

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



**PROPUESTA DE PROTECCIÓN DE TALUDES DE LAS
RIBERAS DEL EMBALSE WARÁ II EN EL RÍO WARÁ,
MUNICIPIO GRAN SABANA, ESTADO BOLÍVAR,
VENEZUELA.**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO PRESENTADO
POR LOS BACHILLERES
BERTI B., CESAR G. Y
HERNÁNDEZ R.,
CATHERINE F. PARA
OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO. CIVIL**

CIUDAD BOLÍVAR, NOVIEMBRE DE 2018



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

ACTA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, titulado: "PROPUESTA DE PROTECCIÓN DE TALUDES DE LAS RIBERAS DEL EMBALSE WARÁ II EN EL RÍO WARÁ, MUNICIPIO GRAN SABANA, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA", presentado por los bachilleres, **BERTI B., CESAR G.** de cédula de identidad No **25.081.775** y **HERNÁNDEZ R., CATHERINE F.** de cédula de identidad No **24.193.612**; 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). Beatriz Echeverría

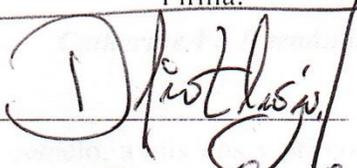
(Jurado)

Prof(a). Josefina Jiménez

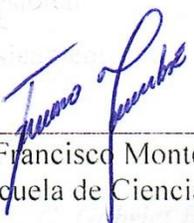
(Jurado)



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 de Noviembre de 2018

DEDICATORIA

Primero a dios por darme la paciencia y el entendimiento para culminar mis estudios superiores. A mis padres por darme la vida, educación y la oportunidad de estudiar una carrera universitaria, de tener un título y a través de él ofrecerme un mejor futuro. Por siempre querer lo mejor para mi y aconsejarme de la mejor manera.

A mis tías y tíos que me han ayudado en todo lo que he necesitado y al resto de mi familia que me acompañaron en todo esto.

A los que ya no están presentes físicamente pero sé que desde donde estén me acompañan y siempre les estaré agradecida por todo lo que me han dado y apoyado en todos estos años.

Este logro es en gran parte gracias a todos ustedes que me ayudaron a no desistir en el camino, apoyarme en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios

Catherine F. Hernández R.

AGRADECIMIENTO

A Dios Por habernos permitido llegar hasta este punto y habernos dado salud para lograr nuestros objetivos y ver realizada esta una de nuestras metas y recordarnos día a día lo importante que es Confiar en él.

A nuestros padres por todo el apoyo y confianza sembrado en nosotros.

A nuestra casa de estudios, nuestra Universidad de Oriente, por hacernos sentir el orgullo de ser Udistas.

A nuestros profesores por todas los conocimientos y enseñanzas dadas aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario.

A nuestros amigos y compañeros de clases de quienes nos apoyamos mutuamente a lo largo de nuestra carrera.

En general gracias a Todos aquellos que estuvieron presentes y sumaron cosas positivas en este camino para hacer posible cumplir esta meta.

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en la cuenca media del río Wará, específicamente en el embalse de la represa Wará II, en el municipio Gran Sabana, estado Bolívar. El objetivo del estudio es proponer medidas de protección para los taludes de la ribera derecha del embalse de la represa 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 topobatómetrica levantada en la ubicación de la represa, que permitirán describir geomorfológicamente dicha zona. Se tomaron tres (3) muestras de los suelos que integran los taludes de la ribera derecha del embalse y se procedió a su clasificación de acuerdo a la distribución granulométrica. Asimismo, se describió las condiciones de variación de niveles de las aguas del embalse que de alguna forma afectan a los taludes de la ribera derecha del vaso de almacenamiento. Posteriormente, se plantearon algunas opciones para la protección de los taludes mencionados. Entre los resultados relevantes se concluyó que la geomorfología indica que el embalse tiene una cantidad de azolves acumulados en su interior hacia la parte izquierda del embalse, presumiblemente transportados por las corrientes desde aguas arriba del vaso de almacenamiento; también podrían originarse estos sedimentos por derrumbe de masas en los taludes de la ribera derecha del vaso de almacenamiento. Por otro lado, los sedimentos no consolidados lecho corresponden a arenas finas limosas. Se observa evidencia de erosión en la ribera derecha del embalse y acumulación de sedimentos en las adyacencias de la ribera izquierda. Finalmente, se determinó que el impacto sobre el embalse por la acumulación de sedimentos de las riberas o de agua arriba del embalse podría tornarse crítico de no protegerse con gaviones en la ribera erosionable.

CONTENIDO

	Página
ACTA DE APROBACIÓN	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
RESUMEN	V
CONTENIDO	VI
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABLAS	XII
LISTA DE APÉNDICES	XIII
LISTA DE ANEXOS	XIV
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I SITUACIÓN A INVESTIGAR	4
1.1 Planteamiento del problema	4
1.2 Objetivos de la investigación.....	6
1.2.1 Objetivo general.....	6
1.2.2 Objetivos específicos	6
1.2 Justificación de la investigación.....	7
1.3 Alcance de la investigación	7
CAPÍTULO II. GENERALIDADES	8
2.1 Ubicación del área de estudio.....	8
2.2 Hidrografía	9
2.4 Geología	11
2.5 Geomorfología.....	12
2.6 Suelos	16
2.7 Erosión.....	19
2.8 Vegetación del área de estudio	22
2.9 Fauna del área de estudio	24

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO	27
3.2.1 Presas y embalses.....	27
3.2.2 Tipos de represa	29
3.2.3 Hidrología fluvial.....	35
3.2.4 Análisis granulométrico por el método del tamizado	37
3.2.5 Representación gráfica de los datos granulométricos.....	38
3.2.6 Erosión de márgenes	39
3.2.7 Procesos físicos del flujo en curvas	39
3.2.8 Socavación.....	40
3.2.9 Obras de protección de orillas	41
3.2.10 Protecciones longitudinales	45
3.3 Bases Legales	65
3.3.1 Ley de aguas	65
3.4 Definición de términos básicos	66
3.4.1 Afluentes.....	66
3.4.2 Aliviadero	66
3.4.3 Área del embalse.....	67
3.4.4 Ataguía.....	67
3.4.5 Auscultación	67
3.4.6 Avenida.....	67
3.4.7 Avenida de proyecto	67
3.4.8 Caudal	67
3.4.9 Coronación.....	68
3.4.10 Corte.....	68
3.4.11 Cuenca hidrográfica	68
3.4.12 Cuenca vertiente	68
3.4.13 Derivar	68
3.4.14 Desagüe de fondo.....	69
3.4.15 Distancia de resguardo.....	69
3.4.16 Erosión	69
3.4.17 Espesor de tongada del hormigón.....	69
3.4.18 Estabilidad	69
3.4.19 Evaporación	70
3.4.20 Longitud de la coronación de la presa.	70
3.4.21 Márgenes del embalse.....	70
3.4.22 Nivel aguas abajo.....	70
3.4.23 Nivel mínimo de explotación.....	70
3.4.24 Órgano de desagüe.....	70
3.4.25 Pie de la presa	71
3.4.26 Talud.....	71

3.4.27 Toma de agua.....	71
3.4.28 Umbral de los aliviaderos	71
3.4.29 Volumen activo.....	71
3.4.30 Volumen de control de avenidas.....	72
3.4.31 Volumen de la presa	72
3.4.32 Volumen de nivelación.....	72
3.4.33 Volumen del embalse.....	72
3.4.34 Volumen inactivo	72
3.4.35 Volumen muerto	72
3.4.36 Volumen útil	73
3.4.37 Zona inundable	73
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DE TRABAJO	74
4.1 Tipo de investigación	74
4.2 Diseño de investigación.....	74
4.2.1 Investigación de campo	74
4.2.2 Investigación documental	75
4.3 Población y muestra de la investigación	75
4.3.1 Población de la investigación	75
4.3.2 Muestra de la investigación	76
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	76
4.4.1 Técnicas de recolección de datos.....	76
4.4.2 Instrumentos de recolección de datos	77
4.5 Flujograma de la metodología de trabajo.	77
4.6 Procedimiento para el logro de los objetivos	78
4.6.1 Recopilación de la información y reconocimiento de campo.....	78
4.6.2 Descripción de la climatología del área de estudio.....	79
4.6.3 Descripción textural de los materiales de los taludes de las riberas	79
4.6.4 Descripción de la morfología de los taludes de las riberas y del lecho	79
4.6.5 Variaciones de los niveles del agua del embalse	80
4.6.6 Propuesta de protección de los taludes de la ribera derecha del embalse....	80
CAPÍTULO V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS	
RESULTADOS.....	81
5.1 Caracterización climatológica del entorno de la zona de estudio.....	81
5.3 Características morfológicas de los taludes de la ribera derecha y lecho del vaso de almacenamiento	89

5.3.1 Secciones transversales del vaso de almacenamiento.....	92
5.3.2 Distribución de los azolves en el vaso de almacenamiento	95
5.3.3 Erosión y desplome de masas del talud derecho de la ribera del embalse...	96
5.3.4 Geometría y dimensiones del dique de concreto	97
5.4 Variaciones de los niveles del agua en el embalse Wará II.....	99
CAPÍTULO VI. PROPUESTA	104
6.1 Objetivo general de la propuesta	104
6.2 Objetivos específicos de la propuesta	104
6.3 Desarrollo de la propuesta	104
6.3.1 Propuesta de muro de gaviones	104
6.3.2.1 Funcionamiento del muro de gaviones	104
6.3.2.2 Dimensiones y geometría del muro de gaviones	105
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	109
Conclusiones	109
Recomendaciones	110
REFERENCIAS	111
APÉNDICES	115

LISTA DE FIGURAS

		Página
2.1	Ubicación relativa del área de estudio.....	9
2.2	Ubicación del área de estudio en imagen de satélite Landsat (Google Earth, 2016).....	10
2.3	Río Wará aguas abajo del dique Wará II.....	11
2.4	Vista del embalse de la represa Wará II	11
2.5	Hidrografía de la subcuenca del río Uairén (CVG EDELCA, 1983).....	12
2.6	Geología de la cuenca del Caroní (CVG EDELCA, 2004).....	14
2.7	Geomorfología de cuenca del río Caroní (CVG EDELCA, 2004).....	15
2.8	Pendientes de Wará (Figuroa, M. 2007).....	17
2.9	Vista 3D, sección topográfica Wará (Figuroa, M. 2007).....	17
2.10	Suelos de la cuenca del río Caroní (CVG EDELCA, 2004).....	18
2.11	Erosión en la cuenca del río Caroní (CVG-EDELCA, 2004).....	22
2.12	Cobertura vegetal de la cuenca del río Caroní (CVG-EDELCA, 2004)....	24
2.13	Bosque de galería por la ribera derecha descendente del río Wará.....	25
2.14	Ejemplares de la fauna típica de la zona de estudio.....	26
2.15	Fauna típica del sur del estado Bolívar.....	27
3.1	Presa de tipo gravedad.....	31
3.2	Presa en Arco.....	32
3.3	Presa de materiales sueltos.....	35
3.4	Flujo de corriente a través de la capa de arena, limo y arcilla mostrando su medio de transporte (Hjulstrom, F., 1935).....	37
3.5	Profundización del lecho en la curva de un río (Cardenas, 2012).....	41
3.6	Muros rígidos (Cardenas, 2012).....	47
3.7	Esquema de varios tipos de estructuras ancladas (Cardenas 2012).....	48
3.8	Esquema de varios tipos de estructuras enterradas (Cardenas, 2012)....	49
3.9	Protección de orilla con enrocado Riprap (Cardenas, 2012).....	56
3.10	Colchones en gaviones (Cardenas, 2012).....	61
3.11	Muro de gaviones (Suarez, 2001).....	62
4.1	Flujograma de la investigación.....	79
5.1	Clasificación Bioclimática en la Región Hidrográfica del río Caroní (RHRC). (CVG-EDELCA, 2004).....	83
5.2	Precipitación en la Región Hidrográfica del río Caroní (RHRC). (CVG-EDELCA, 2004).....	85
5.3	Evaporación en la Región Hidrográfica del río Caroní (RHRC). (CVG-EDELCA, 2004).....	86
5.4	Curva granulométrica de la muestra M1.....	88
5.5	Curva granulométrica de la muestra M2.....	89
5.6	Curva granulométrica de la muestra M3.....	90
5.7	Labores de batimetría en el embalse Wará II.....	93
5.8	Sección transversal 10.0 del embalse Wará II.....	93
5.9	Sección transversal 20.0 del embalse Wará II.....	94
5.10	Sección transversal 30.0 del embalse Wará II.....	94
5.11	Sección transversal 40.0 del embalse Wará II.....	95

5.12	Sección transversal 50.0 del embalse Wará II.....	95
5.13	Acumulación de sedimentos en forma de media luna en la parte izquierda del vaso de almacenamiento.....	96
5.14	Modelo de erosión del talud de la ribera derecha del vaso de almacenamiento.....	98
5.15	Vista en planta del dique Wará II.....	99
5.16	Vista vertical del dique Wará II.....	99
5.17	Vista lateral del dique Wará II.....	100
5.18	Hidrograma Unitario Triangular SCS de la porción de la cuenca alta del río Wará (E Silva, B. y Macapio, 2018).....	101
6.1	Esquema de muro de gaviones (Suarez,2001).....	107
6.2	Tipo de alambre seleccionado para los gaviones. (Suarez, 2001).....	108
6.3	Armado de cesta de gaviones (Suarez, 2001).....	108
6.4	Colocación de tirantes internos para evitar deformación de los gaviones (Suarez, 2001).....	109

LISTA DE TABLAS

		Página
2.1	Composición geológica de la Subcuenca del río Uairén. (CVG-EDELCA, 1983).....	11
2.2	Características de los suelos en Wará (CVG EDELCA, 1983).....	18
2.3	Descripción erosión fuerte (CVG EDELCA, 2003).....	20
3.1	Clasificación según el tamaño de las partículas de Wenworth (Pettijohn, 1949).....	37
3.2	Ventajas y desventajas de varios tipos de muros rígidos (Cárdenas, 2012).....	46
3.3	Ventajas y desventajas de los diversos tipos de estructuras ancladas (Cárdenas, 2012).....	47
3.4	Ventajas y desventajas de diversos tipos de estructuras enterradas (Cárdenas, 2012).....	48
3.5	Sistemas de vegetalización de taludes de alta pendiente (Suarez, J., 2001).....	64
5.1	Precipitación media anual en la región hidrográfica río Caroní, sector alto y la subcuenca del río Uairén (mm). (CVG-EDELCA, 2003. CVG-EDELCA, 1983).....	83
5.2	Valores anuales promedios de las principales variables meteorológicas en la región hidrográfica río Caroní, sector alto y la subcuenca del río Uairén (mm). (CVG-EDELCA, 2003. CVG-EDELCA, 1983).....	83
5.3	Coordenadas de ubicación de muestras del lecho.....	86
5.4	Análisis granulométrico de la muestra M-1.....	86
5.5	Análisis granulométrico de la muestra M-2.....	87
5.6	Análisis granulométrico de la muestra M-3.....	88
5.7	Coordenadas UTM y cotas de los puntos de interés en el dique y embalse Wará II.....	91
5.8	Parámetros del Hidrograma triangular unitario (E Silva, B. y Macapio, 2018).....	100
5.9	Estimación del caudal de diseño aportado por la cuenca alta del río Wará (E Silva, B. y Macapio, J. 2018).....	101
5.10	Matriz de selección de opciones de protección del talud.....	103

LISTA DE APÉNDICES

	Páginas
APÉNDICE A	
DATOS DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL DIQUE Y EMBALSE WARÁ II.....	89
A.1 Cálculo de puntos de interés en el dique y embalse Wará II.....	90
APÉNDICE B	
SECCIONES TRANSVERSALES DEL EMBALSE WARÁ II.....	91
B.1 Modelo 3D del embalse Wará II.....	94

LISTA DE ANEXOS

- 1 MAPA BATIMÉTRICO DEL EMBALSE WARÁ II (05/2018)
- 2 MAPA BATIMÉTRICO DEL EMBALSE WARÁ II (03/2007)

INTRODUCCIÓN

Las represas son estructuras de mucha utilidad, ya que son usados en campos como el riego, el aprovechamiento y generación de energía, el control de inundaciones, la navegación, la pesca, control de sedimentos, y la recreación.

Un embalse o represa es una acumulación artificial de agua que tiene como particularidad poder ser parcial y/o totalmente vaciado por gravedad o por aspiración.

El rápido crecimiento de la población mundial y en consecuencia el incremento de la demanda del recurso agua, han obligado al hombre a racionalizar su explotación y a utilizar su ingenio para planificar, controlar y administrar tan preciado elemento, base fundamental de la vida.

Venezuela, es un país que acumula el 80% de su población en un espacio geográfico donde apenas dispone del 20% de los recursos hidráulicos, necesita de sus casi 100 embalses para satisfacer las demandas de agua y requiere del compromiso serio y sostenido de todos los venezolanos para mantener en perfecto estado de funcionamiento todas nuestras presas y embalses.

El caso que ocupa esta investigación trata específicamente de la represa Wará II, la cual fue construida en el río Wará, municipio Gran Sabana del estado Bolívar con la finalidad de abastecer de agua a los habitantes de la población de Santa Elena de Uairén. Sin embargo, debido al déficit de agua que enfrenta esta ciudad, es necesario el diagnóstico de todas las fuentes de abastecimiento de agua, y entre ellas, la represa Wará II-

Para el desarrollo de la investigación se aplicará una metodología de nivel descriptivo y diseño de campo y documental.

Esta investigación se estructura en seis (6) capítulos:

En el Capítulo I. Situación a investigar. Se presenta el planteamiento del problema, los objetivos, justificación, alcance y limitaciones del estudio.

El Capítulo II. Generalidades: corresponde a los aspectos que describen al área de estudio como ubicación geográfica y características físico-naturales y que no están incluidos en los objetivos específicos de la investigación.

El Capítulo III Marco teórico presenta los antecedentes de investigación, los criterios teóricos y las bases legales en las cuales se sustenta la investigación.

Capítulo IV. Metodología de la investigación. Muestra la metodología empleada para la realización de la investigación. Se desarrolla en él, el tipo y diseño de la investigación, la descripción de la población y la muestra, así como también las técnicas e instrumentos utilizados en la investigación y el flujograma de investigación..

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 presenta la propuesta de protección del talud de la ribera derecha del embalse de la represa Wará II.

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

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

El hombre ha comprendido que sin la presencia de agua su existencia es imposible, por lo que en todo el planeta, las diversas comunidades humanas, de casi cualquier etnia, han elegido las riberas de los ríos como fuente de agua dulce para su abastecimiento propio, para los cultivos, para saciar la sed de sus animales, como fuente de materia prima como agregado para material de construcción, etc.

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

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

El ascenso de los niveles de la superficie del agua genera graves inconvenientes cuando estas avenidas superan la capacidad de los cauces labrados por las aguas. En

vista de ello, el hombre se ha visto en la necesidad de crear barreras (muros marginales y malecones) para mantener las aguas encauzadas y proveer la protección de las infraestructuras (poblaciones), zonas cultivadas o pastizales que ha creado o construido en las orillas de los ríos. Cabe destacar que no solo debe protegerse el hombre de las inundaciones, sino también de las pérdidas de territorio que a mediano plazo serían causadas por el meandro del río.

El embalse Wará II del río Wará en el municipio Gran Sabana del estado Bolívar, sirve como vaso de almacenamiento de agua para la población de Santa Elena de Uairen. Sin embargo, los taludes de la ribera derecha del embalse están siendo objeto de erosión y socavación provocada por la corriente del río Wará, depositando los sedimentos en el lecho del embalse y en la parte interior de la ribera derecha. En vista de esa situación se hace necesario la estabilización de estos cauces, sobre todo, en los tramos cercanos al dique, en las zonas más profundas del embalse.

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

¿Cuáles son las características climáticas predominantes en el área de estudio del río Wará?

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

¿Cuáles son las características geomorfológicas de las riberas y taludes del embalse Wará II del río Wará?

¿Cómo son las características del flujo del río en función de los niveles del agua y caudales del río Wará en el embalse Wará II?

¿Cómo sería el diseño geométrico, dimensional y de trazado en planta y perfil de la protección de los taludes en el área de estudio?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Efectuar la ingeniería básica de la protección de los taludes de la margen derecha del embalse Wará II en el río Wará, municipio Gran Sabana, estado Bolívar, Venezuela.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Describir las características climatológicas predominantes en el área de estudio.
2. Caracterizar textural y geotécnicamente los materiales que constituyen el lecho del cauce y taludes del embalse en el área de estudio
3. Describir las características geomorfológicas de las riberas y taludes del embalse Wará II del río Wará.
4. Describir las características de la variación de los niveles del agua del vaso de almacenamiento del embalse Wará II.
5. Proponer medidas de protección para los taludes de la ribera derecha del vaso de almacenamiento.

6. Determinar las características geométricas, dimensionales y el trazado en planta y perfil de las obras de protección de los taludes.

1.2 Justificación de la investigación

Los taludes de algunos tramos del embalse Wará II del río Wará han sido objeto del ataque de la erosión y socavación producida por la corriente del río. Esto ha generado que gran parte de la estructura sedimentaria ha colapsado produciendo el desplome de los mismos generando cambios paulatinos en el alineamiento del río. En vista de ello, y considerando la importancia estratégica que tiene el embalse en cuestión, se ha considerado efectuar los estudios tendentes para efectuar el dimensionamiento preliminar de las obras de protección que sirvan como defensa contra la pérdida paulatina de dichos taludes, cayendo estos materiales dentro del vaso de almacenamiento con la consecuencia de disminución de la capacidad operativa del embalse.

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 de obras de protección del embalse Wará II en el río Wará. Por otro lado, 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 características de la corriente del río.

Así mismo, se describirá geomorfológicamente el cauce del río frente al área de estudio con base a la información batimétrica del río en el sector. Posteriormente, se realizará el dimensionamiento y trazado en planta y perfil de las obras de protección de los taludes del embalse en el área de estudio.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación del área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en el río Wará, en el municipio Gran Sabana, estado Bolívar. Específicamente, se encuentra al oeste de la población Santa Elena de Uairén (capital del municipio). Geográficamente, Wará II se encuentra ubicado de acuerdo a las coordenadas UTM (REGVEN): N 511164 y E 706790.

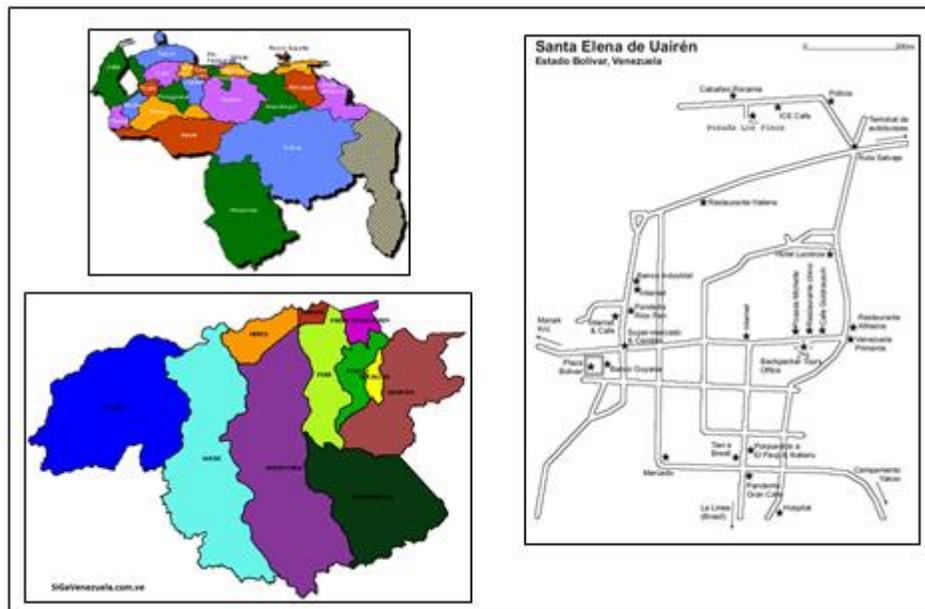


Figura 2.1 Ubicación relativa del área de estudio



Figura 2.2 Ubicación del área de estudio en imagen de satélite Landsat (Google Earth, 2016).

2.2 Hidrografía

El río Caroní nace en los macizos Roraima-Tepuy y Kukenán-Tepuy, dirige sus aguas por el sector centro-oriental del estado Bolívar, drena en el río Orinoco el cual desemboca en el océano Atlántico. Tal río se caracteriza por una inmensa riqueza hidrográfica constituido por 245 subcuencas. El sector alto comprende 27% del espacio de la región hidrográfica del río Caroní (RHRC). Sus principales tributarios son los ríos Yuruaní, Aponwao y Karauay por la margen derecha (drenan 80% del territorio tributario del sector alto) y por la margen izquierda los ríos Kukenán, Uairén y Sucurúm. Las nacientes de los últimos ríos se ubican en la divisoria fronteriza definida por la sierra Pacaraima. (CVG-EDELCA, 2004, p.54)

La subcuenca del río Uairén presenta 680 km² de superficie, el río Uairén posee 64 km de longitud y discurre entre los niveles de 1.400 y 840 m. La subcuenca está conformada por siete (7) áreas hidrológicas principales, una de ellas es la micro-cuenca del río Wará (CVG-EDELCA, 1983) (figura 2.5). La citada micro-cuenca se

estima en 52 km², a través de ella fluyen gran cantidad de drenajes de patrón dendrítico de régimen intermitente que drenan al río Wará, el cual alimenta el colector principal o río Uairén por su margen occidental, para luego ser tributario del río Kukenán. El tipo de afluente es de 4to orden (Ibidem).



Figura 2.3 Río Wará aguas abajo del dique Wará II.



Figura 2.4 Vista del embalse de la represa Wará II.

Del mismo modo, los períodos de máximas crecidas se corresponden a los especificados anteriormente. Durante la inspección de campo (Julio, 2018) el cauce del río Wará medía 18 m de ancho aguas abajo del dique Wará II. En otros tramos, según Figueroa, M (2007) el cauce y el área ribereña inmediata con la vegetación puede alcanzar hasta 229 m.

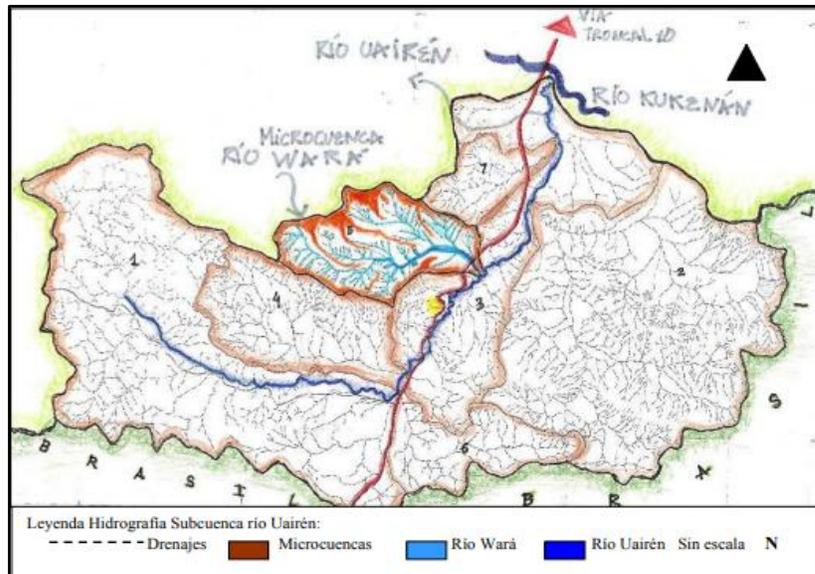


Figura 2.5 Hidrografía de la subcuenca del río Uairén (CVG EDELCA, 1983).

2.4 Geología

La subcuenca del río Uairén geológicamente pertenece a la parte norte del Escudo Guayanés donde afloran rocas que caracterizan a las provincias geológicas de edad precámbrica (oscilan entre 3.500 y 900 millones de años): Cuchivero, Roraima y Magmática de Roraima (CVG-EDELCA, 1983).

Tabla 2.1. Composición geológica de la Subcuenca del río Uairén. (CVG-EDELCA, 1983).

Provincia	Litología característica	Representación
Cuchivero	Rocas plutónicas y metavolcánicas.	Granitos, riolitas y rodacitas.
Roraima	Rocas sedimentarias e ígneas intrusivas.	Conglomerados basales, areniscas, arcillas, lutitas, etc.
Magmática del Roraima	Rocas intrusivas básicas.	Diabasa.

El Escudo Guayanés “comprende la provincia fisiográfica más antigua del territorio venezolano” (CVG-EDELCA, 2004, p.72), a la vez, la Región Hidrográfica del río Caroní experimenta poca o nula actividad sísmica debido, principalmente, a su ubicación a más de 300 km. al sur de la zona de convergencia de las placas tectónicas del Caribe y Suramérica (Ibidem, p.76). De acuerdo a la zonificación sísmica de Venezuela indicada por las normas COVENIN 1756-98 para el diseño de estructura sismos resistentes, Wará se localiza en la Zona 1 de muy bajo movimiento sísmico (Ibidem).

2.5 Geomorfología

La micro-cuenca de Wará se encuentra emplazada en el paisaje de valle, el cual se caracteriza en la Región Hidrográfica del río Caroní (RHRC) por: Ocupar los espacios geográficos más deprimidos y bajos, frecuentemente asociados a cursos de agua que actúan como eje, lo que les confieren una forma alargada y relativamente plana...presentan un escaso aporte aluvial de sedimentos” (CVG-EDELCA, 2004, p. 83).

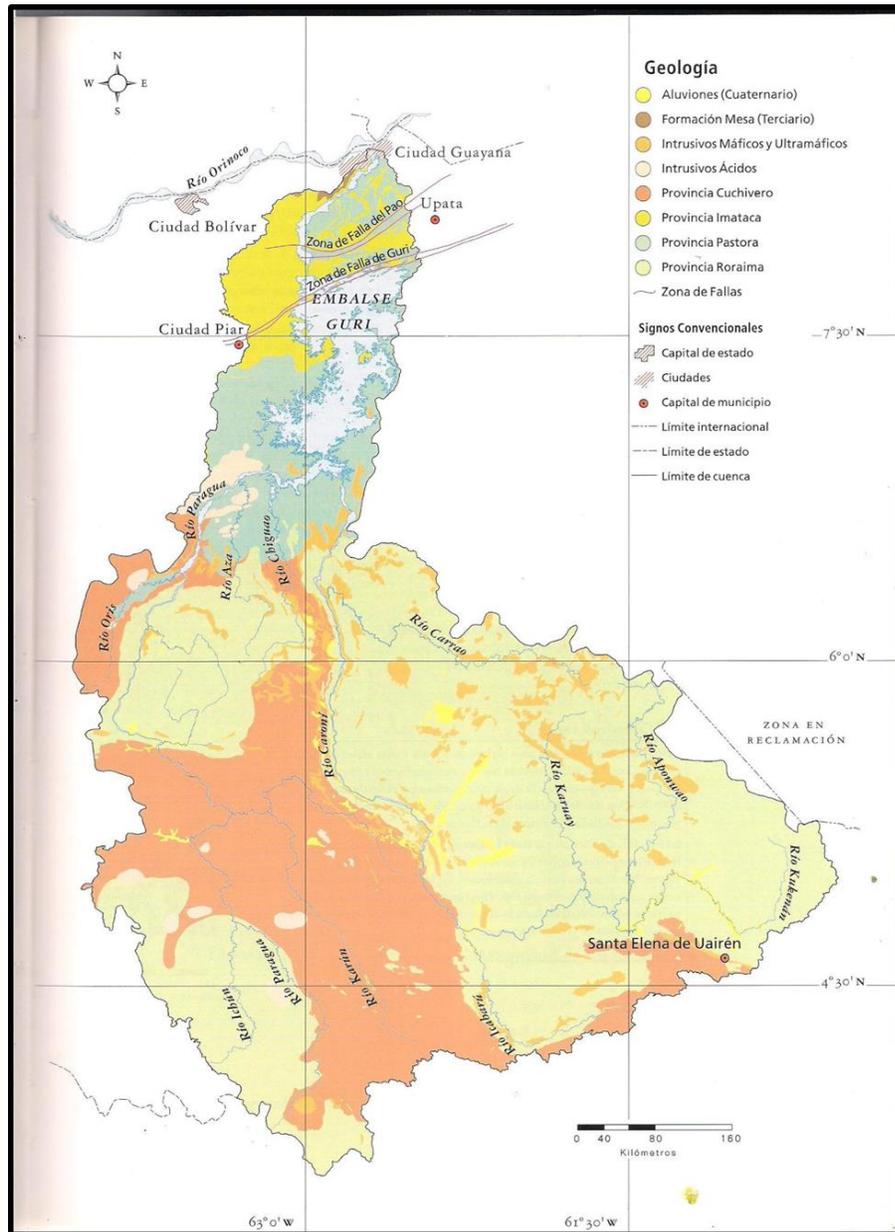


Figura 2.6 Geología de la cuenca del Caroní (CVG EDELCA, 2004).

Dicho paisaje en el área de estudio, está compuesto, principalmente, por dos tipos de relieves: “las cuestas monoclinales de areniscas predominantes en pendientes mayores a 30% en los frentes de cuestas y menores a 15% en los dorsos y alterna con

pequeños valles coluvio aluviales con una pendiente menor a 5%” (CVG-EDELCA, 1983).

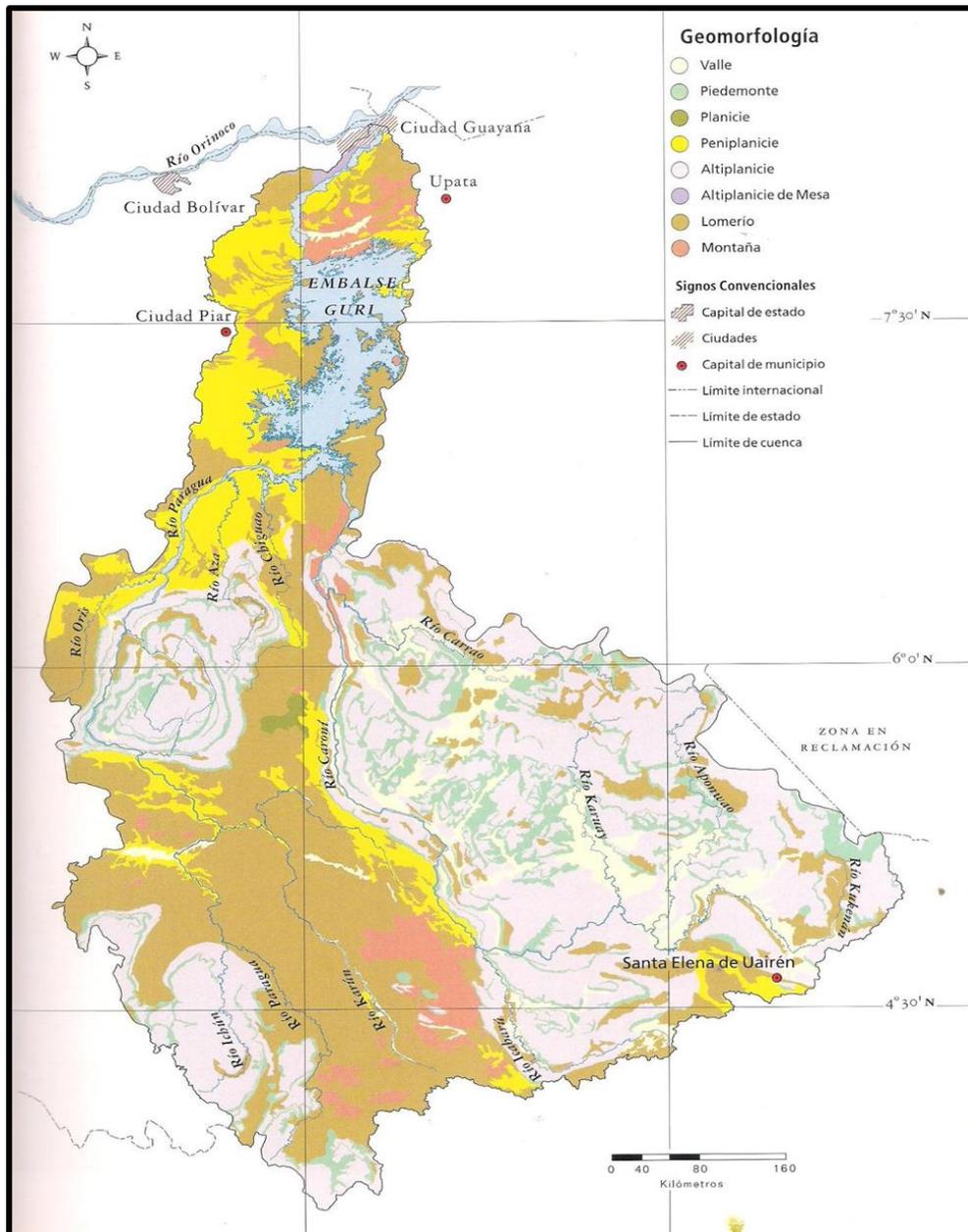


Figura 2.7 Geomorfología de cuenca del río Caroní (CVG EDELCA, 2004).

El valle coluvio-aluvial está conformado por material transportado de origen coluvial y aluvial. Los materiales coluviales se presentan bajo la forma de glaciares que descienden desde las cuestas monoclinales y se integran a la planicie aluvial (material aluvial) (CVG-EDELCA, 1983).

Cabe acotar, que las áreas inundables son aquellas que están sometidas al anegamiento permanente por los bajos valores de pendientes donde la infiltración domina sobre la escorrentía y corresponde al espacio de los morichales y la planicie aluvial, áreas susceptibles a la intervención antrópica.

El relieve del área en estudio está determinado y/o condicionado por la diversa gama de pendientes, las cuales se clasifican en: muy suaves, suaves, moderadas y fuertes.

A continuación, en la Figura 2.12 se ilustra una aproximación a las pendientes del área de estudio:

- a. Las pendientes muy suaves de 0 a 3.5 % (0 a 2°) del área de estudio se ubican en las planicies aluviales y zonas anegadizas.
- b. Las suaves de 8 % (5°) corresponden, en gran medida, al área donde está asentada la población o en las faldas de las lomas.
- c. Las pendientes moderadas de 18% y 21% (10 ° y 12°) se ubican en las lomas de los cerros.
- d. Las más fuertes de 27 % (15°) se presentan en las crestas.

De acuerdo a la imagen mostrada y el recorrido en campo, pareciera predominar en Wará las pendientes muy suaves y suaves.

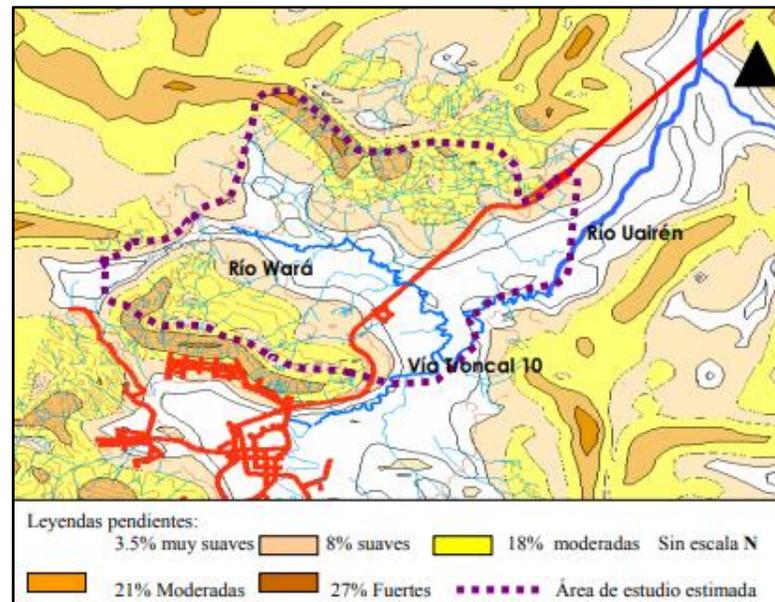


Figura 2.8 Pendientes de Wará (Figuroa, M. 2007).

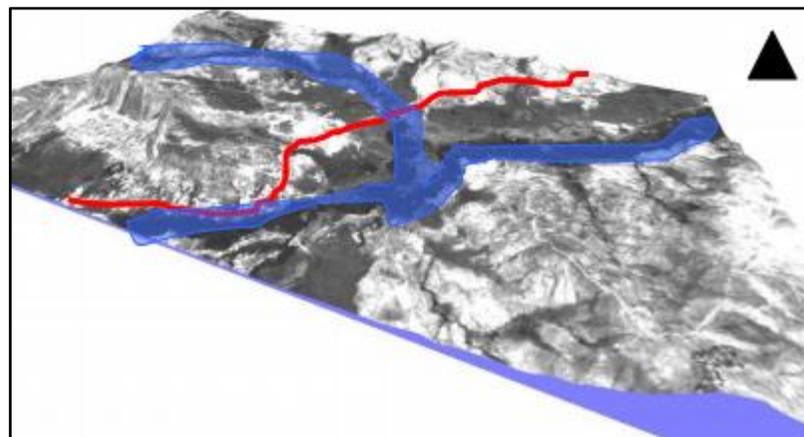


Figura 2.9 Vista 3D, sección topográfica Wará (Figuroa, M. 2007).

2.6 Suelos

De acuerdo al Estudio de la Subcuenca del río Uairén (1983), en el área en estudio existen tres tipos de suelos, a entender: Entisoles, Utilisoles e Inceptisoles, que responden a la “diversidad existente de materiales litológicos, tipos de relieve, clima y cobertura vegetal” (CVG-EDELCA, 2004, p.85).

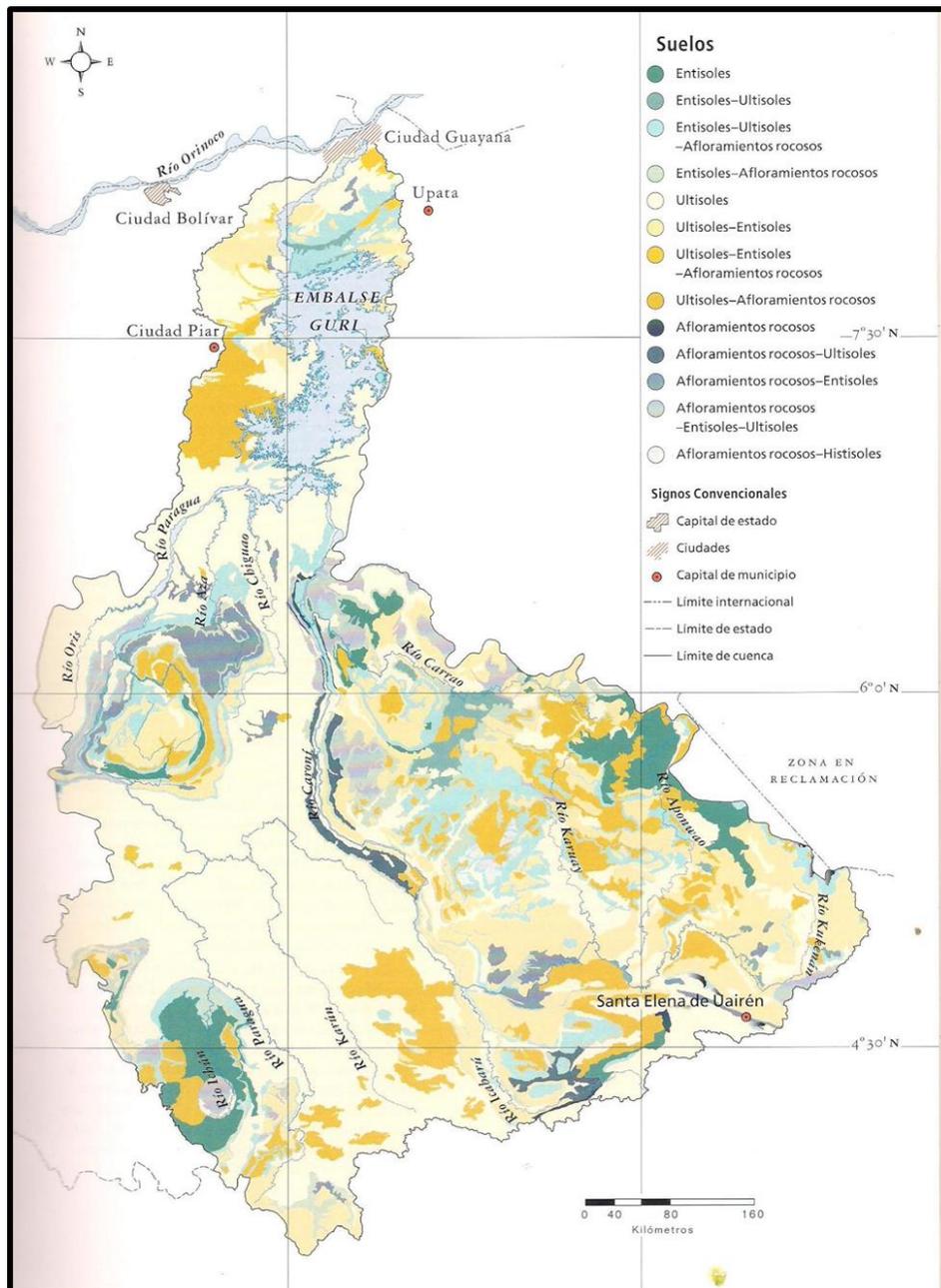


Figura 2.10 Suelos de la cuenca del río Caroní (CVG EDELCA, 2004).

A partir de observaciones realizadas en campo, pareciera predominar en el área de asentamiento de la población los Entisoles asociados a la textura arenosa en el

valle coluvio-aluvial, con algunas variaciones por rocosidad y pedregosidad en los sectores de mayor pendiente (tabla 2.2).

Tabla 2.2 Características de los suelos en Wará (CVG EDELCA, 1983)

Relieve	Taxonomía	Textura	Profundidad	Características hidrológicas de los suelos
Cuestas de areniscas	Entisoles	Arenosa	<30 cm	Alta permeabilidad y baja capacidad de retención de humedad.
Valle coluvio - aluvial	Ultisoles	Arcillosa	>120 cm	Lenta a moderada permeabilidad y alta retención de humedad asociado a la escasa pendiente que impide el drenaje.
Áreas deprimidas planicie aluvial	Inceptisoles	Arenosa	>120 cm	Sometidos a un anegamiento permanente asociado al drenaje lento. Alto contenido de materia orgánica.

Los Entisoles específicamente se caracterizan por ser suelos:

“Superficiales a moderadamente profundos...predominan las texturas arenosas y arena francosas con proporciones variables de grava, guijarros de cuarzo y nódulos de hierro...Los Entisoles tienen su mayor expresión en los sectores Medio y alto Caroní donde alcanza a cubrir casi el 60% del área” (Ibidem, p.86).

En particular, los suelos Entisoles en el área en estudio se evidencian en la existencia de un gran potencial de yacimientos de minerales no metálicos, específicamente, arena granza (blanca y rosada). Estos han sido explotados durante más de 30 años, para satisfacer la demanda local de la industria de la construcción. La explotación de esta materia prima ha generado entradas económicas a la comunidad y funge como uno de los aspectos positivos sobre la comunidad manifestado por las personas encuestadas.

Asimismo, las personas empadronadas expresaron su preferencia hacia este suelo, su condición de alta permeabilidad facilita la movilidad a pie en épocas de lluvia.

De otra forma, los órdenes Entisoles y Ultisoles tienen características comunes, entre las que predominan la baja fertilidad y, por ende, el bajo potencial para el desarrollo de actividades agrícolas convencionales sin aplicación de alguna técnica productiva especial.

Los suelos muy húmedos y/o con concentraciones de agua superficial se ubican generalmente en la planicie aluvial y la primera y segunda terraza del valle coluvio aluvial, las cuales presentan la menor pendiente y por ende, suelen ser las preferidas en general para ubicar los asentamientos. Sin embargo, su característica hidrológica (considerable el grado de sedimentación que presenta el lecho en la planicie aluvial que proviene de las cuestas de areniscas) debe ser tomada en cuenta debido al efecto que tiene sobre la estabilidad de los proyectos de instalación de servicios de infraestructura de redes y de las viviendas.

2.7 Erosión

Los efectos de los condicionantes y agentes externos como: el clima, el suelo, la topografía, la cobertura vegetal y la acción antrópica, se manifiestan, sobre el suelo, en un proceso de degradación, el cual tiene como resultado la producción de sedimentos y la disminución de sus atributos necesarias para la producción de bienes y servicios (CVG-EDELCA, 2004, p.87).

Según el Estudio del Plan Maestro de la Cuenca del río Caroní (2003) el área en estudio se encuentra en una zona de erosión fuerte determinados por factores naturales como antrópicos. A continuación se describe ese tipo de erosión (tabla 2.5 y figura 2.15).

Tabla 2.3. Descripción erosión fuerte (CVG EDELCA, 2003)

Erosión	Descripción
Fuerte	Áreas con erosión laminar severa y generalizada, que ha producido la pérdida de más de la mitad del espesor original del epipedón, en más del 50% de la superficie, o áreas donde se presenta erosión concentrada (surcos o cárcavas) que requieren trabajos intensos para su corrección.

A través de la visita de campo se pudieron detectar varias zonas de erosión intensa: Los primeros, aguas abajo del dique Wará I, al este de la Planta de Tratamiento Wará, se observa una cárcava en los terrenos de la comunidad indígena de Wará, colocando en situación de franco peligro a la tubería que proviene de la planta de tratamiento de agua, la cual en algún tramo de su tendido se encuentra sin apoyo (en el aire), solo anclada en los bordes de la cárcava. Cabe destacar que esta cárcava pareciera de origen natural ya que se encuentra en un valle rodeado por elevaciones o cerros, de muy escasa vegetación y elevada pendiente, por cuyas laderas se presume el descenso del agua a gran velocidad.

Existen otras zonas en la cuenca que fueron utilizadas como saques de arena que actualmente están inactivos ya que fueron declarados Zonas de Recuperación por el Instituto Autónomo de Minas del estado Bolívar (IAMIB).

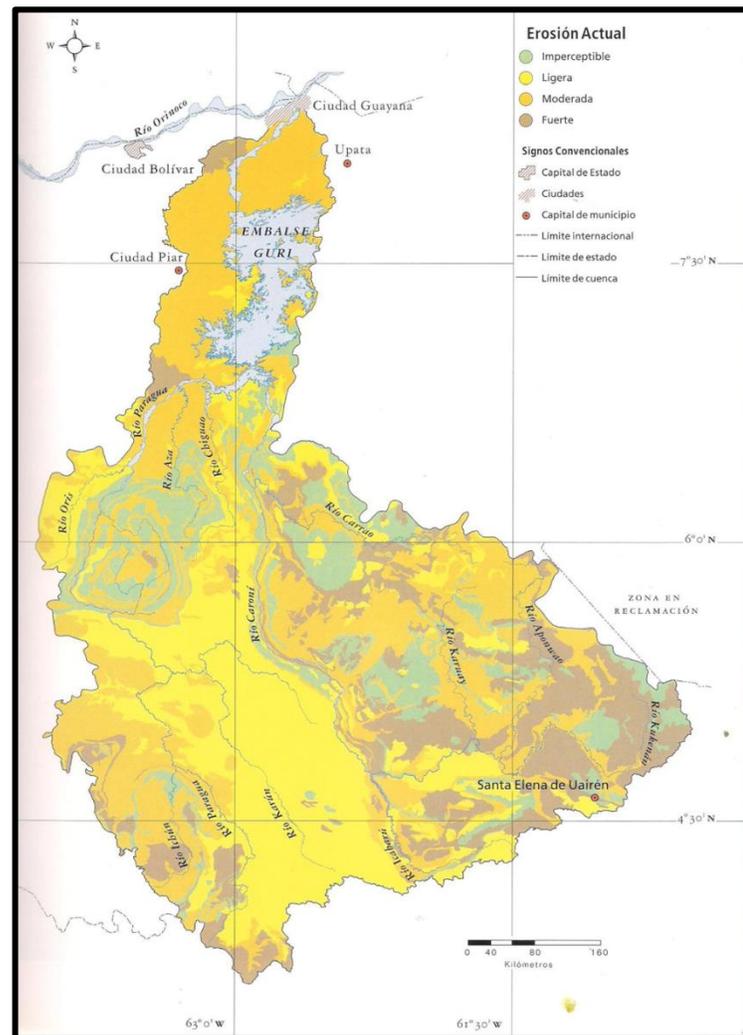


Figura 2.11 Erosión en la cuenca del río Caroní (CVG-EDELCA, 2004).

Las consecuencias son en detrimento del ambiente físico-natural de la micro-cuenca del río Wará, principalmente por:

- La deforestación de estas zonas, dejándolas carentes de vegetación y proclives al desarrollo de cárcavas.

- b. La alteración de la dinámica de la microcuenca, que genera áreas de erosión concentrada bajo la forma de profundas cárcavas y surcos que se integran a los cursos de aguas.
- c. La aceleración de la deposición de sedimentos en los cauces pudiendo influir en la disminución del caudal del río Wará y posteriormente el del río Uairén.
- d. Se pueden generar movimientos en masa que amenacen la estabilidad de las viviendas ubicadas en los asentamientos que se encuentran en las cercanías de los saques.

Como se ha demostrado, una parte de los suelos en el área en estudios presentan severas limitaciones por las pendientes fuertes y el anegamiento permanente, bajo estas características se sugiere usos para: preservación, recreación conservación, de los regímenes de agua.

Se recomienda estudios del medio físico puntuales en las zonas donde se desarrolle urbanismo y/o obras de gran envergadura con el fin de minimizar riesgos.

2.8 Vegetación del área de estudio

En el área de estudio se ha desarrollado un considerable número de especies vegetales adaptadas a sus ecosistemas. La vegetación se caracteriza por ser particular de la región y se desarrolla sobre suelos muy ácidos, derivados de la descomposición de las areniscas. Dominan las sabanas y bosques de galería, los cuales se sitúan a lo largo de los cursos de los ríos y quebradas que atraviesan las sabanas. Estos bosques presentan una vegetación muy variada donde se observan árboles, arbustos, bejucos, plantas epifitas y la palma moriche *Mauritia flexuosa*. Los arbustos raramente superan los 2 a 3 metros de altura. Las familias de plantas más importantes son

Theaceae, Humiriaceae, Ericaceae, Compositae, Aquifoliaceae, Burseraceae, Sapotaceae. Entre las especies más altas, cabe destacar una Rutácea, la *Spathelia Fruticosa*, con tallos no ramificados de hasta cuatro metros, y un penacho de hojas compuestas en el ápice (figura 2.12).

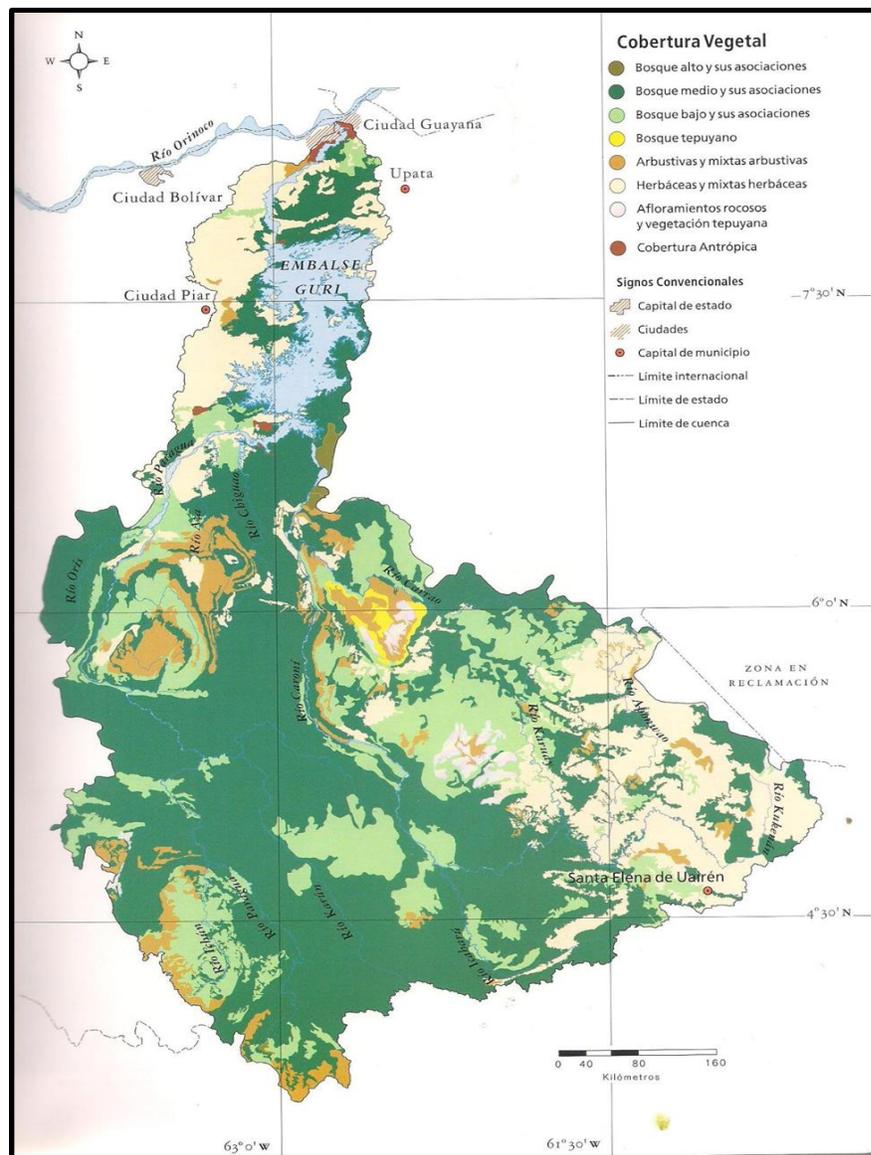


Figura 2.12 Cobertura vegetal de la cuenca del río Caroní (CVG-EDELCA, 2004).



Figura 2.13 Bosque de galería por la ribera derecha descendente del río Wará.

2.9 Fauna del área de estudio

La fauna de la Gran Sabana es muy variada y depende de la altura y el tipo de vegetación.

Nos encontramos con oso melero, báquira, ardilla guayanesa, puma, venado, pereza de tres dedos, comadreja, zorro granjero, monos cara rayada, monos machín, ratones, oso hormiguero gigante, perro de agua o nutria gigante, jaguar o tigre y cunagueros, Murciélago Pescador, Vampiro Desmodus, Murciélago Narisón, Mono Araña, Mono Capuchino, Perezoso de dos Dedos, Ardilla Común, Conejo de Monte, Tonina Delfín de río. Reptiles como el camaleón, la iguana, el morrocoy selvático, serpientes como la falsa coral, Bejuca, anaconda, falsa mapanare, y venenosas como la coral, mapanare, cuaima piña y cascabel. En cuanto a las aves podemos citar el Guacamayo rojo, perico cara sucia, rey zamuro, campanero, colibrí, pájaros capuchinos, gallito de las rocas, tucanes. También hay numerosas especies de ranas y sapos.

El Sapo Minero, es uno de los anfibios más interesantes de La Gran Sabana, al sur de Venezuela. Pertenece a una familia de sapos, cuyas especies se caracterizan por la secreción venenosa abundante que produce su piel. También son llamados "Veneno de flecha", ya que los indios usan dicha sustancia para envenenar la punta de sus dardos y flechas.

Viven en el piso húmedo y sombrío de la selva. Se los encuentra a menudo caminando sobre el ripio acumulado en el suelo y entre las plantas que lo cubren. Aún así, se destacan claramente, ya que la combinación de color negro y dorado que ostentan es muy fácil de detectar.

El hecho de ser tan llamativos, no los pone en peligro, pues pocos animales están interesados en saborear el veneno que producen. Por lo general, esta coloración avisa a un depredador potencial que si se le ocurre cazarlos se llevará un gran chasco y es posible que hasta pueda morir. En lugar de poner muchos huevos en el agua, como hacen otras especies, los sapos mineros ponen pocos huevos para que el macho pueda llevarlos todos adosados a su espalda. Cuando los renacuajos maduran son capaces de nadar, se desprenden de la espalda de su padre y se hacen libremente al agua, a vivir sus vidas al mejor estilo de los Borgias.



Figura 2.14 Ejemplares de la fauna típica de la zona de estudio.



Figura 2.15 Fauna típica del sur del estado Bolívar.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes o estudios previos.

Castro, F. y Vivanco, G. (2007), elaboraron el Trabajo de grado titulado “ESTUDIO DE SEDIMENTACIÓN DEL EMBALSE GUANAPITO, POSIBLES SOLUCIONES”, dicho embalse tiene como objetivo general evaluar las condiciones actuales de sedimentación acumulada en el embalse Guanapito ubicado en el Distrito Monagas del Estado Guárico, Venezuela. Este estudio presenta un apoyo sustancial a la presente investigación por cuanto en ella se desarrollan métodos técnicos de análisis del movimiento de sedimentos en un embalse que metodológicamente podrán ser aplicados a esta investigación.

Cueche, S. y Pino, C. (2009), elaboraron su Trabajo de Grado titulado “INCIDENTES EN LAS PRESAS DE VENEZUELA”. El objetivo general de esta investigación es describir incidentes ocurridos en algunas presas de Venezuela. Dicha investigación servirá de apoyo al presente estudio por cuanto se analizan las causas de fallas de algunas de las presas de Venezuela, lo cual podrá servir para vincular y diagnosticar las condiciones actuales operativas y estructurales de la represa Wará II.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Presas y embalses

Las presas constituyen un elemento decisivo y esencial en las infraestructuras, deben responder a criterios específicos en los planos técnico y administrativo y de

esta forma asegurar seguridad, eficacia y economía en su operación. El proyecto, la construcción y el funcionamiento de todas las presas deben estar de acuerdo con las especificaciones técnicas y administrativas:

3.2.1.1 Especificaciones técnicas de una presa

- ❖ La presa, las cimentaciones y los apoyos deben ser estables, sea cual sea la carga (sea cual sea el nivel del embalse y también en caso de temblores de tierra).
- ❖ La presa y las cimentaciones deben ser suficientemente estancas y será necesario tener los medios para controlar las fugas para asegurar el funcionamiento con plena seguridad y mantener la capacidad de embalse.
- ❖ La presa debe ser lo suficientemente alta como para impedir que las olas pasen por encima de la coronación y, en el caso de una presa de materiales sueltos, debe haber un resguardo suplementario para que tenga en cuenta los asentamientos de la presa y su cimiento.
- ❖ La presa debe tener una capacidad suficiente de aliviadero y de desagüe para impedir cualquier desbordamiento del embalse en caso de avenidas extremas.

3.2.1.2 Especificaciones administrativas de una presa

- a. Una instrucción para su funcionamiento es su mantenimiento.
- b. Instrumentos de medida adaptados para conocer su comportamiento.
- c. Una instrucción de vigilancia y de auscultación de la presa y sus obras anejas.
- d. Un plan de acción en caso de urgencia.
- e. La valoración del medio ambiente natural.

- f. Inspecciones periódicas, así como una revisión global que permita evaluar la presa y realizar modificaciones en casos necesarios.
- g. Todos los documentos (planos, notas de cálculo...) del proyecto y de la construcción y todos los informes sobre la obra.

3.2.1.3 Objetivos de una presa

Como es el caso para todas las grandes obras públicas o privadas, las presas se construyen para responder a objetivos bien precisos. En el pasado, las presas se construían con el único fin de suministrar agua o de regar las tierras. El desarrollo de las civilizaciones ha conllevado el aumento de necesidades para el suministro de agua, regadío, control de avenidas, navegación, calidad del agua, control de sedimentos y energía hidroeléctrica. A veces un objetivo turístico es un beneficio añadido para la población. Una presa está en el corazón del desarrollo y de la gestión del incremento de las reservas de agua de una cuenca hidrográfica. Una presa con fines múltiples es un proyecto capital para los países en desarrollo, puesto que su sola inversión origina beneficios para la vida cotidiana y económica de las poblaciones.

3.2.2 Tipos de represa

Los diferentes tipos de presas que existen responden a las diversas posibilidades de cumplir la doble exigencia de resistir el empuje del agua y evacuarla cuando sea preciso. En cada caso, las características del terreno y los usos que se le quiera dar al agua, condicionan la elección del tipo de presa más adecuado.

Existen numerosos tipos, comenzando con que puede hablarse de presas fijas o móviles, pero primero debemos clasificarlas en dos grandes grupos según su estructura y según los materiales empleados en su construcción. También hay presas

hinchables, basculantes y pivotantes pero son de mucha menor entidad o han caído en desuso, por lo que no se consideran aquí.

3.2.2.1 Según su estructura

❖ Presas de Gravedad

Son todas aquellas en las que su propio peso es el encargado de resistir el empuje del agua. El empuje del embalse es transmitido hacia el suelo, por lo que éste debe ser muy estable capaz de resistir, el peso de la presa y del embalse. Constituyen las represas de mayor durabilidad y que menor mantenimiento requieren.

Su estructura recuerda a la de un triángulo isósceles ya que su base es ancha y se va estrechando a medida que se asciende hacia la parte superior aunque en muchos casos el lado que da al embalse es casi de posición vertical.

La razón por la que existe una diferencia notable en el grosor del muro a medida que aumenta la altura de la presa se debe a que la presión en el fondo del embalse es mayor que en la superficie, de esta forma, el muro tendrá que soportar más fuerza en el lecho del cauce que en la superficie. La inclinación sobre la cara aguas arriba hace que el peso del agua sobre la presa incremente su estabilidad. .

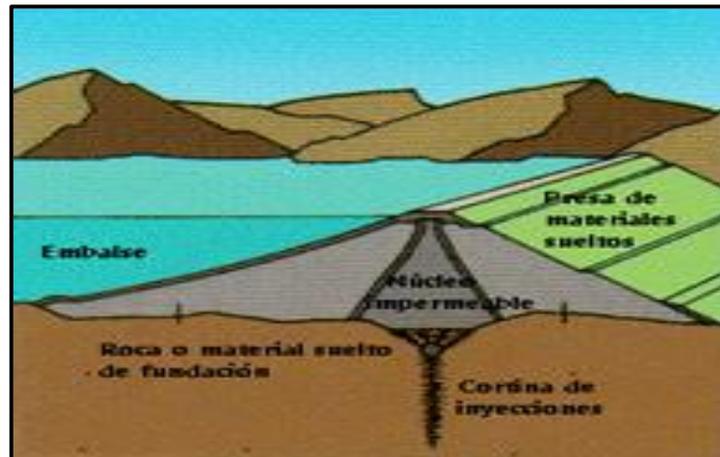


Figura 3.1. Presa de tipo gravedad. (Wikipedia, 2017).

❖ Presas de bóveda o arco

Son todas aquellas en las que su propia forma es la encargada de resistir el empuje del agua. Debido a que la presión se transfiere en forma muy concentrada hacia las laderas de la cerrada, se requiere que ésta sea de roca muy dura y resistente. Constituyen las represas más innovadoras en cuanto al diseño y que menor cantidad de hormigón se necesita para su construcción.

Cuando la presa tiene curvatura en el plano vertical y en el plano 15 horizontal, también se denomina de bóveda. Para lograr sus complejas formas se construyen con hormigón y requieren gran habilidad y experiencia de sus constructores que deben recurrir a sistemas constructivos poco comunes.

Debido a que transfieren en forma muy concentrada la presión del agua al terreno natural, se requiere que éste sea de roca muy sana y resistente, la que debe también ser muy bien tratada antes de asentar en ella la represa.



Figura 3.2: Presa en Arco. (Wikipedia, 2017).

3.2.2.2 Según su material

❖ Presas de hormigón:

Son las más utilizadas en los países desarrollados ya que con éste material se pueden elaborar construcciones más estables y duraderas. Normalmente, todas las presas de tipo gravedad, arco y contrafuerte están hechas de este material. Algunas presas pequeñas y las más antiguas son de ladrillo, de sillería y de mampostería.

En España, el 67% de las presas son de gravedad y están hechas con hormigón ya sea con o sin armaduras 16 de acero. Las represas de gravedad de hormigón, se compone de cemento, piedras, gravas y arenas, en proporciones variables según el tipo de estructura y las partes de las mismas que se trate.

La particularidad de este material, que le permite adoptar complejas formas una vez fraguado, da la posibilidad de optimizar la forma y, por lo tanto disponer el peso de una manera tal que sea mayor la capacidad de la represa en su conjunto para resistir el empuje.

❖ **Presas de materiales sueltos:**

Son las más utilizadas en los países subdesarrollados ya que son menos costosas y suponen el 77% de las que podemos encontrar en todo el planeta. Son aquellas que consisten en un relleno de tierras, que aportan la resistencia necesaria para contrarrestar el empuje de las aguas.

Los materiales más utilizados en su construcción son piedras, gravas, arenas, limos y arcillas aunque dentro de todos estos los que más destacan son las piedras y las gravas. Este tipo de presas tienen componentes muy permeables, por lo que es necesario añadirles un elemento impermeabilizante.

Este elemento puede ser arcilla (en cuyo caso siempre se ubica en el corazón del relleno) o bien una pantalla de hormigón, la cual se puede construir también en el centro del relleno o bien aguas arriba. Las represas de materiales sueltos no soportan ser sobrepasadas por una crecida.

Por ello es necesario, basándose en el conocimiento del comportamiento histórico del río, efectuar una predicción de la forma en que se deberá operar el embalse formado, para evitar que en toda la vida de la obra sea sobrepasada por ninguna crecida, ya que corren el riesgo de 17 desmoronarse y arruinarse.

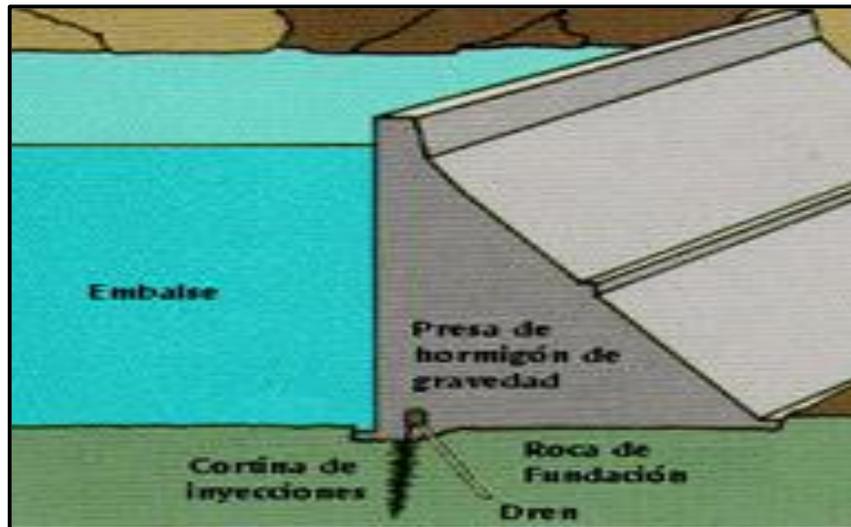


Figura 3.3: Presa de materiales sueltos. (Wikipedia, 2017).

3.2.2.3 Según su aplicación

❖ Presas filtrantes o diques de retención:

Son aquellas que tienen la función de retener sólidos, desde material fino, hasta rocas de gran tamaño, transportadas por torrentes en áreas montañosas, permitiendo sin embargo el paso del agua.

❖ Presas de control de avenidas

Son aquellas cuya finalidad es la de laminar el caudal de las avenidas torrenciales, con el fin de que no se cause daño a los terrenos situados aguas abajo de la presa en casos de fuerte tormenta.

❖ **Presas de derivación:**

El objetivo principal de estas es elevar la cota del agua para hacer factible su derivación, controlando la sedimentación del cauce de forma que no se obstruyan las bocatomas de derivación. Este tipo de presas son, en general, de poca altura ya que el almacenamiento del agua es un objetivo secundario.

En geología una Falla es una discontinuidad que se forma en las rocas de la corteza terrestre. En nuestro caso cuando se habla de falla de una presa se refiere a una rotura de la obra, con consecuencias graves para la población y la infraestructura que se encuentre aguas debajo de la misma.

Una falla es diferente de un incidente, pero a su vez un incidente no significa que la presa falle, aunque en algunos casos extremos eso ha llegado a ocurrir. La construcción de una represa es un mega proyecto que posee un gran espectro por lo tanto es necesario trabajar como sumo cuidado ya que los diferentes desastres pueden llegar a ocasionar grandes daños arrastrando todo a su paso. Existen muchas infraestructuras hidráulicas, desde la antigüedad hasta nuestros días, haremos énfasis en algunas a nivel mundial que se ha visto afectada por algún tipo de incidente, causando a su vez la falla de la obra.

3.2.3 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).

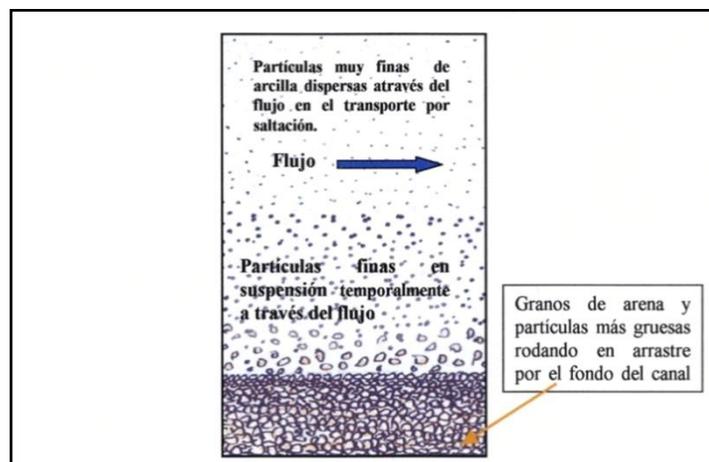


Figura 3.4 Flujo de corriente a través de la capa de arena, limo y arcilla mostrando su medio de transporte (Hjulstrom, F., 1935).

3.2.4 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		Aglomerado (Conglomerado de bloques)	
	Guijón	Grava	256	Conglomerado o brecha	
	Guijarro		Gruesa		
	Guija		Mediana		
		Fina			
PSAMITA	Grano	Arena	16	Arenisca	
			8		
			4		
			2		
			1		
			0,5		
PELITA	Particula	Limo	0,25	Limolita	
			0,125		
			0,062		
			0,031		
			0,016		
		Arcilla	Muy fina	0,008	Arcilla
				0,004	
				0,002	
				0,001	
				0,0006	

3.2.5 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).

3.2.5.1 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.

3.2.5.2 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.

3.2.5.3 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 se obtiene la curva de frecuencia acumulativa.

3.2.6 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.

3.2.7 Procesos físicos del flujo en curvas

Debido a la fuerza centrífuga, en la parte externa de una curva el flujo presenta sobreelevación, lo cual conlleva a que se presente una diferencia de presiones en la sección; este fenómeno hace que se originen corrientes secundarias desde la parte superior hacia el fondo en una misma sección transversal. Estas corrientes superficiales son dirigidas hacia los bancos externos mientras que las corrientes de fondo son dirigidas hacia los bancos internos. Como consecuencia de este proceso la sección de curva de un río presenta una pendiente transversal típica como se muestra en la figura 3.5.

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.

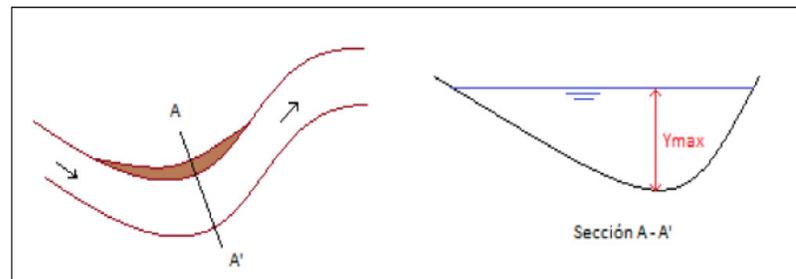


Figura 3.5 Profundización del lecho en la curva de un río (Cardenas, 2012).

3.2.8 Socavación

La erosión, por su escala de acción espacial, puede distinguirse entre erosión general del fondo y erosión local. La primera se puede explicar por la acción de un flujo de agua sobre el fondo del cauce. Afecta a tramos largos del cauce y sería la única o primordial en un cauce recto y libre de singularidades, como obstáculos. La erosión local, en cambio, se explica por la acción de un flujo más complejo, que en una sección recta de la corriente (horizontal o vertical) requeriría una descripción bidimensional de las velocidades. Se presenta asociada a singularidades como obstáculos o a sectores curvos del cauce (CVC -UNIVALLE, 2011).

3.2.8.1 Socavación general

La determinación de las profundidades de erosión general (o erosión natural o decrecientes) que sufre un cauce natural ante la ocurrencia de una crecida es un tema de gran importancia en la ingeniería. El cálculo aproximado de la forma y

dimensiones que adquiere la sección transversal erosionada resulta de utilidad como elemento de ayuda.

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

Una de las posibilidades para el cálculo de la erosión general es la aplicación de modelos numéricos para cómputos morfológicos. En general, estos modelos se basan en la solución numérica de las ecuaciones generales del movimiento de agua con transporte de sedimentos. Los mismos se aplican a un tramo de cauce que incluya la sección en cuestión y los algoritmos internos resuelven el sistema para la hidrógrafa de diseño con condiciones iniciales y de contorno dadas. Existen varios modelos matemáticos para cálculos morfológicos, tales como HEC2SR, HEC-6, MOBED y FLUVIAL, entre otros, sin embargo, para la aplicación, calibración y explotación de estos modelos es necesario disponer de una cantidad de información importante e inversiones significativas en software, hardware, entrenamiento de personal y soporte técnico. Todos estos requerimientos muchas veces son difíciles de satisfacer, y por ello resulta de interés el empleo de los métodos semi- empíricos para la estimación de la erosión general. (Farías, Pílan 2005).

3.2.9 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.

3.2.9.1 Criterios generales de diseño de las obras de protección

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 la sección 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. Debiendo considerarse, entre otros factores, lo siguiente:

- ❖ **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.

3.2.10 Protecciones longitudinales

3.2.10.1 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 la tabla 3.2 se presenta un resumen de las ventajas y desventajas y en la figura 3.9 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.

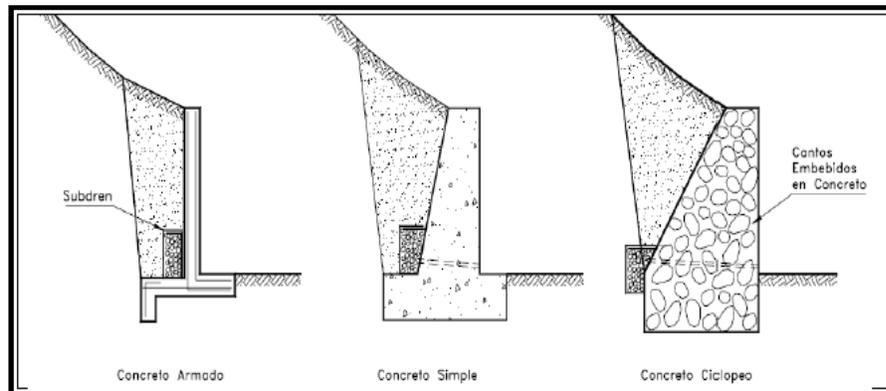


Figura 3.6 Muros rígidos (Cardenas, 2012).

3.2.10.2 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 3.10).

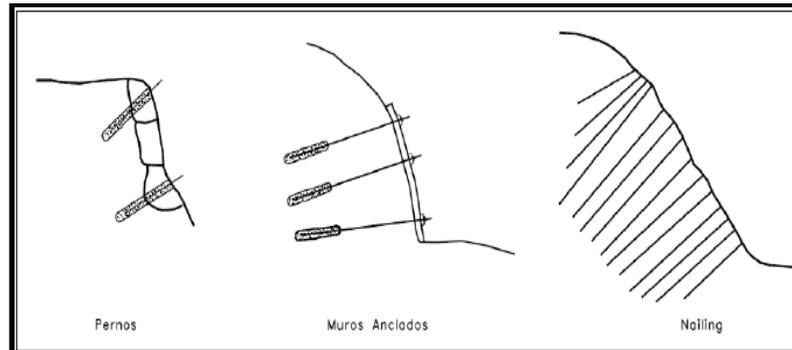


Figura 3.7 Esquema de varios tipos de estructuras ancladas (Cardenas 2012).

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.

3.2.10.3 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.

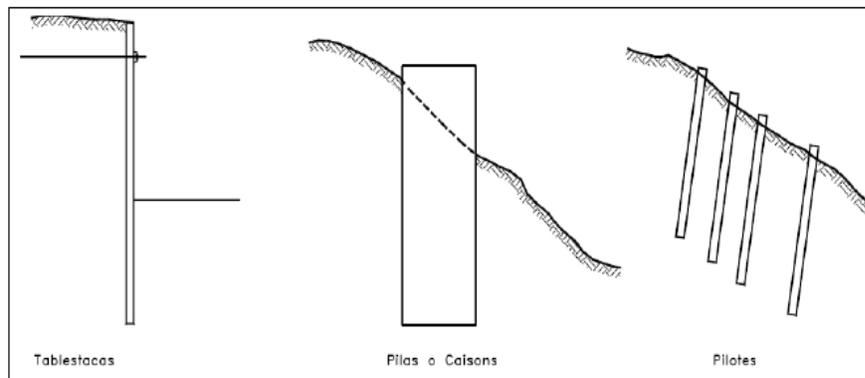


Figura 3.8 Esquema de varios tipos de estructuras enterradas (Cardenas, 2012).

3.2.10.4 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:

1. Una armadura o manto superficial de protección
2. Un filtro o base protectora contra la erosión debajo de la armadura
3. Una protección contra la socavación en el pie del talud revestido
4. 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.

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

a. **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.

b. **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.

c. **Fuerza de las corrientes:** 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.

d. **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.

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.

3.2.10.5 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 geo-textil 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.

3.2.10.6 Tipos de protecciones de riberas

❖ **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 (Figura 3.12) 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 geo-textil 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 3.9 Protección de orilla con enrocado Riprap (Cardenas, 2012).

❖ 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:

Colocación de las piedras a mano conjuntamente con el mortero o concreto.

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.

Inyección completa del enrocado con lechada de cemento.

❖ **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, utilizan de 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 geo-textil, 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.

❖ **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 vista funcional con relación a las placas fundidas en sitio; sin embargo, la gran ventaja es 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.

❖ **Placas prefabricadas de concreto**

Las placas prefabricadas de concreto generalmente son menos atractivas desde el punto de 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.

❖ **Armazones o marcos de concreto**

Consisten en sistemas de marcos o vigas que simulan pórticos sobre la superficie del talud dejando 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.

❖ **Revestimiento con paneles metálicos tridimensionales**

En Europa se desarrolló un sistema de estructuras o paneles en tres dimensiones contruidos 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 se puede revegetalizar utilizando procedimientos estándar de hidro-siembra.

❖ **Geotextiles rellenos de concreto**

Los colchones de geo-textil rellenos de concreto o arena son muy utilizados para la protección de riberas. El relleno es inyectado al colchón y el geo-textil 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 geo-textil, unidos en tal forma que se inyecta concreto entre las dos capas.

En la construcción del sistema de geo-textiles 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.

❖ 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 geo-textil. 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 3.10 y 3.11).

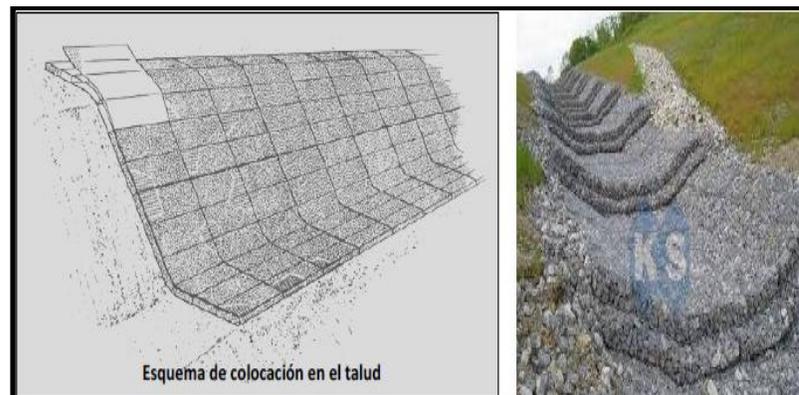


Figura 3.10 Colchones en gaviones (Cardenas, 2012).



Figura 3.11 Muro de gaviones (Suarez, 2001).

❖ **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 geo-textil 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.

❖ **Revegetación de taludes de alta pendiente**

Es muy importante conocer las características de las especies vegetales disponibles para la construcción de una obra de bioingeniería. Para el establecimiento de una cobertura vegetal en forma exitosa se requiere tener en cuenta una serie de criterios entre los cuales se encuentran los siguientes (Dickerson y otros, 1998):

Para la selección de la especie vegetal se requiere tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Tipo de planta
- Sistema tipo de raíces y habilidad radicular
- Rata de crecimiento
- Preferencia de suelo (textura y drenaje)
- Preferencia de pH de suelo
- Rapidez de establecimiento
- Potencial de invasión
- Tolerancia a las sequías
- Tolerancia al sol y a la sombra
- Tolerancia a la inundación
- Tolerancia a la sedimentación
- Tolerancia al viento
- Tolerancia a las quemadas
- Tolerancia al pisoteo
- Mínima profundidad del nivel de agua tolerado
- Máxima profundidad del nivel de agua tolerado
- Sistema de establecimiento (estacas, semillas, rizomas, estolones, etc.)
- Disponibilidad comercial

Se debe determinar el sistema de siembra conjuntamente con los sistemas de fertilización, riego, mantenimiento y protección. Como se indicó anteriormente las condiciones del sitio son determinantes para el buen establecimiento de la vegetación pero también es muy importante la calidad de los materiales vegetales; por ejemplo la calidad de la semilla o la calidad de las estacas que se utilicen para el establecimiento de la cobertura vegetal. Existen otros factores como la época de siembra, la cual determina la disponibilidad de agua y de temperatura para el establecimiento y el crecimiento de las plantas y como factor adicional Dickerson y otros mencionan que se deben contar con un poco de buena suerte para que las condiciones ambientales favorezcan en forma efectiva el establecimiento de la vegetación.

En taludes de alta pendiente adicionalmente a la vegetación propiamente dicha se requiere tener un sistema de estructura que se integre con esta vegetación. Esta estructura puede consistir en elementos que ayuden a sostener la vegetación mientras esta se establece y que favorecen la infiltración de agua y la humedad.

El valor conservacionista de los ecosistemas forestales de los trópicos tanto en las zonas cálidas como en los páramos es extremadamente alto. Aunque existe una extraordinaria diversidad de especies, la falta de fertilidad del suelo por el lavado de los nutrientes no permite la regeneración espontánea. Adicionalmente, los países tropicales son sinónimo de países pobres y un porcentaje importante de la población rural escasamente alcanza los niveles de subsistencia. Los bosques proveen parcialmente elementos de subsistencia y cualquier modificación drástica de la vegetación puede afectarlos (Brown, 1995).

El sistema de lluvias de las zonas tropicales es generalmente controlado por eventos de precipitación de alta intensidad. Típicamente más del 40% de las lluvias tienen una intensidad superior a 25 mm/hora, comparativamente con menos del 5%

en las zonas no tropicales (Hudson, 1971). Las intensidades de lluvia superiores a 150 mm/hora son muy comunes (Douglas, 1969). Este sistema de lluvias hace que las tasas de denudación en las zonas tropicales sean muy superiores a las de otras áreas del mundo.

Una gran cantidad de especies vegetales tropicales corresponde a plantas que requieren de sombra para su establecimiento y que generalmente crecen debajo de los árboles de gran altura, en un microclima húmedo y fresco y no toleran la luz solar o la falta de la humedad ambiental. Una vez se destruyen los árboles no es posible el restablecimiento de estas especies.

Tabla 3.5 Sistemas de vegetalización de taludes de alta pendiente (Suarez, J., 2001).

Sistema de vegetalización	Descripción	Observaciones
Plantas trepadoras	Se siembran hileras de plantas trepadoras en el pie del talud.	Muchas de estas plantas requieren de roca para ascender. La mayoría de ellas no accienden sobre suelo.
Gradería tipo trincho	Se entierran hileras de estacas verticales para sostener ramas horizontales detrás de las cuales se coloca material de relleno.	Se requiere que el suelo sea lo suficientemente blando para permitir que las estacas se puedan profundizar suficientemente.
Biomantos	Después de colocar la semilla y la fertilización se cubre el talud con una tela o biomanto de fibras orgánicas.	En taludes secos se requiere riego continuo para permitir el establecimiento de la vegetación.
Hidrosembrado	Se coloca a presión con una máquina de bombeo la mezcla de semillas, nutrientes y pegantes.	No resisten grandes intensidades de lluvia y no se deben colocar sobre superficies rocosas.
Mateado con hileras de bambú	Se colocan horizontalmente ramas de bambú o guadua sostenidas por estaca y entre ellas se coloca suelo con nutrientes para el establecimiento de la vegetación.	En taludes de muy alta pendiente es difícil sostener las estacas en forma estable. Se requiere que las ramas de bambú estén enterradas dentro del talud para evitar los flujos de agua por debajo de ellas.
Geomallas. Grama reforzada	Las mallas sintéticas u orgánicas sirven de refuerzo para sostener el Mulching y las semillas.	Son productos comerciales generalmente costosos.
Capas de enramados con o sin refuerzo	Se colocan ramas de especies vivas entremezcladas con suelo y sostenidas en ocasiones por mallas de fibras sintéticas u orgánicas.	Son difíciles de establecer en taludes muy altos y de muy alta pendiente.
Cubiertas vivas	El talud se cubre con un sistema de elementos de madera o bambú colocados horizontal y verticalmente, formando cajones los cuales se rellenan con ramas vivas y suelo.	Requieren la construcción de bermas intermedias en los taludes de gran altura.
Estructuras vegetalizadas	Gaviones o muros criba con ramas o estacas vivas.	No son estables en taludes de muy alta pendiente.

3.3 Bases Legales

3.3.1 Ley de aguas

Se considera que esta ley contenida y publicada en la Gaceta oficial de la República Bolivariana de Venezuela No: 35.595 del 02-01-2007 apoya en todas sus partes este tipo de trabajo de investigación. Sin embargo, se mencionan a continuación solo dos (2) de los más importantes artículos que contiene.

Artículo 3.- La gestión integral de las aguas comprende, entre otras, el conjunto de actividades de índole técnica, científica, económica, financiera, institucional, gerencial, jurídica y operativa, dirigidas a la conservación y aprovechamiento del agua en beneficio colectivo, considerando las aguas en todas sus formas y los, ecosistemas naturales asociados, las cuencas hidrográficas que las contienen, los actores e intereses de los usuarios o usuarias, los diferentes niveles territoriales de gobierno y la política ambiental, de ordenación del territorio y de desarrollo socioeconómico del país.

Artículo 12.- El control y manejo de los cuerpos de agua se realizará mediante:

1. La clasificación de los cuerpos de agua o sectores de éstos, atendiendo a su calidad y usos actuales y potenciales.
2. El establecimiento de rangos y límites máximos de elementos contaminantes en afluentes líquidos generados por fuentes puntuales.
3. El establecimiento de condiciones y medidas para controlar el uso de agroquímicos y otras fuentes de contaminación no puntuales.

5. La elaboración y ejecución de programas maestros de control y manejo de los cuerpos de agua, donde se determinen las relaciones causa-efecto entre fuentes contaminantes y problemas de calidad de aguas, las alternativas para el control de los efluentes existentes y futuros, y las condiciones en que se permitirán sus vertidos, incluyendo los límites de descargas máxicas para cada fuente contaminante y las normas técnicas complementarias que se estimen necesarias para el control y manejo de los cuerpos de aguas.

La clasificación de los cuerpos de agua y la aprobación de los programas maestros de control y manejo de los mismos, las cuales se podrán realizar conjunta o separadamente con los planes de gestión integral de las aguas en el ámbito de las cuencas hidrográficas.

3.4 Definición de términos básicos

3.4.1 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).

3.4.2 Aliviadero

Estructura por encima de la cual o a través de la cual el caudal es liberado durante las avenidas. Si, por ejemplo, el caudal es controlado por medio de compuertas, se trata de un aliviadero con compuertas; en el caso contrario, se trata de un aliviadero de labio fijo (CIGB, 2015).

3.4.3 Área del embalse

Superficie cubierta por un embalse lleno (expresado en km²) (CIGB, 2015).

3.4.4 Ataguía

Estructura temporal realizada durante la construcción con el fin de que las obras definitivas pueda hacerse en seco. Una ataguía de desvío permite desviar un curso de agua a un conducto, un canal, un túnel (CIGB, 2015).

3.4.5 Auscultación

Colocación de aparatos de medida instalados en una presa o cerca de ella para evaluar el comportamiento y los rendimientos de una estructura (CIGB, 2015).

3.4.6 Avenida

Subida temporal de las aguas de un río o de un cauce como consecuencia de lluvias importantes en la cuenca vertiente. Conlleva la inundación de zonas habitualmente secas (CIGB, 2015).

3.4.7 Avenida de proyecto

Avenida de cálculo utilizada para proceder al dimensionamiento de una presa y sus obras anejas tales como los aliviaderos y los órganos de desagüe y para determinar la capacidad máxima de almacenamiento, la altura de la presa y los resguardos necesarios (CIGB, 2015).

3.4.8 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).

3.4.9 Coronación

Plano más alto de una presa de hormigón o mampostería.

3.4 10 Corte

Vista de una presa como sección del interior en sentido perpendicular al eje (CIGB, 2015).

3.4 11 Cuenca hidrográfica

Zona drenada hasta un punto particular de un río o de un curso de agua (expresada en km^3) (CIGB, 2015).

3.4.12 Cuenca vertiente

La cuenca de captación o cuenca vertiente es, para una presa, la zona situada aguas arriba de la presa (a menudo expresada en km^3). Las precipitaciones que caen en la cuenca vertiente de una presa discurren y vierten hasta la presa (CIGB, 2015).

3.4.13 Derivar

Hacer ir en una dirección diferente (CIGB, 2015).

3.4.14 Desagüe de fondo

Órgano de desagüe en la parte baja del embalse utilizado habitualmente para vaciar el embalse o evacuar los sedimentos y a veces para permitir el regadío (CIGB, 2015).

3.4.15 Distancia de resguardo

Vertical entre el nivel máximo de un embalse y la altura de la presa (CIGB, 2015).

3.4.16 Erosión

Deterioro progresivo de una superficie, sea un río, el lecho de un curso de agua, una riera o cualquier otra superficie provocado por el flujo del agua, las olas de los embalses, el viento o cualquier otro proceso natural (CIGB, 2015).

3.4 17 Espesor de tongada del hormigón

Espesor de las capas sucesivas de hormigón delimitadas por juntas de construcción horizontales (CIGB, 2015).

3.4 18 Estabilidad

Condición de una estructura que es capaz de soportar fuerzas y presiones instantáneas o de larga duración sin sufrir deformaciones significativas (CIGB, 2015).

3.4 19 Evaporación

Proceso de paso de un líquido al estado gaseoso o de vapor que se mezcla con el aire (CIGB, 2015).

3.4.20 Longitud de la coronación de la presa.

Longitud de la cima de la presa de una orilla a otra (CIGB, 2015).

3.4.21 Márgenes del embalse

Límites de la superficie del agua del embalse (CIGB, 2015).

3.4.22 Nivel aguas abajo

Nivel del agua que se encuentra inmediatamente aguas abajo de la presa. El nivel de aguas abajo varía según los caudales liberados desde la presa y según las influencias de las otras presas y estructuras situadas aguas abajo (CIGB, 2015).

3.4.23 Nivel mínimo de explotación

Nivel más bajo que puede alcanzar el embalse en condiciones normales de explotación; corresponde al nivel inferior de capacidad útil de embalsado (CIGB, 2015).

3.4.24 Órgano de desagüe

Abertura a través de la cual el agua puede ser liberada desde un embalse a un río (CIGB, 2015).

3.4.25 Pie de la presa

Intersección del paramento aguas abajo con el terreno; se llama también “pie de aguas abajo”. La intersección con el paramento aguas arriba se llama talón o pie de aguas arriba. fin de crear un embalse y controlar el caudal (CIGB, 2015).

3.4.26 Talud

Inclinación en relación con un plano horizontal; pendiente mide la inclinación respecto a la vertical (CIGB, 2015).

3.4.27 Toma de agua

Situada a la entrada de los órganos de desagüe, la toma de agua fija el nivel último de vaciado del embalse. Puede tratarse de torres verticales o inclinadas, o de estructuras sumergidas. El nivel de las tomas esta fijado según los caudales requeridos, teniendo en cuenta la sedimentación y el nivel deseado de vaciado (CIGB, 2015).

3.4 28 Umbral de los aliviaderos

Nivel inferior de los aliviaderos; corresponde al nivel mínimo del embalse que permite el paso del agua por los aliviaderos (CIGB, 2015).

3.4.29 Volumen activo

Suma del volumen útil y del volumen inactivo (CIGB, 2015).

3.4.30 Volumen de control de avenidas

Hecho de almacenar o de retardar las avenidas por medio de una operación planificada como en el caso de los embalses, o por el relleno temporal de zonas inundables, como el hecho de hacer derivar agua en un canal de flujo natural (CIGB, 2015).

3.4.31 Volumen de la presa

Volumen total de la estructura de la presa desde el nivel de cimentación a la coronación de la presa y del estribo derecho al estribo izquierdo (CIGB, 2015).

3.4.32 Volumen de nivelación

Volumen de la franja por encima del volumen útil entre el nivel de embalse normal y el nivel máximo del agua (CIGB, 2015).

3.4.33 Volumen del embalse

Volumen de agua retenida y almacenada por la presa (CIGB, 2015).

3.4-34 Volumen inactivo

Volumen entre el órgano de desagüe más bajo y el nivel mínimo de explotación (CIGB, 2015).

3.4.35 Volumen muerto

Volumen de la capa de agua situada debajo de la toma de agua más baja y que, por tanto, no puede evacuarse del embalse excepto por bombeo (CIGB, 2015).

3.4.36 Volumen útil

Volumen del embalse que está disponible para usos como la producción de energía, el regadío, el control de las avenidas, el suministro de agua... Su nivel más bajo del embalse es el nivel mínimo de explotación. Su nivel más alto es el nivel de embalse normal (CIGB, 2015).

3.4.37 Zona inundable

Tierras próximas a un embalse o a un río que pueden ser cubiertas por el agua. Este término es igualmente utilizado para describir la zona aguas abajo que sería inundada o afectada por avenidas importantes, o en caso de rotura de la presa.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

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

Este tipo de investigación es proyectiva porque se propondrá medidas de protección de los taludes de la ribera derecha del vaso de almacenamiento de la represa Wará II en el río Wará.

4.2 Diseño de investigación

4.2.1 Investigación de campo

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

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

La presente investigación se considera de campo, ya que se realizarán las observaciones del entorno y mediciones topográficas en el lugar objeto de la investigación y asimismo, se efectuaron mediciones de la geometría y dimensiones del dique de concreto de la represa Wará II.

4.2.2 Investigación documental

Según Hernández, R., (2004), “es aquella que se realiza a través de la consulta de documentos (libros, revistas, periódicos, memorias, anuarios, registros, códigos, constituciones, etc.)”.

Es documental porque se realiza la recopilación de información bibliográfica, revisiones en la Web, revisión cartográfica y documentos climatológicos ya existentes emitidos por la CVG EDELCA sobre la zona de estudio.

4.3 Población y muestra de la investigación

4.3.1 Población de la investigación

Balestrini, (2004:137) expresa que: “Estadísticamente hablando, por población se entiende un conjunto finito o infinito de personas, casos o elementos que representan características comunes. Una población o universo puede estar referido a cualquier conjunto de elementos de los cuales pretendemos indagar y conocer sus características, o una de ellas, y para el cual serán válidas las conclusiones obtenidas en la investigación”.

La población a ser considerada como objeto de estudio es todo el cuerpo de agua y suelos de los taludes de las riberas que conforma el embalse de la represa Wará II en el río Wará , municipio Gran Sabana, estado Bolívar, Venezuela.

4.3.2 Muestra de la investigación

Según Balestrini, M. (2006), “La muestra es un subconjunto representativo de un universo o población”.

La muestra a utilizar será de carácter opinático, va a depender de la homogeneidad del cuerpo de agua y suelos de los taludes de la ribera del embalse de la represa Wará II en el río Wará, a tal fin se ha considerado que la toma de dos (2) ejemplares será suficiente para caracterizar el talud.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1 Técnicas de recolección de datos

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

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

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

4.4.1.2 El fichaje: Esta técnica consiste en registrar los datos que se van obteniendo en la revisión bibliográfica, en fin, en las diferentes etapas y procesos que se van desarrollando. Esto nos permitió manejar la información de manera organizada y así maniobrar ideas de forma lógica.

La información obtenida de los diferentes medios, se fue archivando mediante el uso de Microsoft Word, cumpliendo el papel de las llamadas fichas, con los correspondientes datos bibliográficos para posteriormente al utilizar la información poderla citar de una manera correcta y con mayor facilidad.

4.4.2 Instrumentos de recolección de datos

- a. Teodolito
- b. Mira topográfica
- c. Cinta Métrica
- d. Clinómetro
- e. Jalón
- f. Nivel de burbuja
- g. GPS
- h. Pala
- i. Bolsas para muestras
- j. Equipo de computación
- k. Calculadora
- l. Programas de ofimática, Hec-Ras, Autocad, etc.

4.5 Flujograma de la metodología de trabajo.

A fin de realizar la investigación con mayor eficiencia y cumplir con los objetivos trazados para la propuesta de una protección idónea para los taludes de las riberas del vaso de almacenamiento de la represa Wará II, se plantean las siguientes actividades:

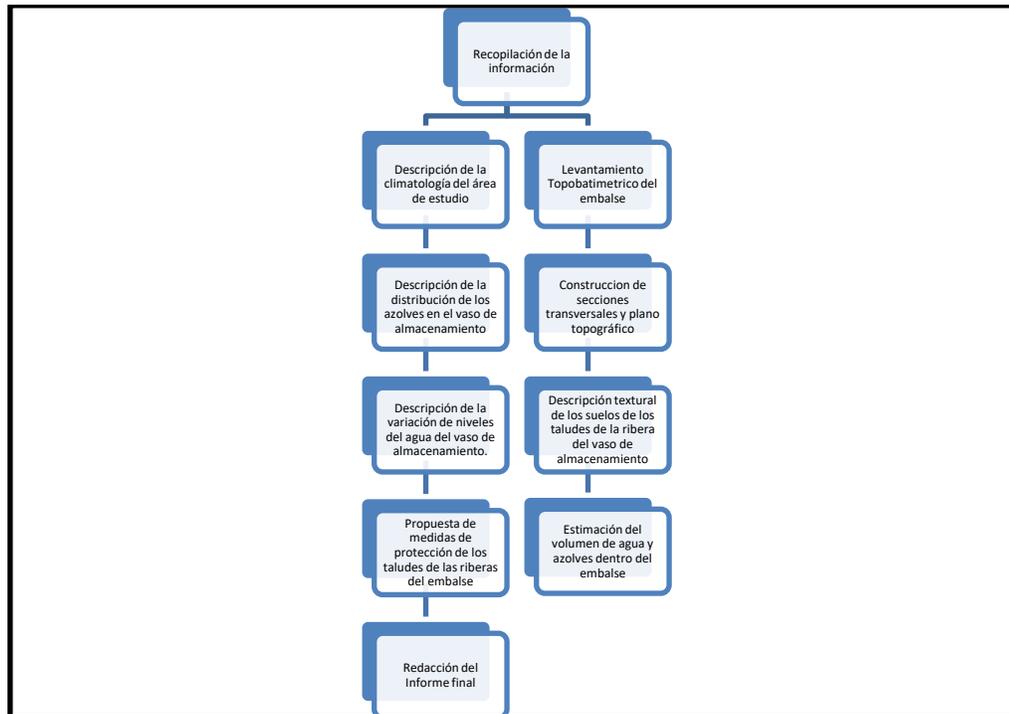


Figura 4.1 Flujograma de la investigación

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 la climatología del área de estudio

Se efectuará la caracterización climatológica general del entorno de la represa Wará II basándose en la descripción de parámetros climáticos (precipitación, evaporación y temperatura) que tienen una incidencia directa sobre las variaciones del nivel del agua en el embalse de dicha represa. Dichos parámetros serán extraídos de informes climáticos elaborados por la CVG EDELCA para la cuenca del río Caroní.

4.6.3 Descripción textural de los materiales de los taludes de las riberas

La descripción textural de los materiales que constituyen los taludes de las riberas del embalse de la represa Wará II se realizará con base a su análisis granulométrico de las dos (2) muestras tomadas de los taludes de la ribera derecha del vaso de almacenamiento.

4.6.4 Descripción de la morfología de los taludes de las riberas y del lecho

A tal fin, se realizará un levantamiento topo-batimétrico del lecho con el cual se construirán secciones transversales del vaso de almacenamiento y el respectivo plano topográfico del vaso de almacenamiento.

4.6.5 Variaciones de los niveles del agua del embalse

Se deberá verificar las variaciones de niveles del agua del embalse de la represa Wará II que afectan los taludes de las riberas del vaso de almacenamiento. A tal efecto, se considerará el diseño geométrico y los elementos dimensionales de la represa, entre los que destacan la altura del dique o presa y los caudales de diseño aportados por la cuenca.

4.6.6 Propuesta de protección de los taludes de la ribera derecha del embalse

Proponer varias medidas de protección de los taludes de las riberas del vaso de almacenamiento considerando las siguientes premisas: a) que técnicamente cumplan el cometido de proteger el talud contra la erosión generada por las corrientes; b) que los materiales, equipos y técnicas constructivas sean asequibles; c) la duración de la medida implementada sea superior al resto de las propuestas y d) el costo de la medida implementada sea el menor en relación al costo del resto de las medidas propuestas.

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 Caracterización climatológica del entorno de la zona de estudio

De acuerdo al Estudio Físico Geográfico de la Subcuenca del río Uairén (1983), el clima de esa subcuenca es húmedo tropical con precipitaciones distribuidas regularmente a lo largo de todo el año y altos valores de insolación. Las variables de precipitación, evaporación, temperatura, humedad, radiación y vientos están determinadas por:

“..los efectos orográficos relacionados con la existencia de un gran número de elevaciones que modifican la dirección de los vientos, ocasionan el ascenso de las masas de aire que causan la condensación de la humedad transportada, permite la formación de nubosidad e inciden sobre la radiación recibida” (CVG-EDELCA, 2004, p. 46).

En cuanto a la precipitación en la subcuenca del río Uairén, es por convección tipo torrencial con régimen anual bimodal. El período seco se experimenta de diciembre a abril, febrero es el mes de menor pluviosidad. El período lluvioso es de mayo a noviembre y los meses super húmedos son: junio, julio y agosto (CVG-EDELCA, 1983).

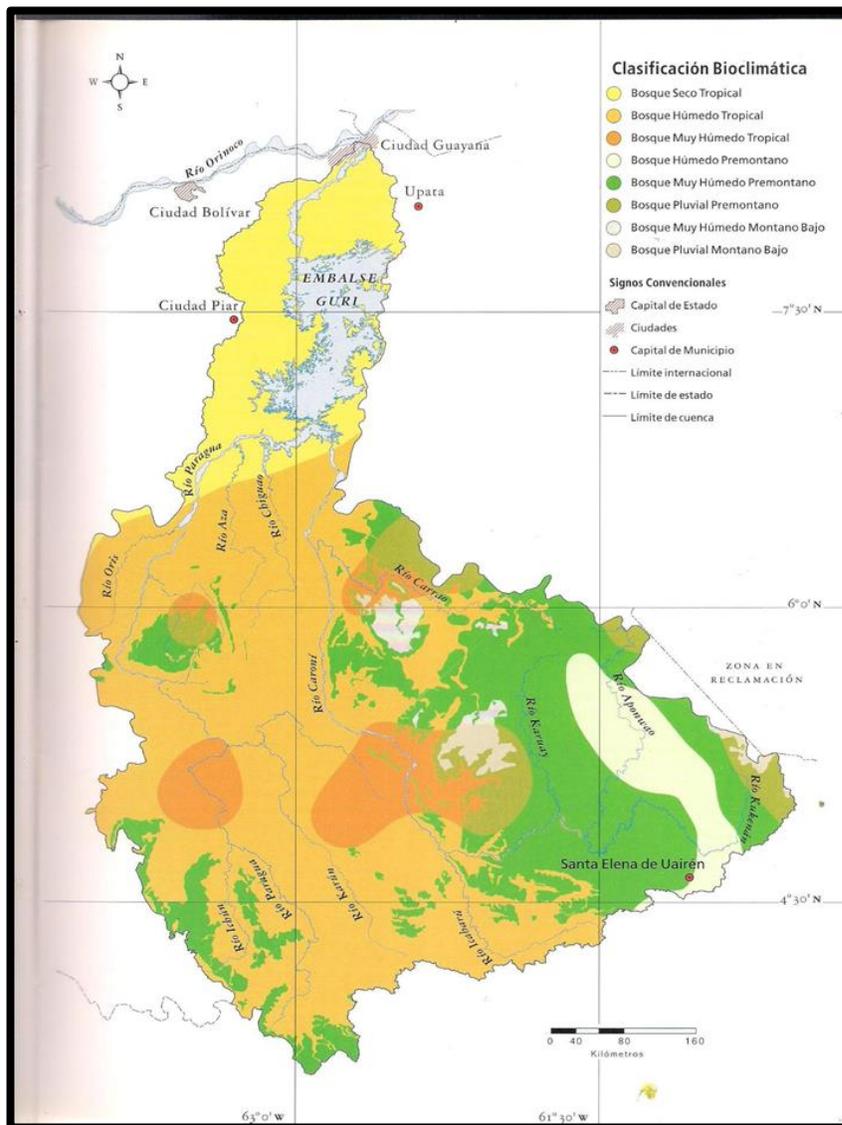


Figura 5.1 Clasificación Bioclimática en la Región Hidrográfica del río Caroní (RHRC). (CVG-EDELCA, 2004).

En los meses húmedos o de mayor precipitación se obtienen las máximas crecidas de los caudales, se activan los procesos de erosión y lixiviación (Ibidem), lo que afecta las vertientes y los suelos por el escurrimiento generado.

Los promedios anuales de precipitación en la RHRC, sector alto Caroní y la subcuenca del río Uairén se indican en la siguiente Tabla 5.1 y en la Figura 5.1:

Tabla 5.1. Precipitación media anual en la región hidrográfica río Caroní, sector alto y la subcuenca del río Uairén (mm). (CVG-EDELCA, 2003. CVG-EDELCA, 1983).

Sector	Anual	Periodo seco	Periodo lluvioso
Región hidrográfica (1)	2.900	630	2.270
Sector alto (2)	2.670	460	2.210
Subcuenca del río Uairén (3)	1.700	488	1.202

En la subcuenca del río Uairén, el promedio anual de temperatura estimado durante el período 1951-1976 fue de 21.2°C y presentó una máxima media anual de 27.8 °C y una mínima de 16.1°C. (Ibidem, p. 4-5). Para complementar esta información se presentan en la Tabla 5.2, los valores medios anuales de las variables climatológicas para la Región Hidrológica del Río Caroní (RHRC), sector alto Caroní y la subcuenca del río Uairén.

Tabla 5.2. Valores anuales promedios de las principales variables meteorológicas en la región hidrográfica río Caroní, sector alto y la subcuenca del río Uairén (mm). (CVG-EDELCA, 2003. CVG-EDELCA, 1983).

Sector	Evaporación mm	Temperatura °C	Humedad relativa %	Radiación cal/cm2/día	Velocidad viento m/s
Región hidrográfica (1)	1.830	24,3	77	426	1,7
Sector alto (2)	1.690	22,1	78	406	1,6
Subcuenca del río Uairén (3)	700	21,2	83	-	1,3

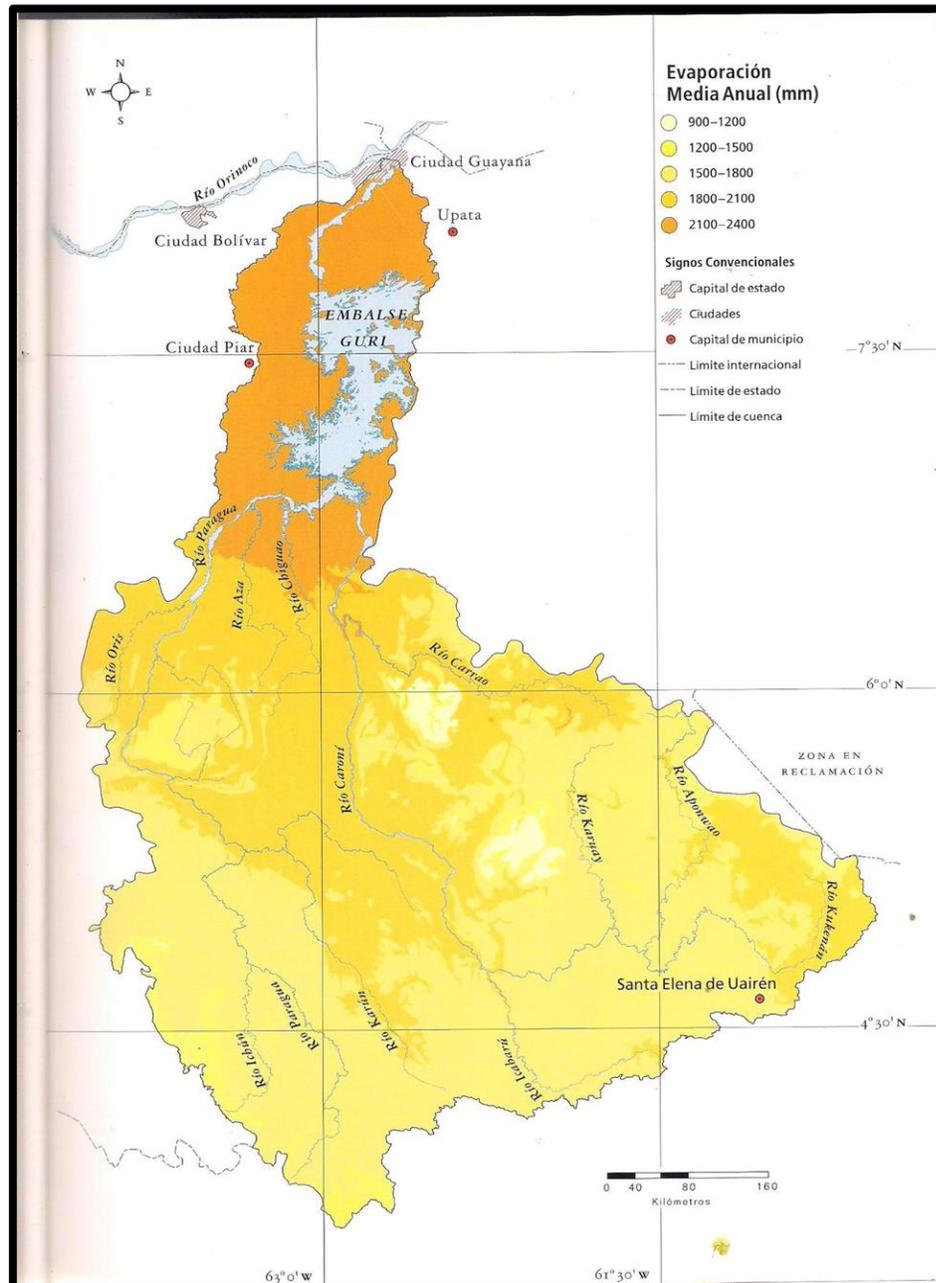


Figura 5.3 Evaporación en la Región Hidrográfica del río Caroní (RHRC). (CVG-EDELCA, 2004).

5.2 Caracterización de los materiales de los taludes de la ribera derecha del vaso de almacenamiento

Con la finalidad de caracterizar los sedimentos presentes en el lecho del embalse de la represa Wará II, se tomaron tres (3) muestras de puntos elegidos bajo un criterio opinático de acuerdo a las coordenadas siguientes:

Tabla 5.3 Coordenadas de ubicación de muestras del lecho

Muestra	Coordenadas UTM (Datum REGVEN)	
	Norte	Este
M1	706772	511144
M2	706787	511146
M3	706778	511160

Las muestras fueron sometidas a análisis granulométrico y análisis de límites de Atterberg en el Laboratorio de Suelos de la Empresa GeoLab de Boa Vista, Brasil. Arrojando los resultados que a continuación se muestran en las figuras 5.4 a la 5.6 y tablas 5.4 a 5.6.

Tabla 5.4 Análisis granulométrico de la muestra M-1

	Abertura tamiz		Peso retenido (gs)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante	Peso muestra para ensayo			
	Real (mm)	Diámetro equivalente (mm)					Peso total muestra	Peso ret. acum. hasta N°4		
GRANULOMETRIA GRUESA	PIEDRA	101.6	4"				Peso total muestra	80.30		
		76.10	3"				Antes de lavarla	80.30		
		64.00	2 1/2"				Después de lavarla	54.80		
	GRANVA	CEBILLO	50.80	2"				Clasificación de las diferentes fracciones de tamaño, según la A.C.T.M.		
			38.10	1 1/2"				Grava gruesa (pasa 3" - ret. 3/4")	0.0%	
	FINA		25.40	1"				Grava fina (pasa 3/4" - ret. N° 4)	0.0%	
			13.00	3/4"				Arena gruesa (pasa N° 4 - ret. N° 10)	0.2%	
			12.70	1/2"				Arena media (pasa N° 10 - ret. N° 40)	4.5%	
			3.510	3/8"				Arena fina (pasa N° 40 - ret. N° 200)	63.5%	
	GRANULOMETRIA FINA	CEBILLO	6.350	1/4"				Pasa N° 200 (limo + arcilla + coloides)	31.8%	
4.760			N° 4	0.0	0.0	0.0	100.0	Total suma fracciones	100.0%	
AREIA			2.380	N° 8						
			2.000	N°10	0.2	0.2	0.2			99.8
			1.190	N° 16						
			0.841	N° 20						
			0.595	N° 30						
			0.420	N° 40	3.6	4.5	4.7			95.3
			0.297	N° 50						
			0.250	N° 60						
	0.149	N° 100								
	0.075	N° 200	51.0	63.5	68.2	31.8				
	Pasa N° 200	25.5	31.8	100.0						

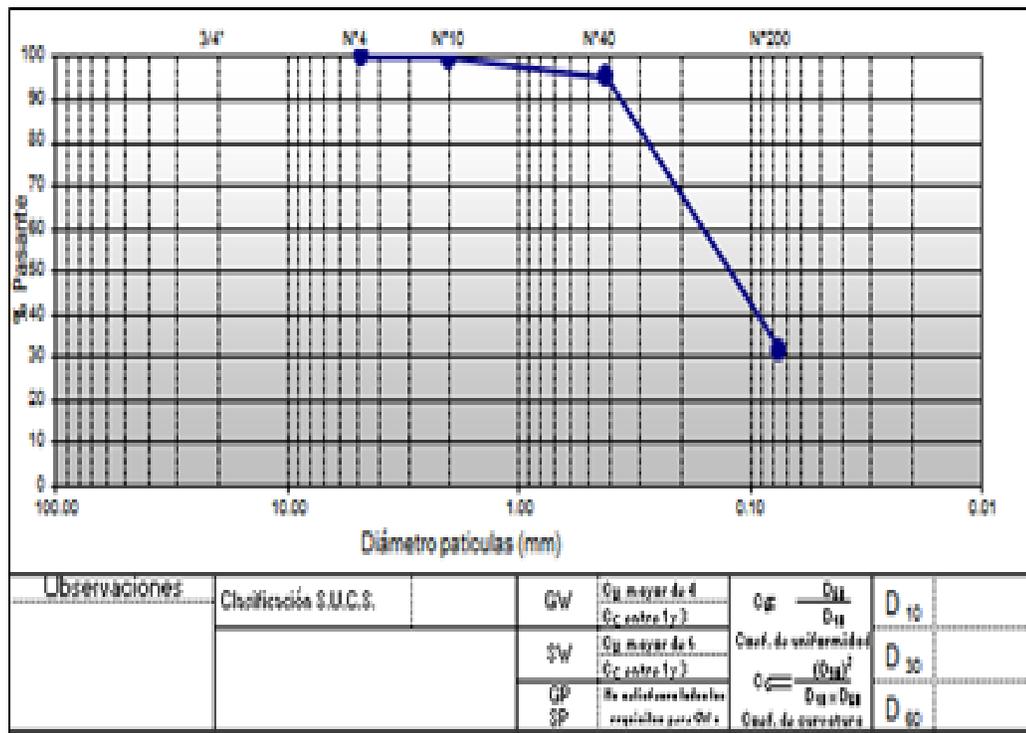


Figura 5.4 Curva granulométrica de la muestra M1

Tabla 5.5 Análisis granulométrico de la muestra M2

Abertura tamiz	Peso retenido (gs)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante	Peso muestra para ensayo	
					Peso total muestra	Peso ret. acum. hasta N° 4
4"	501.6					
3"	76.10					
2 1/2"	64.00					
2"	50.80					
1 1/2"	38.10					
1"	25.40					
3/4"	19.00					
1/2"	12.70					
3/8"	3.510					
1/4"	6.350					
N° 4	4.760	0.0	0.0	100.0		
N° 8	2.380					
N° 10	2.000	0.1	0.1	99.9		
N° 16	1.190					
N° 20	0.841					
N° 30	0.535					
N° 40	0.420	11.4	16.1	83.7		
N° 50	0.297					
N° 60	0.250					
N° 100	0.143					
N° 200	0.075	51.5	72.8	10.9		
Pasa N° 200	7.7	10.9	100.0			

Clasificación de las fracciones de tamaño, según la A.C.T.A.R.	
Grava gruesa (pasa 3" - ret. 3/4")	0.0%
Grava fina (pasa 3/4" - ret. N° 4)	0.0%
Aréas gruesa (pasa N° 4 - ret. N° 10)	0.1%
Aréas media (pasa N° 10 - ret. N° 40)	16.1%
Aréas fina (pasa N° 40 - ret. N° 200)	72.8%
Pasa N° 200 (limo + arcilla + coloides)	10.9%
Total suma fracciones	100.0%

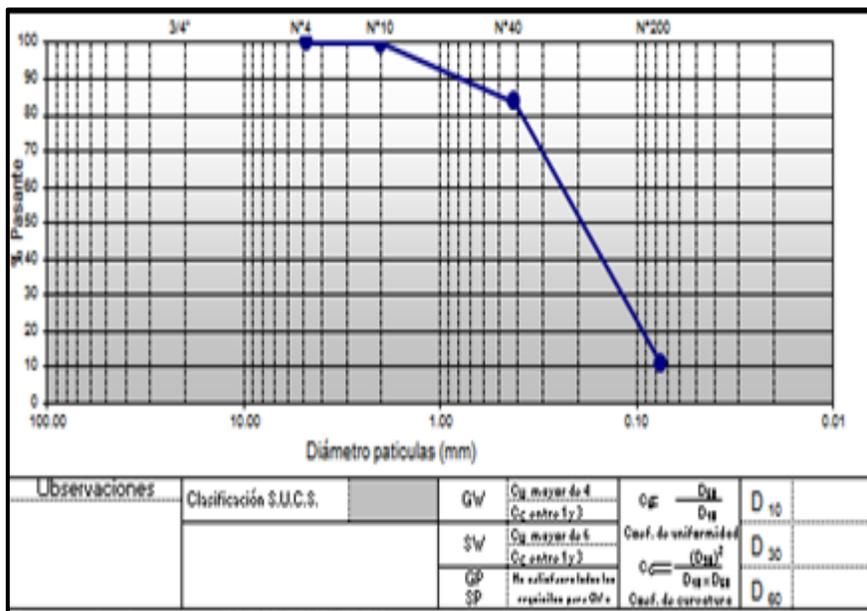


Figura 5.5 Curva granulométrica de la muestra M2

Tabla 5.6 Análisis granulométrico de la muestra M3

	Abertura tamiz		Peso retenido (gs)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante	Peso muestra para ensayo	
	Medida en mm	Designación oficial N°					Peso total muestra	
GRANULOMETRIA GRUESA	101.6	4"					Peso total muestra	73.60
	76.10	3"					Peso ret. acum. hasta N° 4	
	64.00	2 1/2"					Peso pasa N° 4	
	50.80	2"					Ante de lavarla	73.60
	38.10	1 1/2"					Después de lavarla	62.80
	25.40	1"					Clasificación de las diferentes fracciones de tamaño, según la A.C.T.M.	
	19.00	3/4"					Grava gruesa (pasa 3" - ret. 3/4")	0.0%
	12.70	1/2"					Grava fina (pasa 3/4" - ret. N° 4)	0.0%
	6.350	1/4"					Áreas gruesa (pasa N° 4 - ret. N° 10)	0.3%
	4.760	N° 4	0.0	0.0	0.0	100.0	Áreas media (pasa N° 10 - ret. N° 40)	17.7%
GRANULOMETRIA FINA	2.380	N° 6					Áreas fina (pasa N° 40 - ret. N° 200)	67.4%
	2.000	N° 10	0.2	0.3	0.3	99.7	Pasa N° 200 (limo + arcilla + coloides)	14.7%
	1.190	N° 16					Total como fracciones	100.0%
	0.841	N° 20						
	0.595	N° 30						
	0.420	N° 40	13.0	17.7	17.9	82.1		
	0.297	N° 50						
	0.250	N° 60						
	0.145	N° 100						
	0.075	N° 200	49.6	67.4	85.3	14.7		
	Pasa N° 200	10.8	14.7	100.0				

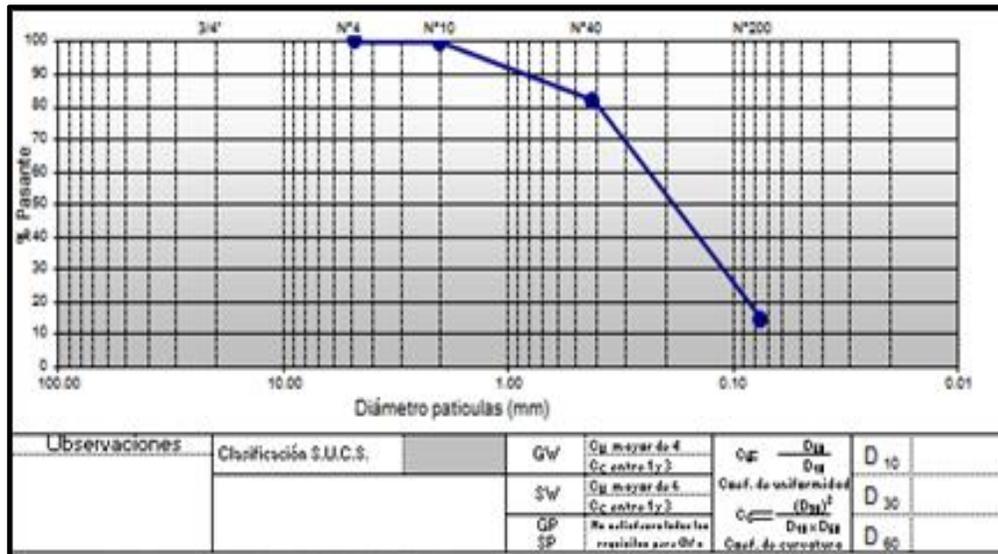


Figura 5.6 Curva granulométrica de la muestra M3

5.3 Características morfológicas de los taludes de la ribera derecha y lecho del vaso de almacenamiento

A tal efecto, se realizó un levantamiento topo-batimétrico de tipo expeditivo mediante técnicas de radiación taquimétrica. El levantamiento taquimétrico se inició en un punto de coordenadas UTM (REGVEN) determinadas mediante un equipo GPS (marca Garmin). Además de este instrumento, el levantamiento se apoyó utilizando los siguientes equipos:

- a. Teodolito electrónico marca Leica
- b. Mira estadimétrica
- c. Cinta métrica
- d. Brújula marca KE tipo Brunton
- e. Jalones
- f. Fichas o estacas metálicas

El levantamiento topo-batimétrico fue realizado por un equipo de 10 estudiantes cursantes del X semestre de la carrera de Ingeniería Civil en el Núcleo Bolívar de la Universidad de Oriente. Cada estudiante tenía interés particular en los resultados del levantamiento topo-batimétrico de acuerdo a los objetivos específicos de sus respectivos trabajos de grado. Cabe destacar, que todos los trabajos de grado incluidos en esta línea de investigación tienen como propósito realizar los estudios conducentes a la rehabilitación integral de la represa Wará II.

Durante este levantamiento taquimétrico se posicionaron 24 puntos de interés desde una única estación denominada A ubicada en el extremo derecho de la rejilla de captación de agua en la cresta del dique de concreto. La determinación de las coordenadas UTM (Datum REGVEN) de los puntos de interés se muestran en el Apéndice A.1 y los resultados de las coordenadas y cotas se presentan en la minuta siguiente:

El punto topográfico de inicio se identificó como punto C , en él se instaló el teodolito y se realizó la radiación taquimétrica hacia todos los puntos de interés del relieve del lecho del vaso de almacenamiento aguas arriba del dique de concreto y hacia la descarga, aguas abajo del dique.

Además del levantamiento del vaso de almacenamiento, se efectuaron las mediciones dimensionales de la estructura del dique de concreto Wará II. Estas mediciones se efectuaron con cinta métrica para la medición de longitudes, clinómetro para la medición de inclinación de las superficies planas del dique y brújula para el levantamiento de la orientación del alineamiento longitudinal del dique.

Tabla 5.7 Coordenadas UTM y cotas de los puntos de interés en el dique y embalse Wará II.

Est.	Pto Vist	Cota	COORDENADAS		OBSERVACIONES
			Norte	Este	
C		905.00	511164.00	706790.00	
	D	905.15	511166.90	706782.03	cresta dique izq
	c1	904.75	511151.99	706785.15	margen agua-berma
	c2	904.69	511142.12	706780.20	margen agua-berma
	c3	904.68	511137.99	706771.40	margenagua-berma
	c4	904.80	511142.02	706774.10	margenagua -berma
	c5	904.69	511138.87	706765.66	margen agua-berma
	c6	904.87	511147.07	706781.42	cresta berma
	c7	904.86	511158.86	706782.67	cresta berma
	c8	903.51	511160.75	706791.85	margen der embalse (p.a:1.8 m)
	c9	903.51	511160.75	706791.85	margen der embalse (p.a: 1.1)
	c10	904.21	511161.60	706786.68	margen izq embalse
	c11	903.32	511147.49	706788.11	centro embalse (p.a:1.24 m)
	c12	903.90	511137.15	706779.29	centro embalse pa:0.855
	c13	903.82	511139.44	706783.19	margen der embase pa:1.05
	c14	903.51	511134.03	706772.97	centro embalse pa:1.23
	c15	903.37	511164.28	706785.27	margen izq pie dique pa:
	c16	904.72	511164.40	706786.17	vertedero cresta dique (pa:0.01 m)
	c17	901.86	511169.22	706785.09	losa izq
	c18	901.41	511170.04	706786.11	lecho izq
	c19	902.03	511167.88	706789.02	losa centro
	c20	900.71	511170.43	706790.62	lecho centro
	c21	902.01	511166.23	706793.18	losa der
	c22	901.00	511166.98	706793.75	lecho der
	c23	900.41	511176.42	706790.18	lecho centro abajo
	c24	901.82	511173.75	706794.52	lecho der abajo

El plano topográfico respectivo se presenta en el Anexo 1.



Figura 5.7 Labores de batimetría en el embalse Wará II

5.3.1 Secciones transversales del vaso de almacenamiento

Con base al levantamiento taquimétrico se construyeron cinco (5) secciones transversales del embalse, las cuales se presentan a continuación en las figuras 5.8 a 5.12. Nótese que el nivel de agua mostrado en las secciones transversales corresponde al modelamiento del caudal aportado por la cuenca para un período de retorno de 100 años.

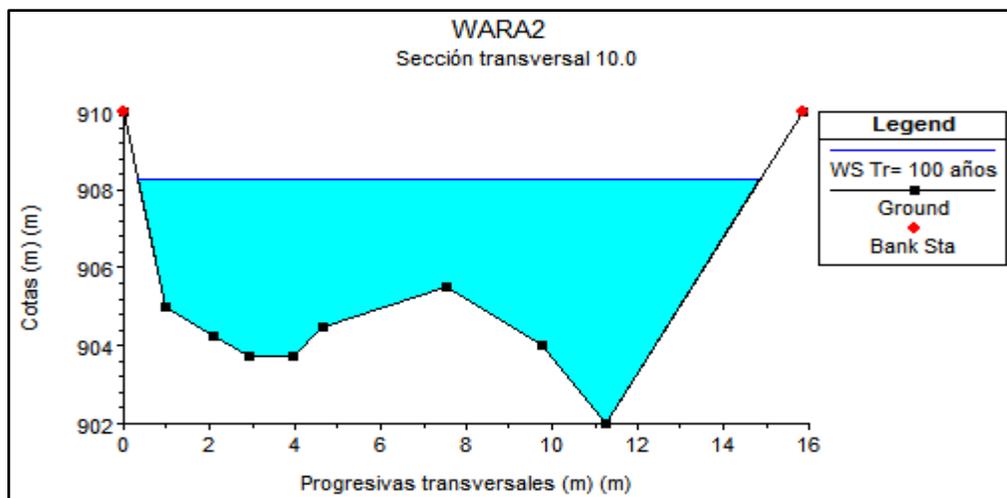


Figura 5.8 Sección transversal 10.0 del embalse Wará II.

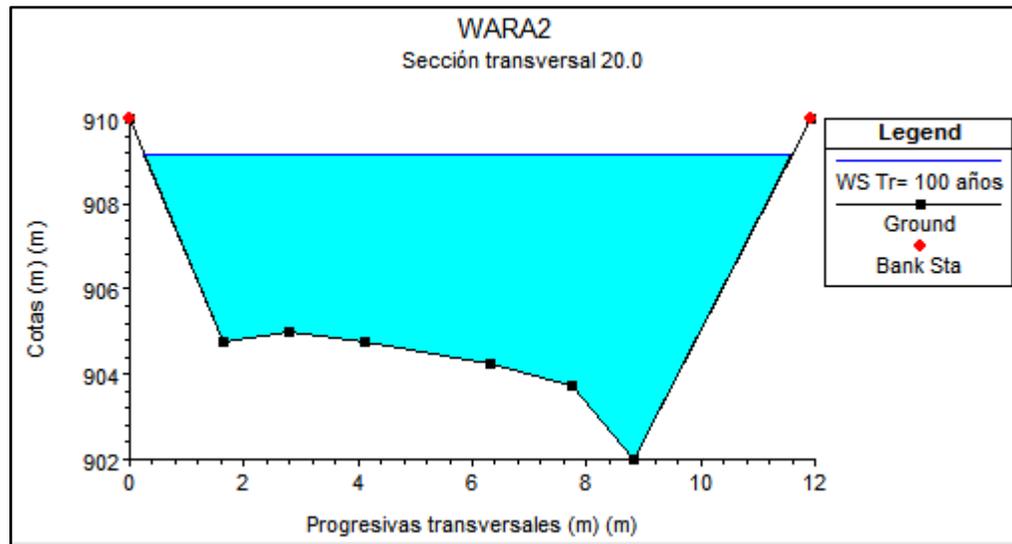


Figura 5.9 Sección transversal 20.0 del embalse Wará II

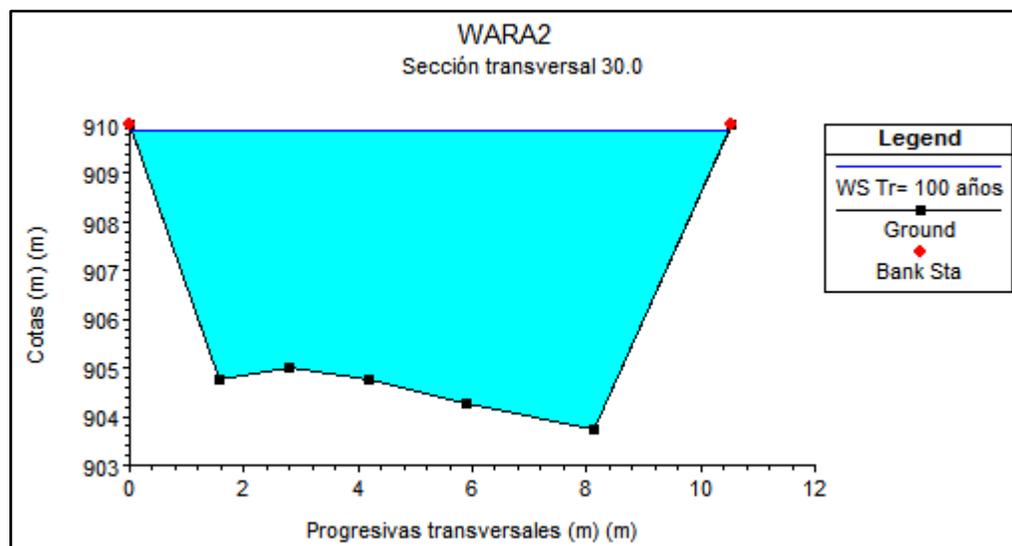


Figura 5.10 Sección transversal 30.0 del embalse Wará II

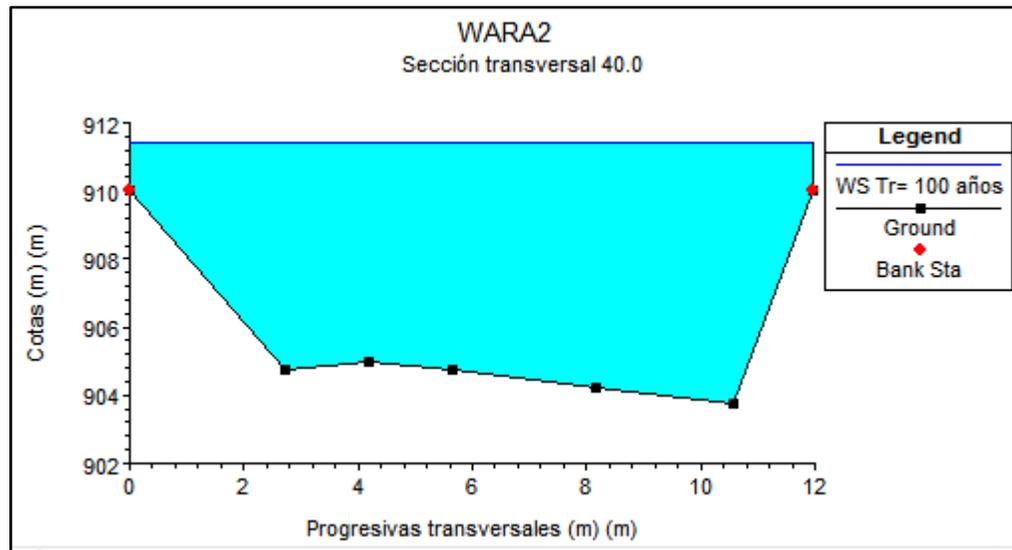


Figura 5.11 Sección transversal 40.0 del embalse Wará II

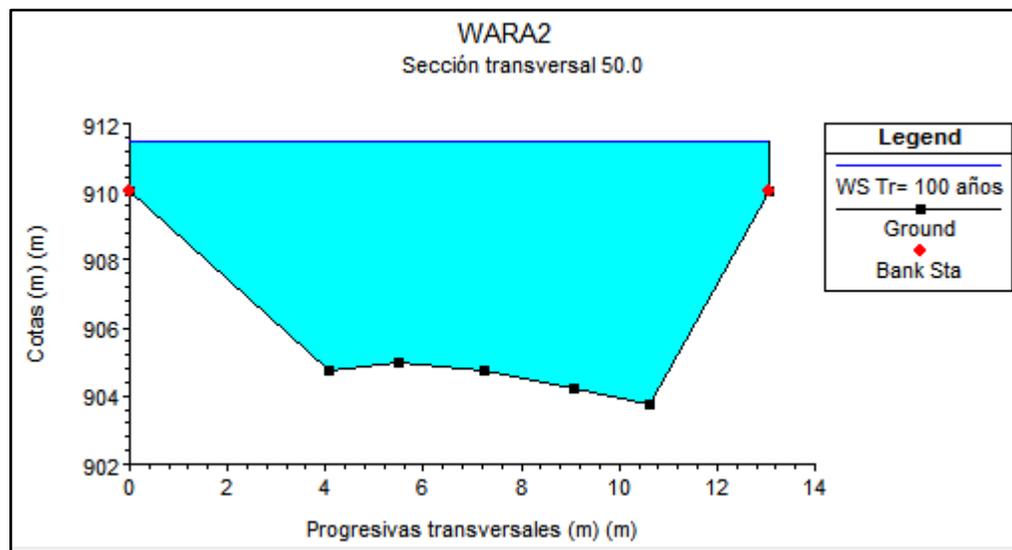


Figura 5.12 Sección transversal 50.0 del embalse Wará II

5.3.2 Distribución de los azolves en el vaso de almacenamiento

De acuerdo a lo observado en campo, desde la corona del dique de concreto, una acumulación de sedimentos en el lado izquierdo del embalse con forma geométrica de media luna. Esta acumulación de sedimentos podría tener sus orígenes en sedimentos acarreados desde la cuenca alta del río Wará por las corrientes fluviales o por desplome de masas de los taludes de la ribera derecha del embalse.

El acumulamiento de los sedimentos en la parte izquierda del vaso de almacenamiento (figura 5.13) y la erosión de los taludes de la ribera derecha se corresponde con los patrones de corrientes que ocurren dentro del embalse, generados por la morfología en curva del embalse en las proximidades del dique de concreto, lo cual ocasiona los procesos de erosión – sedimentación antes mencionados.



Figura 5.13 Acumulación de sedimentos en forma de media luna en la parte izquierda del vaso de almacenamiento.

Debido a la morfología del río Wará, aguas arriba del dique de concreto, las corrientes del río producen durante las avenidas generadas durante las precipitaciones en la cuenca alta del río Wará, fuerzas de arrastre y erosión sobre el talud de la ribera derecha del embalse. Estos materiales erosionados son a su vez transportados y depositados en la zona de aguas tranquilas dentro del embalse, lo cual ocurre en las adyacencias de la ribera izquierda del embalse. Es decir, erosiona en la margen cóncava y sedimenta en la margen convexa del embalse. Estos sedimentos, en conjunto con los transportados por el río desde la cuenca alta, se constituirán en los azolves del embalse Wará II.

5.3.3 Erosión y desplome de masas del talud derecho de la ribera del embalse

El tramo evaluado presenta características de alineación curva, justo al aproximarse el río Wará a la zona de enclave del dique de concreto Wará II. En dicho sector se puede observar, en la ribera derecha descendente, taludes de aproximadamente 3 a 4 m de altura que se extienden unos 100 m aproximadamente, con una inclinación entre 50° y 80° aproximadamente.

Los taludes muestran tres (3) estratos diferenciados: en la parte superior, la capa vegetal (compuesta de humus, arena fina, residuos vegetales, etc.) tiene un espesor que oscila entre los 0 y 30 cm aproximadamente. La segunda capa, que se extiende hasta una profundidad de 2,5 m, constituida por arenas medias consolidadas de color marrón claro amarillento. Finalmente, el tercer estrato de color marrón oscuro, se extiende desde los 2.5 m hasta una profundidad que supera el nivel del agua. Es decir, que gran parte del mismo se encuentra saturado por encontrarse bajo el nivel del agua. Cabe destacar, que este último estrato, muestra evidencias, en su parte inferior, de la socavación producida por efecto de las corrientes fluviales.

Todos los estratos, a excepción de la capa vegetal, se muestran como capas competentes y consolidadas que pueden constituir taludes con ángulos casi verticales sin que se ponga en peligro la integridad física de dicho talud. Sin embargo, los efectos de la socavación producida, por el flujo del agua del río Wará, sobre el horizonte estratigráfico que está en la parte inferior del talud, ocasiona que la pérdida de sustentación de los estratos superiores, colapsen o se desplomen por gravedad dentro del vaso de almacenamiento de la represa Wará II. (figura 5.14).

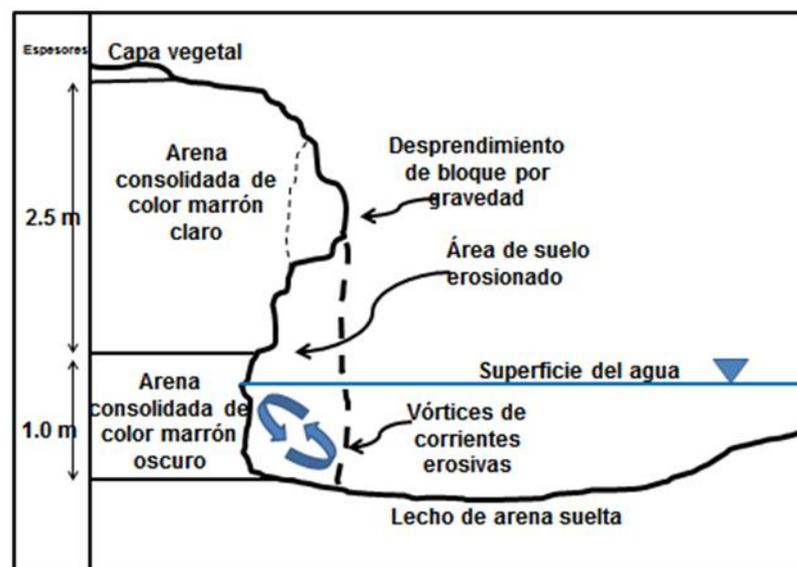


Figura 5.14 Modelo de erosión del talud de la ribera derecha del vaso de almacenamiento.

5.3.4 Geometría y dimensiones del dique de concreto

La presa Wará II es un dique monolítico de concreto, ubicado (según las coordenadas UTM N 511164 y E 706790) aproximadamente a 1.52 km aguas arriba del dique Wará I. Su estructura se encuentra anclada en estribos de rocas duras (diaclasadas) que constituyen paredes de taludes casi verticales en las riberas del río Wará. Y se encuentra reposando sobre las rocas duras aflorantes en el lecho del río.

El dique monolítico de concreto armado tiene una longitud de 16 metros de largo, 3.50 m de altura, 1.1 m de ancho de coronación y un talud aguas abajo con 55 grados de inclinación. Asimismo, posee una tubería de captación de acero, de 12 pulgadas de diámetro y una tubería de alivio del mismo diámetro. Se presenta a continuación las condiciones geométricas y dimensionales del dique de concreto construidos en el río Wará. Las figuras 5.15 a 5.17 permitirán observar imágenes de las vistas en planta, vertical y lateral del dique de concreto Wará II.

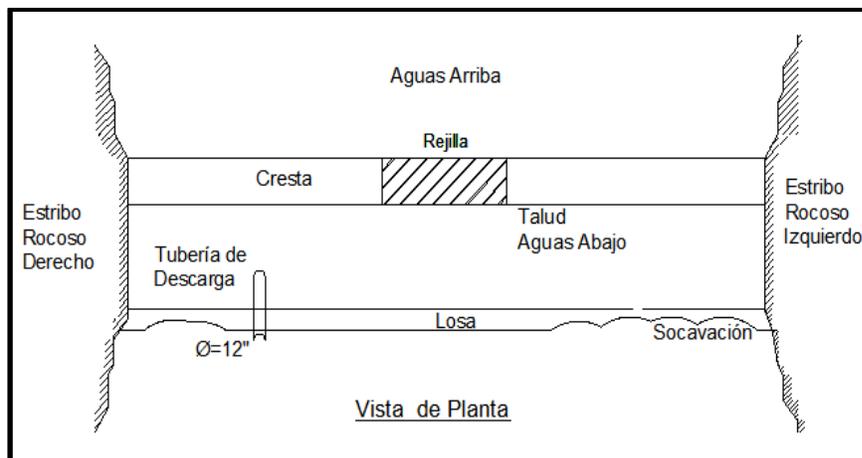


Figura 5.15 Vista en planta del dique Wará II.

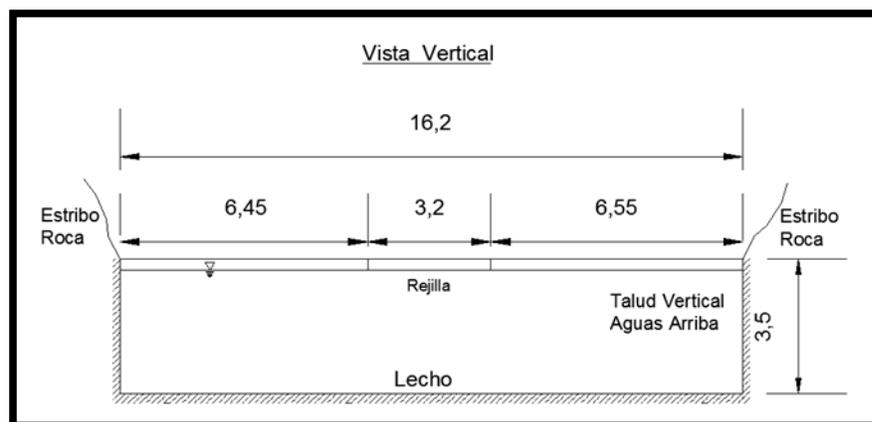


Figura 5.16 Vista vertical del dique Wará II.

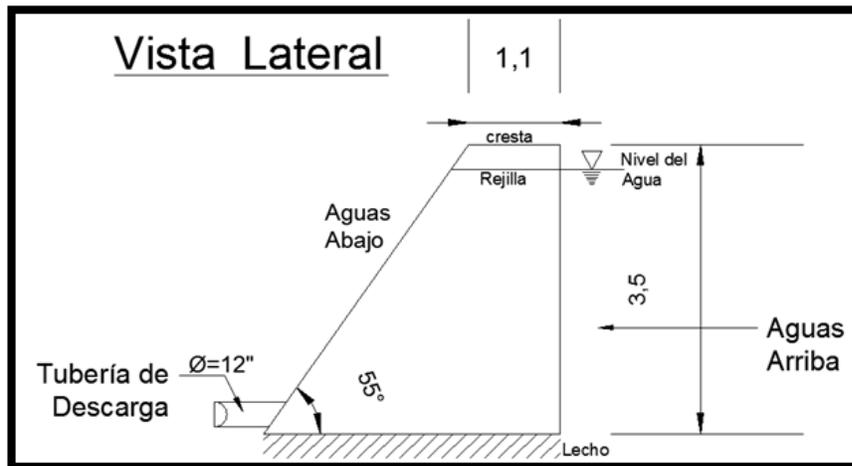


Figura 5.17 Vista lateral del dique Wará II.

5.4 Variaciones de los niveles del agua en el embalse Wará II

Para analizar las variaciones de niveles de agua del embalse Wará II que se pueden suscitar como consecuencia de la magnitud de los caudales que pueda aportar la cuenca alta del río Wará como producto de las precipitaciones que ocurran en dicha cuenca, será necesario considerar esta transitividad de parámetros hidrológicos.

En tal sentido, E Silva, B. y Macapio, J. (2018) realizaron una investigación en la cual se estiman los caudales que aportará la cuenca alta del río Wará al embalse denominado Wará II.

Para el cálculo del caudal aportado por cuencas rurales con un área superior a las 500 ha, es necesario aplicar métodos de estimación como el del Hidrograma triangular unitario, donde además puede ser necesario ampliar la ventana de observación de los caudales que podría producir la cuenca considerando períodos de retorno de 50 y 100 años, lo cual se recomienda de acuerdo al criterio de Bolinaga, J. (1979).

Se construyó el Hidrograma Unitario Triangular SCS, de acuerdo a los resultados siguientes:

Tabla 5.8 Parámetros del Hidrograma triangular unitario (E Silva, B. y Macapio, 2018).

Parámetros	Fórmulas	Nomenclatura	Resultado	Unidad
Area de la cuenca:		A=	23.600	km ²
Tiempo de concentración		Tc =	125.000	min
Tiempo al pico	$T_p = T_c / 1.5$	Tp=	83.333	min
Tiempo de recesión	$T_r = 1.67 \times T_p$	Tr=	139.167	min
Tiempo base	$T_b = 2.67 \times T_p$	Tb=	222.500	min
Duración lluvia neta unit	$\Delta D = T_c / 7.5$	$\Delta D =$	16.667	min
Tiempo de retardo	$T_l = T_p - (\Delta D / 2)$	Tl=	75.000	min
Caudal unitario	$q_p = 0.208 \times (A / T_p)$	qp=	0.058906	m ³ /s.mm

En ese sentido, se dispone a continuación en la figura 5.18, del Hidrograma Unitario Triangular SCS de la porción de la cuenca alta del río Wará:

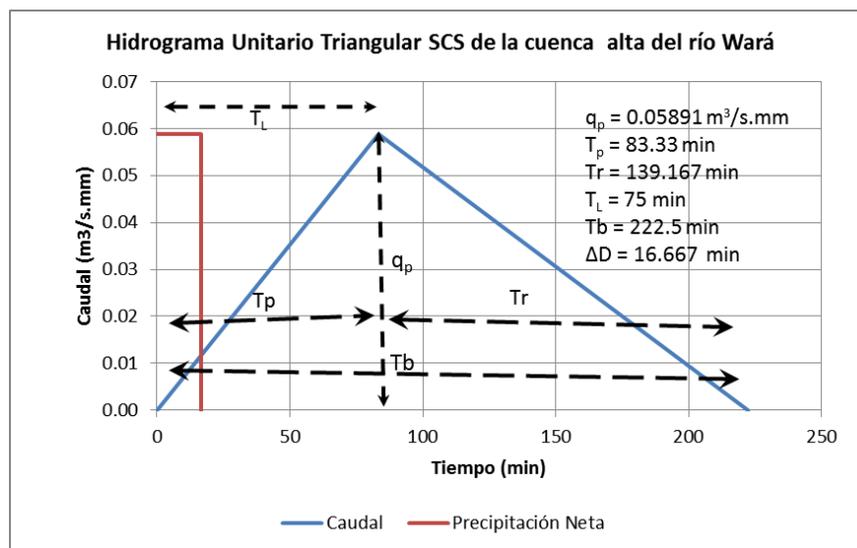


Figura 5.18. Hidrograma Unitario Triangular SCS de la porción de la cuenca alta del río Wará (E Silva, B. y Macapio, 2018).

Finalmente, la estimación del caudal aportado por la cuenca alta del río Wará al embalse Wará II será mediante la fórmula:

Camacho, F. (2012) propone calcular el caudal de diseño que aportará la cuenca a partir de la ecuación:

$$Q = (C \times I \times A \times T_c) / (1.33 \times 360 \times T_p) \quad (4.22)$$

Tabla 5.9 Estimación del caudal de diseño aportado por la cuenca alta del río Wará (E Silva, B. y Macapio, J. 2018).

Coefficiente de escurrimiento ponderado de la cuenca	C =	0.426	
Intensidad de la lluvia	I ₅₀ =	98.92	mm/hr
Area de la cuenca	A =	2360.000	ha
Tiempo de concentración	T _c =	2.083	hr
Tiempo al pico	T _p =	1.389	hr
Caudal de diseño	Q=	311.560812	m ³ /s

E Silva, B. y Macapio, J. (2018), estimaron variaciones de niveles críticos entre 908.25 msnm y 911.49 msnm para períodos de retorno (Tr) de 100 años. Cabe destacar que estas cotas de la superficie del agua del vaso de almacenamiento afectarán totalmente la integridad del talud de la ribera derecha del embalse de la represa Wará II.

5.5 Características dimensionales y geométricas de las obras de protección del talud derecho

Para la protección del talud de la ribera derecha del embalse Wará II, se analizarán opciones considerando las siguientes premisas:

- a. Idoneidad de la opción, es decir, verificando si cumpliría el cometido técnico de protección de los taludes, considerando las condiciones geotécnicas de los materiales y las características del flujo en condiciones de avenidas críticas.
- b. Disponibilidad de los materiales, elementos constructivos y equipos de construcción; es decir, verificar si existe la disponibilidad oportuna y cercana al área de estudio.
- c. Aplicabilidad de las técnicas constructivas; es decir, verificar si las condiciones de los taludes y de su entorno harían factible la aplicación de las técnicas constructivas necesarias.
- d. Costos constructivos en orden de magnitud; es decir, jerarquizar los costos de las distintas opciones.

Se plantean las siguientes opciones para la protección de talud: implantación de cobertura vegetal, enrocado de protección, pantallas continuas de concreto, adoquines de concreto y muros de gaviones.

Considerando las premisas anteriores se presenta una matriz para la evaluación cualitativa de las opciones presentadas en la cual se asignarán calificaciones entre 1 (deficiente) y 3 (buena) para cada premisa antes mencionada. Asimismo, se describen las principales desventajas del método.

En la tabla 5.10 se presenta la matriz de opciones de protección del talud derecho del vaso de almacenamiento de la represa Wará II:

Tabla 5.10 Matriz de selección de opciones de protección del talud.

Protecciones	Premisas					Pts
	Idoneidad técnica	Disponibilidad materiales	Aplicabilidad	Costos	Desventaja	
Revegetación	1	3	1	2	El ciclo hidrológico no permitirá el enraizamiento en el tiempo disponible	7
Enrocado	1	2	1	2	La casi verticalidad del talud no permite la colocación efectiva del enrocado	6
Pantallas continuas	3	1	2	1	Costos de insumos y de la técnica constructiva la hace muy costosa	7
Adoquines	2	1	1	1	Costos de insumos elevados y dificultad de colocación por verticalidad de talud	5
Muro gaviones	3	2	3	2	Amerita mantenimiento cada lustro	10

La anterior evaluación permite decidir que la opción más adecuada para la protección de los taludes de la ribera derecha del vaso de almacenamiento de la represa Wará II es la implementación de un muro de gaviones a lo largo de la sección del talud en peligro de ser erosionado.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 Objetivo general de la propuesta

Presentar las características dimensionales y geométricas básicas de la técnica de protección de los taludes, que representa la mejor opción técnica (muro de gaviones), del lado derecho de la ribera del embalse Wará II en el municipio Gran Sabana del estado Bolívar.

6.2 Objetivos específicos de la propuesta

1. Describir las características funcionales u operativas de la opción propuesta.
2. Describir las dimensiones y geometría del muro de gaviones que se propone como protección de los taludes.

6.3 Desarrollo de la propuesta

6.3.1 Propuesta de muro de gaviones

Un muro de gaviones proporcionaría la protección necesaria para los taludes del lado derecho de la ribera del embalse Wará II.

6.3.2.1 Funcionamiento del muro de gaviones

El muro de gaviones que protegería el talud evaluado se constituye como alternativa técnicamente válida ya que puede ser aplicado a taludes con alta pendiente

y la técnica de construcción de los gaviones y su posterior colocación no son complicados ni costosos. Tal acotación se infiere debido a que la procura de los materiales constructivos necesarios pueden ser obtenidos en la zona a costos moderados (inferiores a los costos del concreto premezclado).

El muro de gaviones protegerá eficientemente el talud ya que aislará los suelos consolidados del talud del paso del flujo evitando su socavación o erosión-

6.3.2.2 Dimensiones y geometría del muro de gaviones

El muro de gaviones estará constituido por los siguientes elementos: una base de geotextil o de grava (para evitar el movimiento o pérdida) de materiales finos y gaviones constituidos por cestas de alambre galvanizado rellenas de rocas (fase de rocas duras de la Formación Roraima.).

Las dimensiones del muro de gaviones y sus elementos son las siguientes:

- El muro de gaviones cubrirá una superficie total de 250,00 m² de taludes (4,00 m de altura por 50 ,00 m de longitud).
- El muro de gaviones estará constituido por la superposición de gaviones enlazados unos a otros (Figura 6.1).
- Cada elemento o gavión tendrá dimensiones de: 0,50 m de altura, por 0,50 m de ancho, por 1,00 m de largo y tendrá un volumen interno relleno de rocas de 0,25 m³. Asimismo, cubrirá una superficie de 0,50 m².
- Un muro de gaviones requerirá 500 elementos gaviones.
- La base del muro de gaviones estará constituida por 250 m² de membrana geotextil.

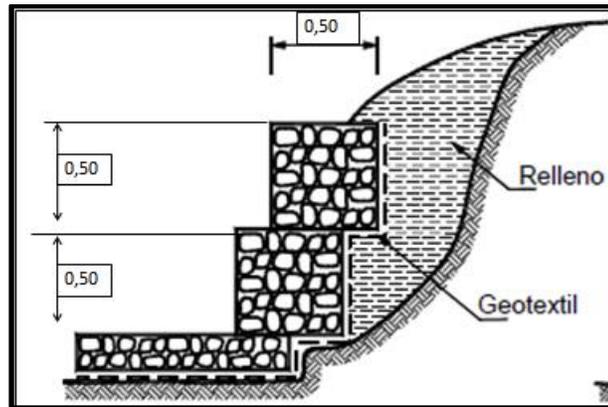


Figura 6.1 Esquema de muro de gaviones (Suarez,2001).

La construcción del muro de gaviones requerirá los siguientes materiales:

- $0,25 \text{ m}^3$ de rocas ($d_{50} = 0,15 \text{ m}$ de diámetro) para cada elemento gavión; es decir, un volumen total de rocas de $125,00 \text{ m}^3$ para los 500 gaviones que constituyen el muro.
- $2,25 \text{ m}^2$ de malla de alambre galvanizado de abertura tipo hexagonal entorchada (8 cm x 10 cm), calibre BWG 13 (2,4 mm de diámetro) para cada gavión; es decir, para un total de $1125,00 \text{ m}^2$ de malla necesarios para la construcción de la totalidad del muro de gaviones (figuras 6.2 a 6.4).
- 8,00 m de cabilla de 2,27 cm de diámetro ($\frac{1}{2}$ pulgada) para dar rigidez a los lados del gavión; es decir, se requieren un total de 4000 m de cabilla, para un total de 334 cabillas de 12 m de largo por $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro.
- 250 m^2 de membrana geotextil

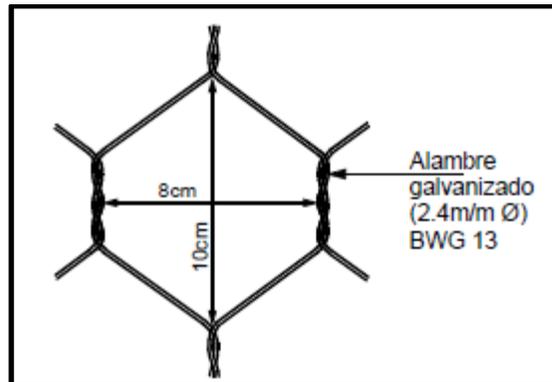


Figura 6.2 Tipo de alambre seleccionado para los gaviones. (Suarez, 2001).

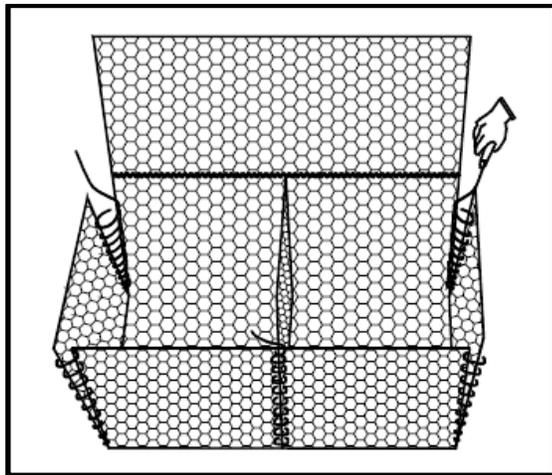


Figura 6.3 Armado de cesta de gaviones (Suarez, 2001).

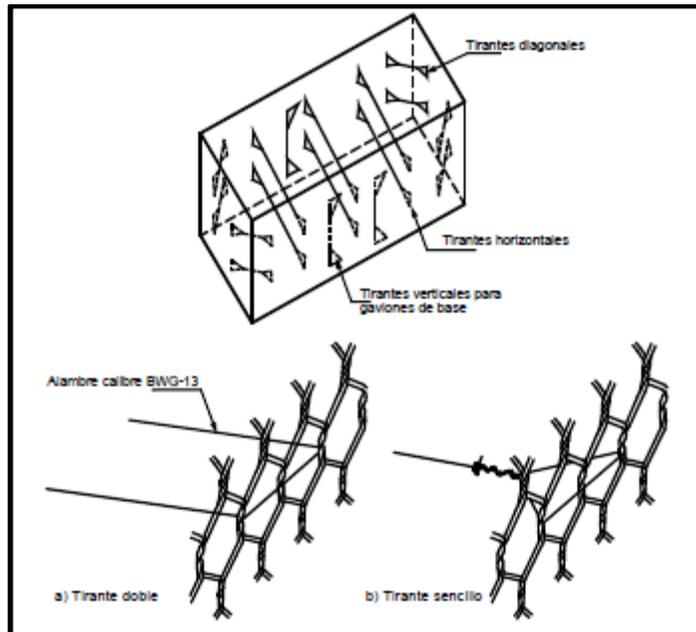


Figura 6.4 Colocación de tirantes internos para evitar deformación de los gaviones (Suarez, 2001).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. El clima del área de estudio es húmedo tropical con precipitaciones distribuidas regularmente a lo largo de todo el año y altos valores de insolación. Las variables de precipitación, evaporación, temperatura, humedad, radiación y vientos están determinadas por los efectos orográficos relacionados con la existencia de un gran número de elevaciones que modifican la dirección de los vientos, ocasionan el ascenso de las masas de aire que causan la condensación de la humedad transportada, permite la formación de nubosidad e inciden sobre la radiación recibida.
2. De acuerdo al análisis granulométrico efectuado a los suelos muestreados en el talud y lecho del embalse de la represa Wará II, los suelos se pueden clasificar como arenas finas limosas.
3. El plano topo-batimétrico, las secciones transversales y las observaciones efectuadas en campo permiten aseverar que existe una berma en forma de media luna producida por la depositación de materiales en el lado izquierdo del embalse (ribera convexa) mientras que existen procesos de socavación en el talud de la ribera derecha que generan eventualmente desplome de masas de suelos dentro del vaso de almacenamiento.
4. El análisis de la variación de niveles de la superficie del agua del embalse Wará II permite concluir que puede oscilar entre la cota 908 msnm y los 911 msnm las cuales son alturas del nivel del agua que afectan o drenan por completo el talud de la ribera derecha de dicho embalse, debilitando dicho

talud al disminuir la resistencia al corte del suelo, incrementar el peso del mismo y hacerlo más vulnerable a los ascensos y descensos del agua del vaso de almacenamiento.

5. La revisión de las posibles opciones de protección de los taludes de la ribera derecha del embalse Wará II permitió determinar que el muro de gaviones cumplirá las premisas básicas de idoneidad técnica, de adecuabilidad, existencia de materiales y tecnología y bajos costos.

Recomendaciones

1. Proponer las medidas tendentes a la rehabilitación del vaso de almacenamiento Wará II mediante algún método como el dragado, que permitan restituir la vida útil de la represa.
2. Se recomienda realizar estudios del movimiento de sedimentos aportados por el río Wará discriminando la sedimentación producida por los procesos de erosión de riberas dentro del río.

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

Arias, Fidas. (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>]

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).

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

González de Juana, 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).

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)

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

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

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

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

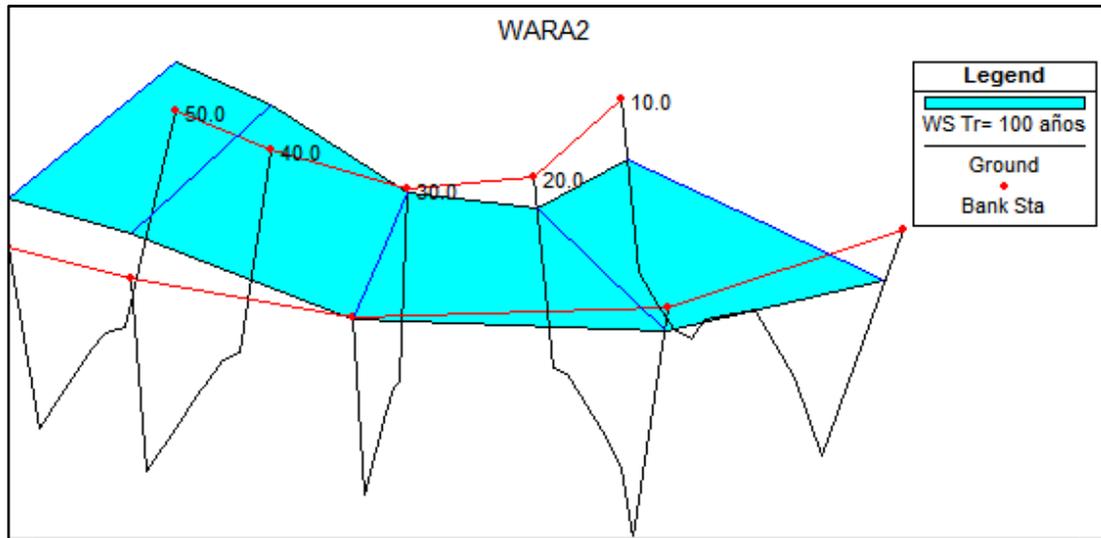
APÉNDICES

APÉNDICE A
DATOS DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL DIQUE Y
EMBALSE WARÁ II

A.1 Cálculo de puntos de interés en el dique y embalse Wará II

Est.	Pto	Alt ins Vist hi	Ang Horizontal			Azimut			Angulo Cenital			Angulo Vertical		h sup	med	h inf	DI	DH	DV	Cota	PROYECCIONES		COORDENADAS				
			°	'	"	radianes	°	'	"	radianes	°	'	"								radianes	°	radianes	Norte	Este	Norte	Este
C		1.49																	905.00			511164.00	706790.00				
	D		0	0	0	0.0000	290	0	0	5.0615	92	16	54	1.6106	-2.281667	-0.0398	1.050	1.000	0.965	8.500	8.487	-0.338	905.15	2.903	-7.975	511166.90	706782.03
	c1		271	59	46	4.7472	201	59	46	3.5255	93	15	50	1.6278	-3.263889	-0.0570	1.070	1.000	0.940	13.000	12.958	-0.739	904.75	-12.015	-4.853	511151.99	706785.15
	c2		274	8	17	4.7846	204	8	17	3.5629	91	54	26	1.6041	-1.907222	-0.0333	1.120	1.000	0.880	24.000	23.973	-0.798	904.69	-21.877	-9.804	511142.12	706780.20
	c3		285	33	47	4.9840	215	33	47	3.7623	91	27	5	1.5961	-1.451389	-0.0253	1.155	1.000	0.835	32.000	31.979	-0.810	904.68	-26.014	-18.599	511137.99	706771.40
	c4		285	53	2	4.9896	215	53	2	3.7679	91	27	5	1.5961	-1.451389	-0.0253	1.155	1.000	0.884	27.150	27.133	-0.687	904.80	-21.983	-15.904	511142.02	706774.10
	c5		294	5	0	5.1327	224	5	0	3.9110	91	5	55	1.5900	-1.098611	-0.0192	1.300	1.125	0.950	35.000	34.987	-0.671	904.69	-25.132	-24.341	511138.87	706765.66
	c6		276	53	29	4.8327	206	53	29	3.6109	91	51	59	1.6034	-1.866389	-0.0326	1.095	1.000	0.905	19.000	18.980	-0.618	904.87	-16.927	-8.585	511147.07	706781.42
	c7		304	56	18	5.3222	234	56	18	4.1005	94	0	36	1.6408	-4.010000	-0.0700	1.045	1.000	0.955	9.000	8.956	-0.628	904.86	-5.145	-7.331	511158.86	706782.67
	c8		220	21	0	3.8458	150	20	0	2.6238	104	39	33	1.8267	-14.659167	-0.2559	2.020	2.000	1.980	4.000	3.744	-0.979	903.51	-3.253	1.853	511160.75	706791.85
	c9		220	21	0	3.8458	150	20	0	2.6238	104	39	33	1.8267	-14.659167	-0.2559	2.020	2.000	1.980	4.000	3.744	-0.979	903.51	-3.253	1.853	511160.75	706791.85
	c10		304	7	18	5.3079	234	7	18	4.0862	107	18	57	1.8730	-17.315833	-0.3022	1.025	1.000	0.980	4.500	4.101	-1.279	904.21	-2.404	-3.323	511161.60	706786.68
	c11		256	31	15	4.4771	186	31	15	3.2554	94	1	14	1.6410	-4.020556	-0.0702	2.070	2.000	1.903	16.700	16.618	-1.168	903.32	-16.510	-1.887	511147.49	706788.11
	c12		271	44	40	4.7428	201	44	40	3.5211	93	9	15	1.6259	-3.154167	-0.0551	1.145	1.000	0.855	29.000	28.912	-1.593	903.90	-26.855	-10.711	511137.15	706779.29
	c13		265	29	31	4.6337	195	29	31	3.4120	91	30	34	1.5971	-1.509444	-0.0263	2.105	2.000	1.850	25.500	25.482	-0.671	903.82	-24.556	-6.807	511139.44	706783.19
	c14		279	36	22	4.8801	209	36	22	3.6583	91	37	46	1.5992	-1.629444	-0.0284	2.170	2.000	1.825	34.500	34.472	-0.981	903.51	-29.971	-17.031	511134.03	706772.97
	c15		343	22	57	5.9932	273	22	57	4.7714	103	20	27	1.8036	-13.340833	-0.2328	2.025	2.000	1.975	5.000	4.734	-1.123	903.37	0.279	-4.726	511164.28	706785.27
	c16		345	57	50	6.0382	275	57	50	4.8165	101	17	13	1.7678	-11.286944	-0.1970	1.020	1.000	0.980	4.000	3.847	-0.768	904.72	0.400	-3.826	511164.40	706786.17
	c17		26	45	15	0.4669	316	45	15	5.5284	116	49	59	2.0391	-26.833056	-0.4683	1.045	1.000	0.955	9.000	7.166	-3.625	901.86	5.220	-4.910	511169.22	706785.09
	c18		37	15	4	0.6502	327	15	4	5.7116	119	34	16	2.0869	-29.571111	-0.5161	1.050	1.000	0.955	9.500	7.186	-4.078	901.41	6.044	-3.887	511170.04	706786.11
	c19		55	52	14	0.9751	345	52	14	6.0366	130	54	50	2.2849	-40.913889	-0.7141	1.035	1.000	0.965	7.000	3.998	-3.464	902.03	3.877	-0.976	511167.88	706789.02
	c20		75	28	21	1.3172	5	28	21	0.0955	126	30	27	2.2080	-36.507500	-0.6372	1.050	1.000	0.950	10.000	6.461	-4.782	900.71	6.431	0.616	511170.43	706790.62
	c21		124	53	51	2.1799	54	53	51	0.9581	131	50	36	2.3011	-41.843333	-0.7303	1.035	1.000	0.965	7.000	3.885	-3.479	902.01	2.234	3.178	511166.23	706793.18
	c22		121	29	40	2.1205	51	29	40	0.8987	133	8	14	2.3237	-43.137222	-0.7529	1.045	1.000	0.955	9.000	4.792	-4.490	901.00	2.984	3.750	511166.98	706793.75
	c23		70	49	8	1.2360	0	49	8	0.0143	112	15	27	1.9593	-22.257500	-0.3885	1.075	1.000	0.930	14.500	12.420	-5.083	900.41	12.418	0.178	511176.42	706790.18
	c24		94	51	16	1.6555	24	51	16	0.4338	108	52	23	1.9002	-18.873056	-0.3294	1.065	1.000	0.945	12.000	10.744	-3.673	901.82	9.749	4.516	511173.75	706794.52

APÉNDICE B
MODELO 3D DEL EMBALSE WARÁ II



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

Título	PROPUESTA DE PROTECCIÓN DE TALUDES DE LAS RIBERAS DEL EMBALSE WARÁ II _EN EL RÍO WARÁ, MUNICIPIO GRAN SABANA, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA.
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
CESAR GABRIEL BERTI BERNARDO	CVLAC	25.081.775
	e-mail	C.GABRIELBERTI@GMAIL
	e-mail	
CATHERINE FRANCHESCA HERNÁNDEZ RAVELO	CVLAC	24.193.612
	e-mail	CATHERINEH.RAVELO@GMAIL
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Protección de taludes
Presas y embalses
Vaso de almacenamiento
Propuesta
Muro de gaviones

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

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ingeniería Hidráulica	Hidráulica de sedimentos y Fluvial
Geología	Geomorfología
Mecánica de suelos	Fundaciones

Resumen (abstract):

La presente investigación se desarrolló en la cuenca media del río Wará, específicamente en el embalse de la represa Wará II, en el municipio Gran Sabana, estado Bolívar. El objetivo del estudio es proponer medidas de protección para los taludes de la ribera derecha del embalse de la represa 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 topo-batimétrica levantada en la ubicación de la represa, que permitirán describir geomorfológicamente dicha zona. Se tomaron tres (3) muestras de los suelos que integran los taludes de la ribera derecha del embalse y se procedió a su clasificación de acuerdo a la distribución granulométrica. Asimismo, se describió las condiciones de variación de niveles de las aguas del embalse que de alguna forma afectan a los taludes de la ribera derecha del vaso de almacenamiento. Posteriormente, se plantearon algunas opciones para la protección de los taludes mencionados. Entre los resultados relevantes se concluyó que la geomorfología indica que el embalse tiene una cantidad de azolves acumulados en su interior hacia la parte izquierda del embalse, presumiblemente transportados por las corrientes desde aguas arriba del vaso de almacenamiento; también podrían originarse estos sedimentos por derrumbe de masas en los taludes de la ribera derecha del vaso de almacenamiento. Por otro lado, los sedimentos no consolidados lecho corresponden a arenas finas limosas. Se observa evidencia de erosión en la ribera derecha del embalse y acumulación de sedimentos en las adyacencias de la ribera izquierda. Finalmente, se determinó que el impacto sobre el embalse por la acumulación de sedimentos de las riberas o de agua arriba del embalse podría tornarse crítico de no protegerse con gaviones en la ribera erosionable

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

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	Dafnisecheverria@gmail.com
	e-mail	
Jiménez, Josefina	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	8.887.862
	e-mail	Jjimenez33@hotmail.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
2018	12	03

Lenguaje Spa

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

Archivo(s):

Nombre de archivo
PROTECCIÓN DE TALUDES DE LAS RIBERAS DEL EMBALSE WARÁ II _EN EL RÍO WARÁ.

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 _____

Temporal: _____

Título o Grado asociado con el trabajo:

Ingeniero Civil

Nivel Asociado con el Trabajo: Pre-Grado

Pregrado

Área de Estudio:

Ingeniería Civil

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

Universidad de Oriente

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



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN° 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

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

Estimado Profesor Martínez:

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

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

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

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

Cordialmente,

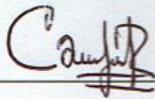
[Firma]
JUAN A. BOLANOS CURVELO
Secretario

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/manuja

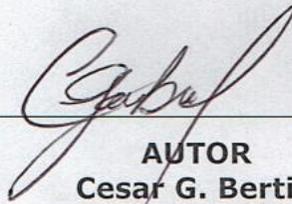
Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

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



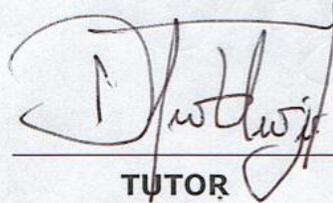
AUTOR

Catherine F. Hernández R.
C.I:24.193.612



AUTOR

Cesar G. Berti B
C.I: 25.081.775



TUTOR

Dafnis Echeverria.
C.I: 4.506.408