileno de alta densidad (HDPE), rellenos de bloques de roca de diámetro de 2 a 4 pulgadas.

Estos colchones poseen una serie de compartimentos de aproximadamente 50centímetros. El tamaño de los colchones debe ser tal que facilite su colocación. Una dimensión típica puede ser 10 metros de largo por 1.5 metros de ancho y 30Esquema de colocación en el talud centímetros de espesor. Los colchones son prefabricados por fuera de la orilla, izados por medio de grúas sobre remolcadores y colocados bajo el agua. Generalmente llevan incorporada una tela geotextil para filtro. Sobre los colchones se puede colocar enrocado para mejorar la estabilidad de la obra. Este sistema se ha utilizado recientemente junto a las esclusas del canal de Panamá, para proteger los taludes de la erosión producida por el flujo de las hélices de los remolcadores que mueven los barcos.

3.4 Definición de términos básicos

3.4.1 Sección transversal

Son líneas imaginarias que representan cada sección transversal son materializadas en la superficie del río colocando cuerdas entre ribera y ribera, atadas convenientemente a estacas hincadas en las márgenes (Torres, A. y Villate, F., 1975)

3.4.2 Caudal

Es el volumen de agua que pasa por una determinada sección transversal en la unidad de tiempo, generalmente se expresan en m^3/s . (Ordoñez, J., 2011).

3.4.3 Afluentes

Corresponde a un curso de agua, también llamado tributario, que desemboca en otro río más importante con el cual se une en un lugar llamado confluencia. Ordoñez, J. (2011).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

En la investigación a realizar, el objetivo central del estudio se focalizó en la caracterización de los procesos modificadores de las riberas del río (erosión, transporte y sedimentación) con la finalidad de proponer una protección adecuada (malecón) para las infraestructuras de la población de Barrancas del Orinoco en el estado Monagas; desarrollándose con base a dos criterios específicos: su tipo o nivel y su diseño.

4.1 Nivel de la investigación.

Balestríni M. (2006), dice que la investigación aplicada o también referida como proyecto factible “Consiste en una proposición sustentada en un modelo operativo factible, orientada a resolver un problema planteado o a satisfacer necesidades en una institución o campo de interés nacional” (p.130).

Esta investigación es del tipo proyecto factible, ya que realiza una proposición sustentada de un modelo estructural realizable en la construcción de un malecón para la población de Barrancas del Orinoco, ubicada en el municipio Sotillo del estado Monagas, Venezuela.

4.2 Diseño de la investigación.

Según el autor (Arias, F., 2012), define: la investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en

fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas, como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos.

Dice que esta investigación es documental porque requiere del análisis de la información de carácter hidrológico medida y registrada por el Instituto Nacional de Canalizaciones.

Por otra parte, Palella y Martins, (2010), definen que la Investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables. Estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural. El investigador no manipula variables debido a que esto hace perder el ambiente de naturalidad en el cual se manifiesta.

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

En la presente investigación se tomarán datos directamente en el área de estudio, tales como: muestras de suelos, datos topográficos, fotografías de la estructura, entre otras.

4.3 Población y muestra de la investigación

4.3.1 Población de la investigación

Se entiende por población el conjunto finito o infinito de elementos con características comunes, para los cuales serán extensivas las conclusiones de la

investigación. Esta queda limitada por el problema y por los objetivos del estudio”. (Arias, F., 2006).

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

En el presente caso se considerará como población de la investigación todas las características y materiales de las riberas del río Orinoco frente a la población de Barrancas del Orinoco.

4.3.2 Muestra de la Investigación

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

Sin embargo, no todas las muestras resultan útiles para llevar a cabo un trabajo de investigación. Lo que se busca al emplear una muestra es que, observando una porción relativamente reducida de unidades, se obtengan conclusiones semejantes a las que lograríamos si estudiáramos el universo total. Cuando una muestra cumple con esta condición, es decir, cuando nos refleja en sus unidades lo que ocurre en el universo, la llamamos muestra representativa. Sus conclusiones son susceptibles de ser generalizadas al conjunto del universo, aunque para ello debemos añadir un cierto margen de error en nuestras proyecciones. Casi todas las muestras que se utilizan en las investigaciones son muestras representativas. (Galtung, 1971).

La muestra de la presente investigación será considerada de igual tamaño que la población por considerarse esta de dimensiones finitas y mensurables.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para obtener información relevante proveniente de la realidad objeto de estudio será necesario utilizar distintos instrumentos de recolección, como lo define Sabino, (2006): “Un instrumento de recolección de datos, en un principio es cualquier recurso del que se vale un investigador para acercarse a fenómenos y extraer de ellos información”. En tal sentido, y en relación a los objetivos definidos en el presente estudio ubicado en un contexto de investigación proyectiva, se utilizarán diversas técnicas de recolección de datos para cumplir con las metas propuestas.

4.4.1 Técnicas de recolección de datos

4.4.1.1 Revisión y análisis documental.

La revisión literaria, permitirá extraer las bases teóricas y los antecedentes del problema de investigación, sirviendo como herramientas documentales que sustenten el trabajo propuesto, como lo expresa Tamayo, (2006): “la revisión Literaria es el fundamento de la parte teórica de la investigación y permite conocer a nivel documental las investigaciones relacionadas con el problema planteado”.

4.4.1.2 Observación directa

Tamayo, (2006), define observación directa como: “Aquella en la cual el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación”.

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

4.4.2 Instrumentos de recolección de datos

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

1. Equipo topográfico (teodolito, mira, cinta métrica, brújula, gps, jalón, entre otros.)
2. Equipo de computación.
3. Programas de aplicación (Autocad, HEC-RAS, Word, Excel, Power point, etc.).
4. Equipo de muestreo de suelos (pala, bolsas, marcadores, cordeles, etc).
5. Equipo de laboratorio (tamices, tamizadora, balanza, microscopio, horno, etc.).

4.5 Flujograma de la metodología de trabajo.

A fin de realizar la investigación con mayor eficiencia y cumplir con los objetivos propuestos para la elaboración del proyecto factible antes mencionado en la ribera izquierda descendente frente a la población de Barrancas del Orinoco, estado Monagas, se plantean las siguientes actividades:

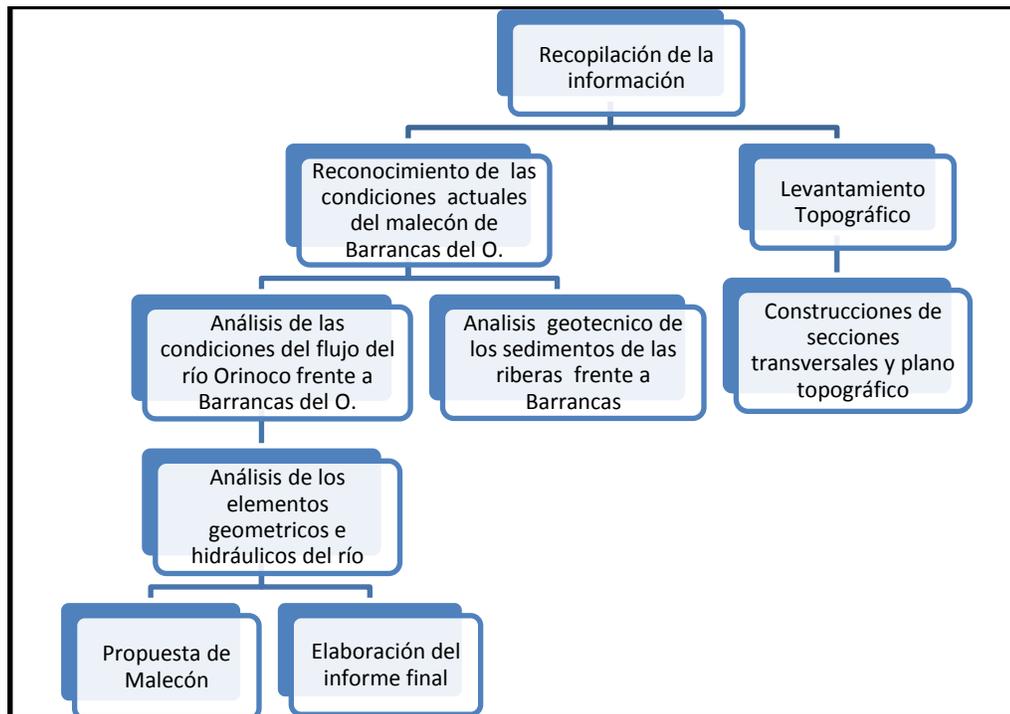


Figura 4.1 Flujograma de la investigación

4.6 Procedimiento para el logro de los objetivos

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

4.6.1 Recopilación de la información y reconocimiento de campo

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

En la parte bibliográfica fueron revisados trabajos de investigación y libros relacionados al tema de estudio, información extraída en la biblioteca de la

Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar. Además de trabajos de investigación publicados en la web referentes a esta investigación.

En cuanto a la inspección en campo, esta se realiza para la selección del área definitiva de trabajo y la escogencia de la mejor estrategia para la ejecución de las actividades en campo.

4.6.2 Descripción de las condiciones actuales de la estructura del malecón

Se efectuará el reconocimiento en campo de las condiciones en que se encuentra el actual malecón de Barrancas del Orinoco.

4.6.3 Caracterización textural de los materiales de fundación del malecón

En primer lugar se efectuará una revisión de las características de los materiales de las fundaciones del malecón reportada por Arness y Guerrero (2016). Posteriormente, se revisarán las socavaciones potenciales que se producirían en el malecón.

4.6.4 Descripción de la forma de la sección transversal del cauce del río Orinoco frente a la población de Barrancas con base al levantamiento batimétrico del cauce.

Para el logro de este objetivo se determinarán los parámetros dimensionales correspondientes al cauce en la zona de estudio. En ella se delimitará la morfometría del cauce en su sección transversal utilizando el levantamiento batimétrico efectuado por el Instituto Nacional de Canalizaciones.

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

4.6.5 Describir las características del flujo del río frente a Barrancas del Orinoco con base a los niveles de la superficie del agua, y a los caudales medidos y registrados por el Instituto Nacional de Canalizaciones en dicho sector

Construir una correlación de los niveles del agua, caudales y velocidades de la corriente del río con base a los aforos realizados por el Instituto Nacional de Canalizaciones.

4.6.5 Propuesta de dimensionamiento del malecón

Se presentará las dimensiones y geometría propuesta para el nuevo malecón con base a las socavaciones potenciales que se producirían en las cimentaciones y a la altura que podría alcanzar el nivel de la superficie del agua del río.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

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

5.1 Descripción de las condiciones actuales del malecón de la población de Barrancas.

El malecón o muro marginal actual de la población de Barrancas del Orinoco presenta una serie de problemas estructurales generados por los asentamientos diferenciales que se han estado presentado durante la vida operativa de dicha obra. En ese orden de ideas, se observan varias secciones del malecón que han sufrido colapso parcial y total en su integridad física, lo cual ha sido ocasionado por las socavaciones periódicas que sufren las fundaciones del malecón, las cuales propician la pérdida de parte de los materiales que integran las cimentaciones.



Figura 5.1 Muro erosionado y colapsado en el extremo Este del malecón.



Figura 5.2 Nótese los asentamientos diferenciales donde indica la flecha.

En la Figura 5.3 se puede observar los efectos de la socavación localizada en la parte inferior de la escalera de servicio del malecón. Estos accesorios del muro se ven afectados notoriamente por efecto de la corriente del río Orinoco ya que su disposición geométrica los coloca como salientes del muro hacia el flujo del río.



Figura 5.3 Socavación en los accesorios de servicio del malecón.



Figura 5.4 Escaleras de servicio colapsadas por socavación de sus bases.

Asimismo, otro de los accesorios de servicio del malecón que también ha colapsado por la inestabilidad de los cimientos del malecón, son los tanques de almacenamiento de agua potable, que se utilizaba para prestar servicio de suministro del vital líquido a las pequeñas embarcaciones de pescadores que utilizaban este malecón como puerto de atraque (Figura 5.5).



Figura 5.5 Tanque de servicio del malecón en equilibrio inestable por colapso de sus bases y rampa de acceso a escaleras de servicio totalmente erosionadas por la corriente.

La cresta o parte superior del malecón también ha sufrido erosión y en algunos tramos, como se observa en la Figura 5.6, ha desaparecido por completo la carpeta de concreto.

Cabe destacar que esta circunstancia debilita aún más las capacidades del malecón ya que la pérdida de la carpeta de concreto de la cresta facilita la infiltración y percolación de las aguas de escorrentía de origen pluvial, incrementando los empujes activos sobre el muro y debilitando el muro mismo por saturación del concreto de la cara interna del malecón.



Figura 5.6 Carpeta superior del malecón totalmente erosionada.

La socavación de las fundaciones del muro ocasiona el colapso del mismo por gravedad ante la pérdida de sustentación al erosionarse los suelos de los cimientos. Un ejemplo de ello se puede observar en la Figura 5.7, donde se muestra el colapso del malecón en su extremo oeste (aguas arriba).



Figura 5.7 Extremo oeste del Malecón, colapsado por gravedad, obsérvese socavación inferior.

Para el momento de elaboración de esta investigación son numerosas las evidencias de que la integridad física del muro propiamente dicho se encuentra seriamente comprometido. Muestra de ello, son las fisuras y oquedades producto de la erosión que presenta en varios tramos (Figura 5.8 a 5.10).



Figura 5.8 Fisuras tipo diaclasas que muestra la superficie del malecón.

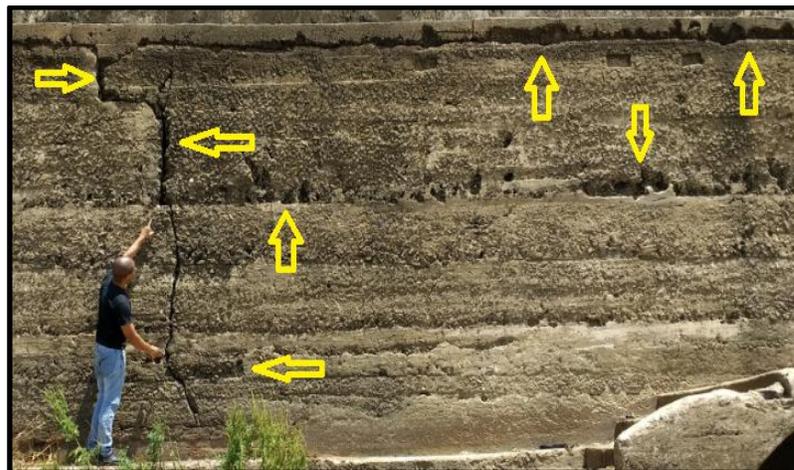


Figura 5.9 Fisuras y oquedades por erosión en la superficie del muro.



Figura 5.10 Reparaciones fallidas de las oquedades y fisuras en la superficie del muro.

5.2 Caracterizar texturalmente los sedimentos constituyentes de las fundaciones del malecón de la población de Barrancas.

Para la determinación de las características de los parámetros texturales de los materiales que constituyen las fundaciones del malecón de la población de Barrancas, se tomaron cuatro (4) muestras (distribuidas a lo largo de la ribera izquierda del río, en el sitio de fundaciones del muro) (Tabla 5.1). Cada una de las muestras fue envasada, etiquetada y transportada al laboratorio de Hidráulica y Mecánica de los fluidos de la Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Oriente. Una vez ingresadas las muestras se les realizó análisis granulométrico según la norma ASTM 421-58 y 422-63 y análisis morfométrico de las partículas para determinar la redondez o angularidad de las mismas respectivamente.

Tabla 5.1 Coordenadas de ubicación de las muestras de suelos.

Muestra	Coordenadas UTM		Observación
	Este	Norte	
1	588863.385	960819.649	Muestra aguas arriba
2	588960.382	960907.082	Muestra centrales
3	589013.415	960974.457	Muestra centrales
4	589079.5569	961056.909	Muestra aguas abajo

Para efectuar el muestreo se requirió de las siguientes herramientas, materiales, y equipos para la recolección de muestras:

1. GPS,
2. bolsas plásticas
3. cinta métrica
4. Palas
5. marcadores de tinta indeleble
6. cinta adhesiva.
7. Libreta de campo
8. Cámara fotográfica

En las gráficas presentadas en las figuras 5.3 a 5.6, calculadas a partir de las tablas B1 hasta la B4 (Apéndice B), se presentan las curvas de distribución granulométrica resultantes de los ensayos granulométricos (por vía mecánica) efectuados a todas las muestras. Cabe destacar que en todas las muestras, se observó un comportamiento similar, que los materiales predominantes del cauce son arenas. De acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, el Coeficiente de Uniformidad (Cu) osciló entre 1.3 y 1.5 y el Coeficiente de Concavidad (Cc) varió entre 0.9 a 1.2, de lo cual se deduce que las muestras se corresponden con arenas mal gradadas (SP).



Figura 5.11 Tamizado de muestras de suelos.

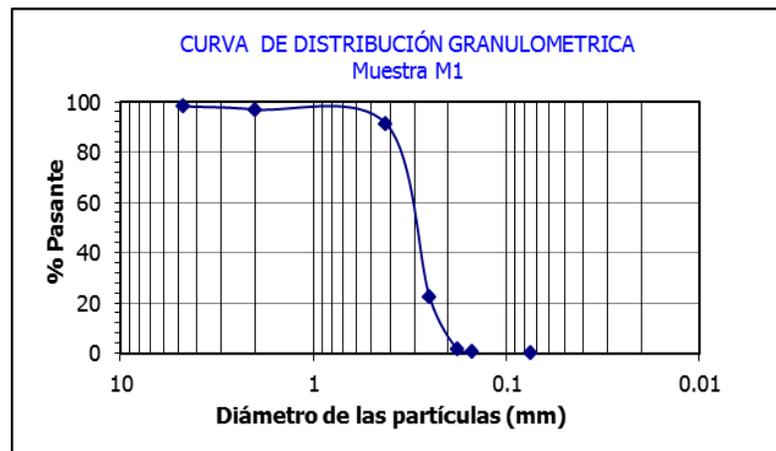


Figura 5.12 Curva de distribución granulométrica de la muestra 1

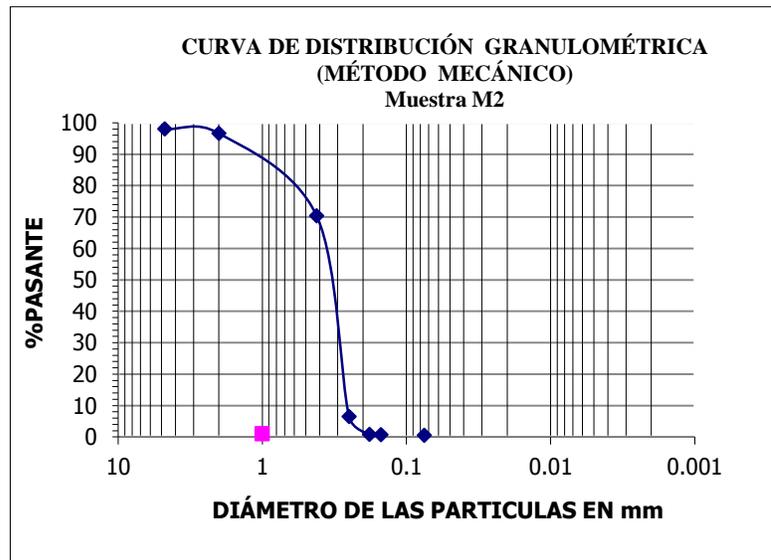


Figura 5.13 Curva de distribución granulométrica de la muestra 2.

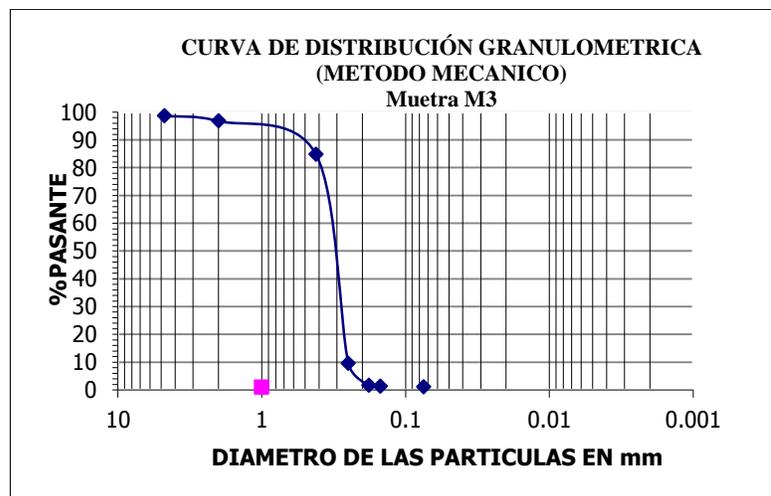


Figura 5.14 Curva de distribución granulométrica de la muestra 3.

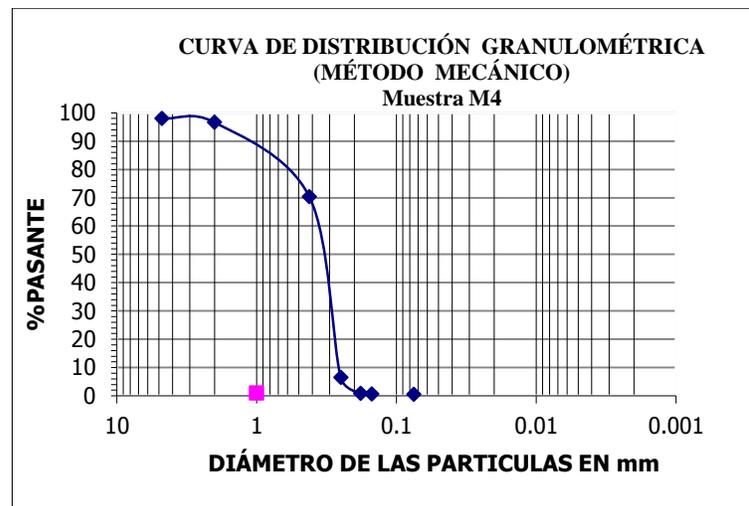


Figura 5.15 Curva de distribución granulométrica de la muestra 4.



Figura 5.16 Proceso de pesaje de suelo retenido en análisis granulométrico de las muestras

Asimismo, se presentan a continuación el resultado del análisis morfosκόpicó de las partículas en las Figuras 5.18. Cabe destacar que los análisis indican que las muestras tomadas en las riberas del río Orinoco frente a la población de Barrancas del Orinoco presentan formas predominantemente sub-redondeadas y sub-angulosas de lo cual se puede inferir que los sedimentos han sufrido de moderado a elevado transporte.



Figura 5.17 Análisis morfosκόpicó de las muestras de suelo.

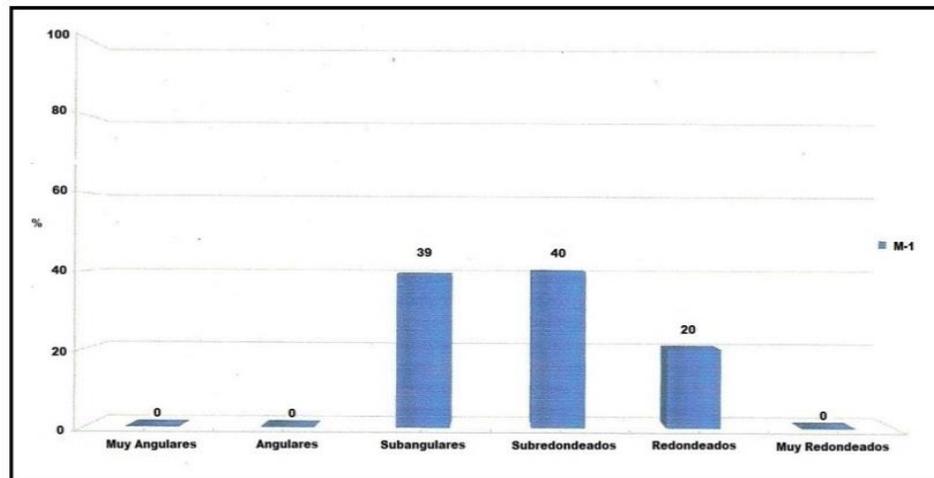


Figura 5.18 Distribución porcentual típica de la forma de las partículas de las muestras tomadas.

5.3 Descripción de la forma de la sección transversal del cauce del río Orinoco frente a la población de Barrancas con base al levantamiento batimétrico del cauce.

La morfología del cauce del río Orinoco frente a la población de Barrancas del Orinoco, se determina mediante la sección transversal construida a partir del plano batimétrico de la zona de estudio de fecha 21-08-2001 (Anexo 1) suministrado por el Instituto Nacional de Canalizaciones.

Con las secciones transversales construidas (Figuras 5.19 y 5.20) se puede observar que las profundidades mayores se encuentran al norte de isla Chivera frente a la población de Barrancas del Orinoco. Asimismo, se observa en dichas secciones transversales que el frente de la población, donde se encuentra ubicado el actual malecón, corresponde a la parte externa de una moderada sinuosidad del río Orinoco, convirtiendo esa zona en un frente erosivo, lo cual explica los daños presentes en el malecón debido al embate de la corriente del río.

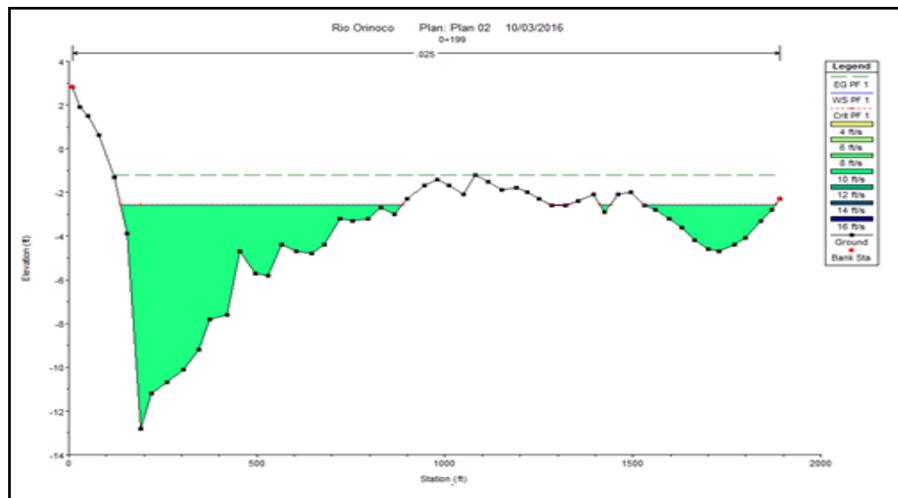


Figura 5.19 Sección Transversal 1 del río Orinoco frente a Barrancas del Orinoco.

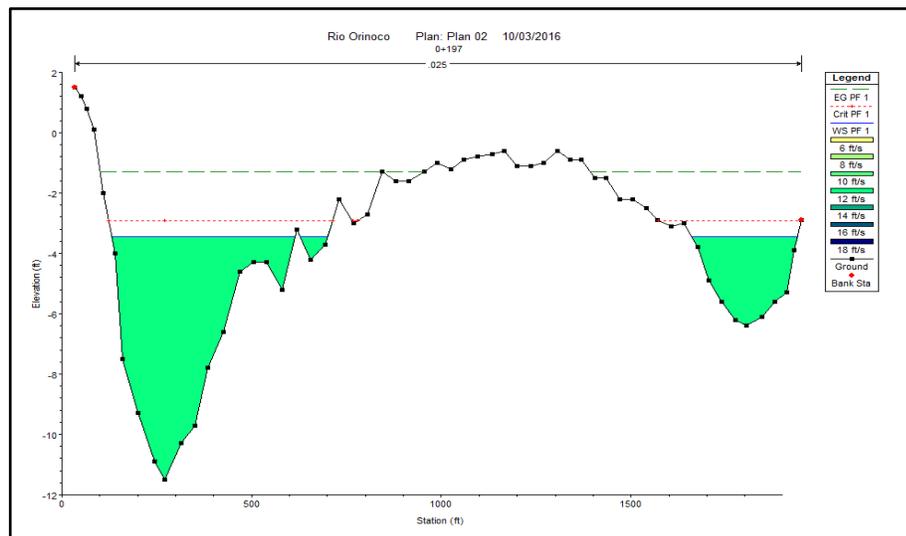


Figura 5.20 Sección Transversal 2 del río Orinoco frente Barrancas del Orinoco.



Figura 5.21 Morfología de la ribera frente a Barrancas del Orinoco.

Por otra parte, se realizó un levantamiento topográfico de carácter expeditivo con teodolito, mira estadimétrica, brújula y GPS (Figura 5.22) para la construcción del mapa topográfico de la ribera frente a Barrancas del Orinoco. (Anexo 2)



Figura 5.22 Levantamiento plani-altimétrico para determinar geometría actual del malecón.



Figura 5.23 Medición con cinta de las caminerías sobre el malecón.



Figura 5.24 Imagen de satélite landsat mostrando laguna de inundación al este de Barrancas del Orinoco e isla Chivera en el río Orinoco (Google Earth, 2016).

5.4 Describir las características del flujo del río frente a Barrancas del Orinoco con base a los niveles de la superficie del agua, y a los caudales medidos y registrados por el Instituto Nacional de Canalizaciones en dicho sector

La caracterización del flujo se concretará mediante una correlación de los niveles del agua, caudales y velocidades de la corriente del río con base a los registros históricos de aforos realizados por el Instituto Nacional de Canalizaciones (INC) en la estación de Chivera Norte, permitirá inferir las velocidades de corriente que se producen en las adyacencias del muro marginal, conociendo los niveles de la superficie del agua medidos en la estación limnigráfica ubicada en el muelle de la CVG-Ferrominera Orinoco, C.A. en el sector Palúa (San Felix, estado Bolívar) para la fecha de elaboración de los aforos y de ejecución del levantamiento batimétrico efectuado en el sector Barrancas (21-08-2001), se utiliza el ábaco de pendientes hidráulicas del río Orinoco (Figura 5.25) y se determina el nivel del río en el sector Barrancas (referido al nivel de aguas bajas –NAB) para cada una de esas oportunidades (Tabla 5.2).

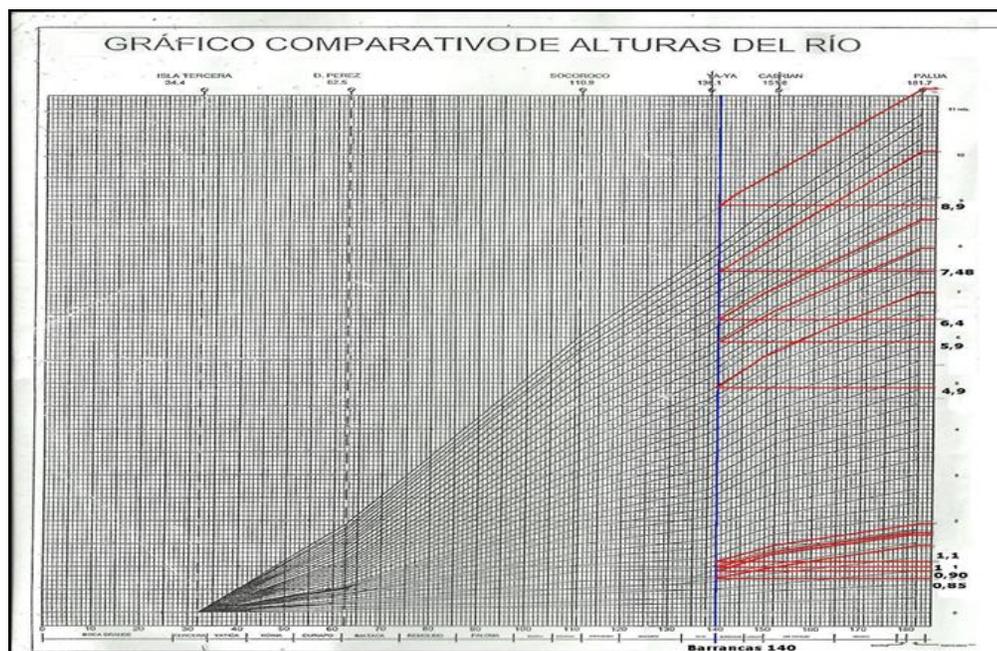


Figura 5.25 Niveles del río del sector Barrancas Proyectados a partir del ábaco de Pendientes del Rio Orinoco.

Tabla 5.2 Aforos efectuados en la sección Isla Chivera Norte (INC, 2016).

Fecha del aforo	Caudal Q_t (m^3/seg)	Velocidad de corriente V (m/seg)	Nivel superficie del agua referido al NAB (m)
11/07/1989	18.714	7,95	6,90
12/09/1989	17.033	8,63	6,40
12/11/1989	14.599	6,98	4,65
04/04/1990	4.784	1,97	1,10
16/04/1995	2.500	1,47	0,85
10/09/1995	12.721	10,09	7,48
06/04/1996	4.442	1,74	0,90
03/09/1996	6.160	11,48	3,90
02/04/1997	3.493	1,77	1,00

Con base a este registro histórico de aforos de la sección Chivera Norte suministrado por el INC (2016), se procedió a construir las correlaciones entre las tres (3) variables involucradas (nivel de la superficie del agua, velocidad de la corriente y caudales) que se muestra en las Figuras 5.26 y 5.27.

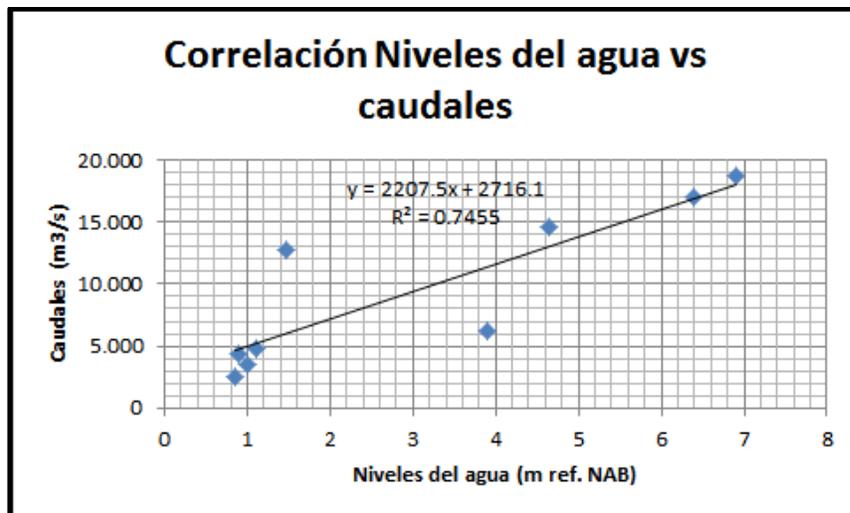


Figura 5.26 Correlación Niveles del río vs Caudales

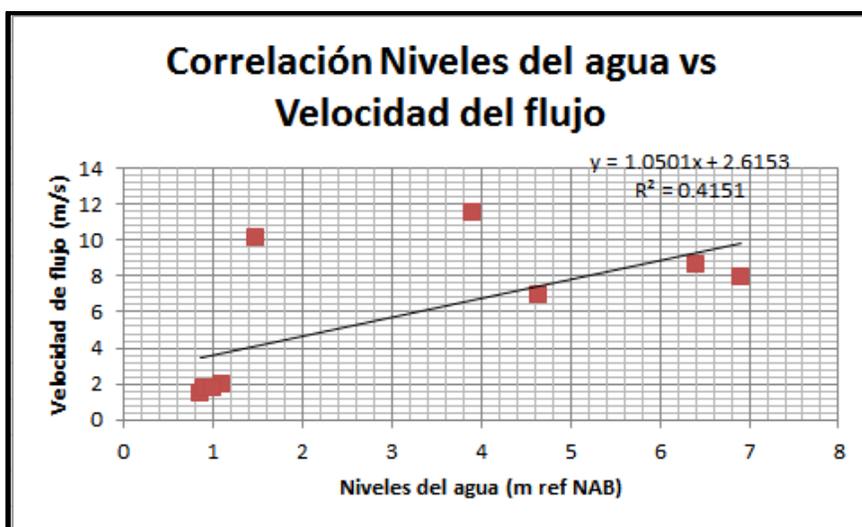


Figura 5.27 Correlación Niveles del río vs velocidades de corriente

5.5 Características geométricas del muro marginal (malecón) para la población de Barrancas del Orinoco.

El malecón de Barrancas deberá cubrir una extensión longitudinal a lo largo de la ribera del río Orinoco extendiéndose una longitud en la fachada sur de la población de 400.00 m. Asimismo, el levantamiento topográfico efectuado en la zona indica que el desnivel entre la base del muro (cota: 4.50 msnmm), en la ribera del río Orinoco para el momento de estiaje, tiene una altura promedio de 3.00 m hasta las escaleras de servicio (45°) lo cual implica una altura adicional de 3.00 m hasta la cresta del muro, en la carpeta de rodamiento de la vialidad del paseo ribereño de la población (cota: 10.50 msnmm) lo cual se muestra parcialmente en las Figuras 5.28 y 5.29.

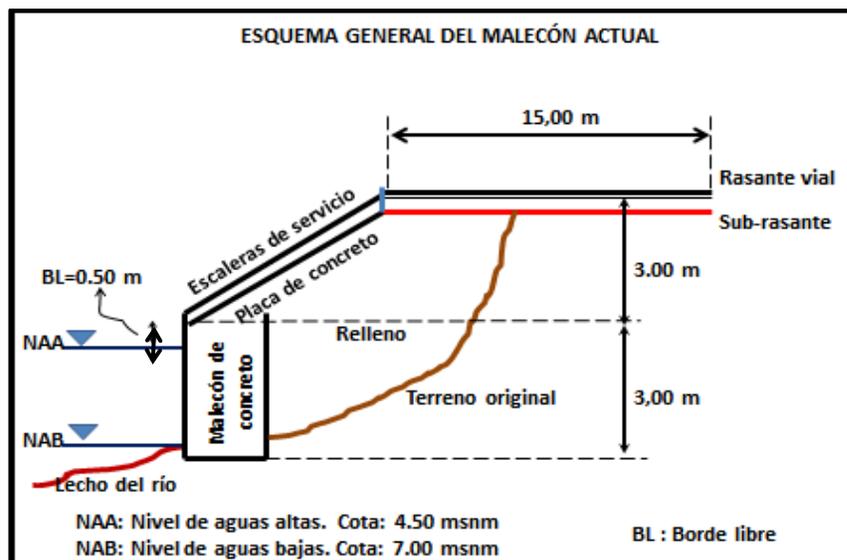


Figura 5.28 Esquema constructivo general del malecón actual.



Figura 5.29 Vista aérea del malecón actual de Barrancas del Orinoco (Diario Nueva Prensa de Guayana, 2000)

Sin embargo, considerando que el río podría presentar una variación de niveles de 2.50 m (entre la base del malecón en el momento de estiaje y el nivel de aguas altas), se estima que el malecón debería tener una altura de 3.00 m incluyendo el borde libre de 0.50 m.

Ahora bien, se ha considerado que el malecón actual ha fallado, en gran medida, por efecto de pérdida de estabilidad de los cimientos causado por la socavación. En ese sentido, el nuevo malecón debería poseer fundaciones más estables y una geometría más eficiente (menos peso).

5.5.1 Geometría del muro y de sus fundaciones

En ese sentido, se propone un malecón o muro marginal con geometría de su sección transversal de forma trapecial (Figura 5.30), cuyas dimensiones serán:

- Ancho de la Base: 1.00 m
- Ancho de la cresta: 0.50 m
- Altura del muro: 3.00 m
- Inclinación de la pared frente al río: 1H:3V
- Inclinación de la pared opuesta al río: Vertical
- Accesorios: Barras de acero ancladas (desde el muro al terraplén) en series de 4 barras por sección vertical (secciones verticales de anclaje separado cada 10 metros).

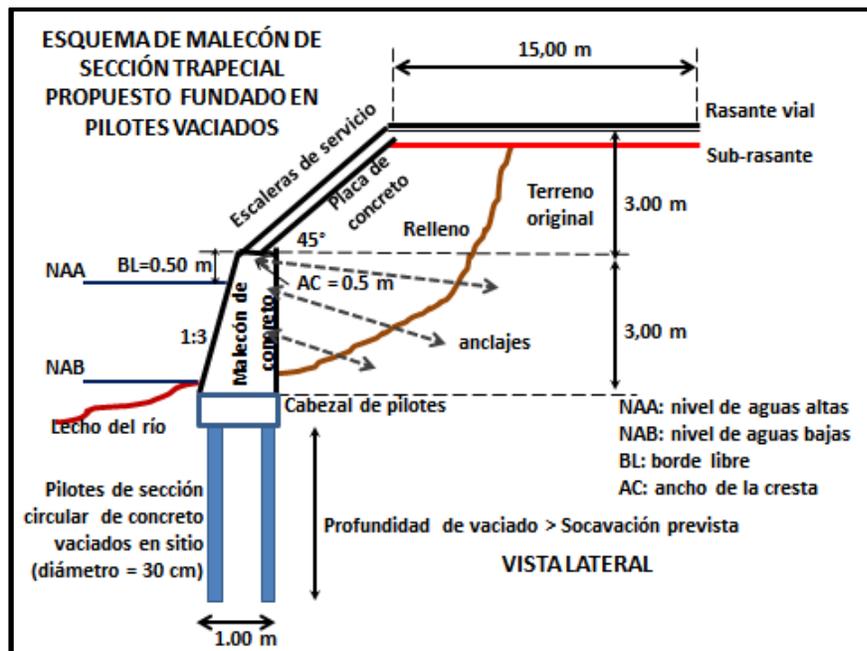


Figura 5.30 Esquema general del malecón propuesto.

En cuanto a las fundaciones, se estima que estarán constituidas por pilotes de concreto vaciados in situ los cuales tendrán un diámetro de 0.30 m cada uno. Dichos pilotes se colocarán en dos filas (uno frente a otro). La separación entre las dos (2) filas de pilotes será de 0.30 m y la separación de los pilotes en una fila será cada 5.00 m (Figura 5.31). Asimismo, de acuerdo a los resultados de los estudios de socavación del malecón efectuados por Arness y Guerrero (2016), se estimaron socavaciones de

16.54 m. Sin embargo dado que en la zona las socavaciones hasta la fecha no han superado los 6.00 m, se estima que una profundidad de excavación adecuada y suficiente para los pilotes de fundación del nuevo malecón estaría en 10 m.

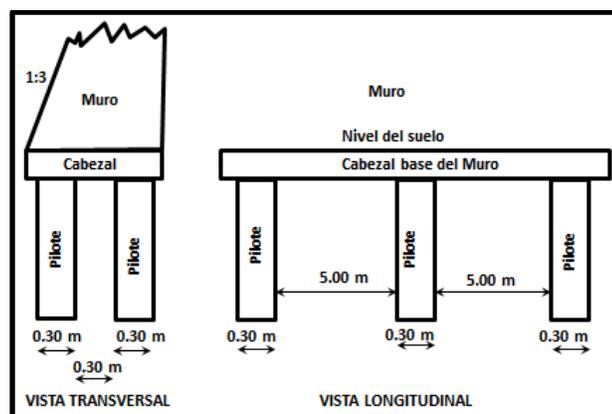


Figura 5.31 Detalle de disposición de los pilares.

5.5.2 Alineamiento longitudinal del eje del muro propuesto

El nuevo malecón deberá ser construido siguiendo tres (3) direcciones (azimuts) o alineamientos entre cuatro (4) vértices de acuerdo a las Tabla 5.3 y 5.4:

Tabla 5.3 Coordenadas geográficas y cotas de los vértices del eje longitudinal del malecón

VÉRTICE	LATITUD	LONGITUD	COTAS
A	8°41'28.50"	62°11'32.24"	10.00
B	8°41'32.46"	62°11'28.44"	9.50
C	8°41'33.21"	62°11'28.24"	9.50
D	8°41'38.36"	62°11'23.63"	9.50

Tabla 5.4 Alineamiento del eje longitudinal del malecón

TRAMO	DIRECCIÓN AZIMUTAL	LONGITUD (m)	OBSERVACIÓN
A-B	43°33'36"	168.35	Tramo oeste aguas arriba
B-C	10°52'12"	19.93	Tramo central
C-D	41°42'36"	211.57	Tramo este aguas abajo



Figura 5.32 Alineamiento del eje longitudinal del malecón.

CAPÍTULO VI

LA PROPUESTA

6.1 Objetivo general de la propuesta

Presentar las características dimensionales y geométricas básicas del malecón o muro marginal para la protección de las infraestructuras de la población de Barrancas del Orinoco, en el estado Monagas.

6.2 Objetivos específicos de la propuesta

1. Describir las dimensiones y geometría del malecón o muro de concreto que se propone como protección de las infraestructuras de la población.

6.3 Desarrollo de la propuesta

6.3.1 Dimensiones y geometría del muro marginal

Longitud del muro: 399.85 m

Forma de la sección transversal: Trapezoidal

Ancho de la base del malecón: 1.00 m

Ancho de la cresta del malecón: 0.50 m

Inclinación de la pared frontal al río: 1H:3V

Inclinación de la pared opuesta al río: vertical

Anclajes: con barras de acero en secciones verticales cada 10 m

Volumen total del malecón: 900 m³

6.3.2 Fundaciones del muro

El malecón estará fundado sobre 162 pilotes de concreto vaciados in situ de 10 metros de profundidad y distribuidos en dos filas paralelas al eje longitudinal del malecón (81 pilotes por fila).

Los pilotes estarán separados cada 5.00 m en la fila. Y las filas de pilotes estarán separados 0.30 m.

Sobre los pilotes se construirá un cabezal o viga que enlazará los pilotes de una misma fila y a la vez con los pilotes de la fila paralela. Este cabezal tendrá forma de paralelepípedo de 0.40 m de lado. La parte superior de este cabezal deberá coincidir con la superficie del suelo y sobre él se construirá el muro del malecón.

En vista de ello, se construirán dos vigas de cabezal de 400 m cada una uniendo los pilotes de cada fila. Adicionalmente, estas dos vigas de cabezal estarán unidas por 81 vigas de 1.00 m de largo que unirán las dos vigas longitudinales sobre cada pilote. En total, se construirán 881 m lineales de viga de cabezal.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. De acuerdo a la observación del estado actual del malecón de la población de Barrancas del Orinoco, el mismo presenta daños estructurales en forma de fisuras desde la cresta hasta la base del muro del malecón. Asimismo, presenta asentamientos diferenciales que han generado el colapso paulatino y gradual de gran parte de los accesorios de servicios del malecón, tales como escaleras, pantallas de concreto, tanques de suministro de agua potable y parte del muro mismo. Se observan además evidencias de daños en el concreto superficial con pérdida significativa de materiales generando oquedades.
2. Con base a los resultados de los ensayos de distribución granulométrica de las muestras de suelos tomadas en la ribera del río, específicamente en las adyacencias de las fundaciones del malecón, se concluye que los suelos analizados, de acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelos, poseen una distribución granulométrica correspondiente a Arenas mal gradadas con pocos finos.
3. De los análisis morfoscópicos de las partículas se desprende que las formas predominantes son sub-redondeadas y sub-angulosas. Tales resultados indican que los sedimentos han sido muy trabajados en la superficie de sus partículas muy probablemente por mecanismos de fricción durante su movilización. Por otro lado, dado el contenido cuarzoso predominante de los suelos, se presume que la fuente de los sedimentos se encuentra distante.
4. Con base a la observación de las imágenes de satélite de la zona de estudio se puede notar que la zona de ubicación del malecón de la población de Barrancas del

Orinoco se encuentra en la ribera externa o de erosión de esta zona del río Orinoco por lo que se explican las evidencias de socavación sufridas por las fundaciones del malecón. Este hecho se confirma con las secciones transversales construidas del río que muestran sus mayores profundidades hacia la ribera norte del río Orinoco.

5. Hidrológicamente, con base a la observación de los registros históricos de aforos (1989 – 1997) efectuados por el Instituto Nacional de Canalizaciones en la sección de aforo denominada Chivera Norte (debido a su ubicación al norte de la isla) las velocidades de corriente han oscilado entre 0.98 m/s y 11.48 m/s presentando caudales de magnitudes que pueden variar entre 2500 m³/s y 18714 m³/s.

6. Es de hacer notar que los análisis de socavación del malecón efectuados por Arness y Guerrero (2016), permitieron estimar y confirmar condiciones de socavación a las fundaciones del muro que podrían alcanzar aproximadamente 16.54 mts de profundidad, lo cual se ha considerado en este estudio para el diseño de los cimientos del nuevo malecón propuesto.

7. Dadas las condiciones hidrológicas, geotécnicas, geomorfológicas y sedimentarias presentes en la zona de estudio se presume que una opción válida técnicamente como nuevo malecón sería un muro de 400 m de largo, de sección trapezoidal (1.00 m de ancho, 0.50 m de cresta y 3.00 m de altura) anclado en el terraplén con barras de acero y que descansaría sobre 881 m lineales de vigas de cabezal de sección cuadrada apoyada en 162 pilotes vaciados in situ.

Recomendaciones

1. Efectuar la ingeniería de detalle de la opción de malecón presentada en este estudio de ingeniería básica.
2. Aplicar y validar otros modelos de transporte de sedimentos y socavación de taludes en tramos rectos que permitan jerarquizar y discriminar los mejores modelos de transporte y socavación de sedimentos aplicables a los cauces del oriente y sur del país.
3. Evaluar la aplicación de otras opciones de protección de la ribera de la población de Barrancas del Orinoco.

REFERENCIAS

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

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

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

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

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

Blanco, Luzmila (1991), **EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS, GEOHIDROLÓGICAS Y AMBIENTALES DE LA CUENCA DEL RÍO CAÑAFÍSTOLA**, trabajo de grado inédito, Ciudad Bolívar: Univ. Oriente, Esc. de Cs. de la Tierra, (pp. 18-74).

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

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

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

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

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

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

Díaz, Albert y Osorio, Oriana (2015), **ANÁLISIS DE LAS VARIACIONES DE LOS NIVELES DE LA SUPERFICIE DEL AGUA DEBIDO A LA CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE EN EL RÍO LA CANOA MEDIANTE EL**

USO DE UN MODELO DE FLUJO PERMANENTE UNIDIMENSIONAL. LA CANOA. MUNICIPIO INDEPENDENCIA, ESTADO ANZOÁTEGUI. VENEZUELA. Trabajo de grado, Universidad de Oriente, Ciudad Bolívar. (pp 97-99)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Servicio de Meteorología (FAV) **ESTACIÓN: CIUDAD BOLIVAR INDICATIVO INT. 80444 SERIAL NAC. 3882, SISTEMA CLICOM, RESUMEN CLIMATOLÓGICO AÑO 2000 AL 2011.**

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

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

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

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

APÉNDICES

APÉNDICE A
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS

Tabla A1. Análisis granulométrico de la muestra 1

UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO BOLÍVAR ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL							
ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (VÍA SECA)							
UBICACIÓN: BARRANCAS DEL ORINOCO, ESTADO MONAGAS							
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA: M1							
Tamiz (nº)	Tamiz (mm)	peso del tamiz (gr)	peso tamiz + suelo (gr)	suelo retenido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% Pasante
4	4.75	747.2	755.9	8.7	1.74	1.74	98.26
10	2	643.2	649.8	6.6	1.32	3.06	96.94
40	0.41931	566.2	594.7	28.5	5.70	8.76	91.24
60	0.25	512	856.7	344.7	68.94	77.70	22.30
80	0.18	515	618.7	103.7	20.74	98.44	1.56
100	0.15	395.6	399.9	4.3	0.86	99.30	0.70
200	0.075	482.3	484.7	2.4	0.48	99.78	0.22
PAN	0	483.6	484	0.4	0.08	99.86	0
			Peso Suelo Final(gr)	499.30	99.86		
			Peso Suelo inicial(gr)	500.00			
			%ERROR	0.14			

Tabla A2. Análisis granulométrico de la muestra 2

UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO BOLÍVAR ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL							
ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (VÍA SECA)							
UBICACIÓN: BARRANCAS DEL ORINOCO, ESTADO MONAGAS							
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA: M2							
Tamiz (nº)	Tamiz (mm)	peso del tamiz (gr)	peso tamiz + suelo (gr)	suelo retenido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% Pasante
4	4.75	747.2	757.1	9.9	1.98	1.98	98.02
10	2	643.2	650.2	7	1.40	3.38	96.62
40	0.41931	566.2	697.6	131.4	26.28	29.66	70.34
60	0.25	512	831.5	319.5	63.90	93.56	6.44
80	0.18	515	543.1	28.1	5.62	99.18	0.82
100	0.15	395.6	396.4	0.8	0.16	99.34	0.66
200	0.075	482.3	483.2	0.9	0.18	99.52	0.48
PAN	0	483.6	483.8	0.2	0.04	99.56	0
			Peso Suelo Final(gr)	497.80	99.56		
			Peso Suelo inicial(gr)	500.00			
			%ERROR	0.44			

Tabla A3. Análisis granulométrico de la muestra 3

UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO BOLÍVAR ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL							
ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (VÍA SECA)							
UBICACIÓN: BARRANCAS DEL ORINOCO, ESTADO MONAGAS							
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA: M3							
Tamiz (nº)	Tamiz (mm)	peso del tamiz (gr)	peso tamiz + suelo (gr)	suelo retenido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% Pasante
4	4.75	747.2	753.4	6.2	1.32	1.32	98.68
10	2	643.2	652.2	9	1.91	3.23	96.77
40	0.41931	566.2	622.7	56.5	12.02	15.26	84.74
60	0.25	512	865.2	353.2	75.15	90.40	9.60
80	0.18	515	552.2	37.2	7.91	98.32	1.68
100	0.15	395.6	397.4	1.8	0.38	98.70	1.30
200	0.075	482.3	483.3	1	0.21	98.91	1.09
PAN	0	483.6	483.8	0.2	0.04	98.96	0
			Peso Suelo Final(gr)	465.10	98.96		
			Peso Suelo inicial(gr)	470.00			
			%ERROR	1.04			

Tabla A4. Análisis granulométrico de la muestra 4

UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO BOLÍVAR ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL							
ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (VÍA SECA)							
UBICACIÓN: BARRANCAS DEL ORINOCO, ESTADO MONAGAS							
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA: M4							
Tamiz (nº)	Tamiz (mm)	peso del tamiz (gr)	peso tamiz + suelo (gr)	suelo retenido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% Pasante
4	4.75	747.2	748.4	1.2	0.24	0.24	99.76
10	2	643.2	646.1	2.9	0.58	0.82	99.18
40	0.41931	566.2	576.6	10.4	2.08	2.90	97.10
60	0.25	512	873.7	361.7	72.34	75.24	24.76
80	0.18	515	628.1	113.1	22.62	97.86	2.14
100	0.15	395.6	402.7	7.1	1.42	99.28	0.72
200	0.075	482.3	485.2	2.9	0.58	99.86	0.14
PAN	0	483.6	483.8	0.2	0.04	99.90	0
			Peso Suelo Final(gr)	499.50	99.90		
			Peso Suelo inicial(gr)	500.00			
			%ERROR	0.10			

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

Título	PROPUESTA DE DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR DE UN MALECON FRENTE AL RIO ORINOCO PARA LA POBLACION DE BARRANCAS DEL ORINOCO, MUNICIPIO SOTILLO, ESTADO MONAGAS, VENEZUELA
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Gabriel A., Álvarez A.	CVLAC	20.554.297
	e-mail	Yorkchi1@hotmail.com
	e-mail	Gabandralvarevedo@gmail.com
Marco A., Valdez H.	CVLAC	20.555.624
	e-mail	M4rcov4ldez@gmail.com
	e-mail	M4rcov4ldez@hotmail.com
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Malecón
Erosión
Socavaciones
Secciones transversales
Barrancas del Orinoco
Identificación de suelos
Identificación morfométrica
Identificación Hidrológica

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

Líneas y sub-líneas de investigación:

Área	Sub-área
Ingeniería Civil	Departamento de Ingeniería Civil

Resumen (abstract):

La presente investigación se desarrolló en la ribera izquierda descendente o ribera norte del río Orinoco, frente a la población de Barrancas del Orinoco en el estado Monagas. El objetivo del estudio es proponer el dimensionamiento preliminar del nuevo malecón o muro marginal frente a la población antes mencionada. Para el desarrollo de este objetivo se aplicó una metodología de investigación de tipo proyecto factible con un diseño de campo y documental. Para el logro de la investigación se realiza un reconocimiento del área de estudio; luego, se construyó un plano topográfico y las secciones transversales, con base a la información batimétrica suministrada por el Instituto Nacional de Canalizaciones, que permitirán describir geomorfológicamente dicha zona. En la base del talud de las riberas, donde se ubica el malecón, se tomaron cuatro (4) muestras de suelos para caracterizar texturalmente los sedimentos. Posteriormente, se determinó los caudales máximos históricos (últimos 50 años) del río Orinoco y las características geométricas del cauce. Asimismo, utilizando el modelo de Hjulstrum se simuló los procesos de erosión (socavación) o transporte de sedimentos y se consideró las socavaciones estimadas en el estudio de Arness y Guerrero (2016) para proponer las características que debería tener el muro marginal (malecón). Entre los resultados relevantes se concluyó que la geomorfología indica que el tramo evaluado del río Orinoco es sinuoso a recto, y su pendiente es moderada 0,003 m/m. Por otro lado, los sedimentos no consolidados del pie del talud del malecón corresponden a arenas mal gradadas (SP) y la forma de sus partículas son predominantemente sub-redondeados y redondeados. El caudal registrado máximo para el período 1989 - 1997 del río fue de 12700 m³/s. Finalmente, se propone que las dimensiones del malecón objeto de estudio tendría 3.00 m de alto y una longitud de 400.00 m, con una sección transversal de 1.00 m de ancho en su base, 0.50 m de ancho en su cresta, con inclinaciones de talud frontal al río de 1:3 y verticales en la cara interna del malecón. El muro del malecón estaría anclado con 4 tensores de acero enterrados en dirección ortogonal a la línea de costa en secciones verticales separadas cada 10 m. Asimismo, el malecón será fundado sobre un cabezote de viga de sección cuadrada de dimensiones: largo 881 m, ancho 0.30 m y espesor 0.30 m que estará amarrado sobre dos (2) hileras de pilotes excavados vaciados en sitio que tendrán una profundidad de 10.00 m, 0.30 m de diámetro y alineados con una separación de 5.00 m entre pilotes y 0.30 m de separación entre hileras.

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

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Echeverría, Dafnis	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@gmail.com
	e-mail	
Diéguez, Marisol	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	13.658.188
	e-mail	Marisoldieguezd@gmail.com
	e-mail	
Echeverría, Beatriz	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	21.013.748
	e-mail	Echeverriabcc92@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
2017	09	28

Lenguaje: spa

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

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis Propuesta para un diseño preliminar de un malecón en Barrancas del Orinoco	WORDX
Tesis Propuesta para un diseño preliminar de un malecón en Barrancas del Orinoco	PDF
MAPA TOPOGRAFICO	PDF

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: Laboratorio de Hidráulica (Opcional)

Temporal: _____ (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: Ingeniero Civil.

Nivel Asociado con el Trabajo: Pre-Grado Universitario

Área de Estudio: Ingeniería civil, Hidráulica

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

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

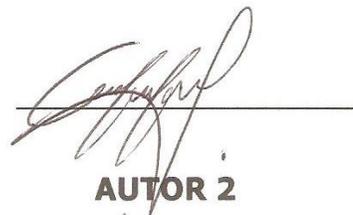
Derechos:

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

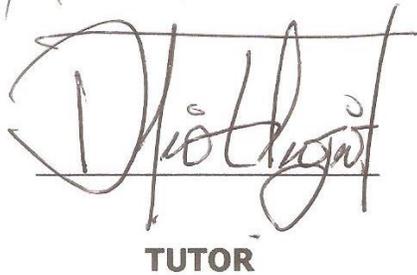
Condiciones bajo las cuales los autores aceptan que el trabajo sea distribuido. La idea es dar la máxima distribución posible a las ideas contenidas en el trabajo, salvaguardando al mismo tiempo los derechos de propiedad intelectual de los realizadores del trabajo, y los beneficios para los autores y/o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



AUTHOR 1



AUTHOR 2



TUTOR



JURADO 1



JURADO 2



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CU N° 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

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

Estimado Profesor Martínez:

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

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

Envío a usted a los fines consiguientes.

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

Cordialmente,

Juan A. Bolanos Curvelo

JUAN A. BOLANOS CURVELO
Secretario



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

JABC/YGC/maruja

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