

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



PROPUESTA DEL USO DE VETIVER COMO PROTECCIÓN DEL TALUD UBICADO EN LA PROLONGACIÓN DE LA AVENIDA REPÚBLICA EN EL DISTRIBUIDOR “LAS BANDERAS” DE CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO HERES ESTADO BOLÍVAR.

TRABAJO FINAL DE GRADO PRESENTADO POR LOS BACHILLERES GAZZANEO B., MARIENIT N. Y TORRES R., JORGE A., PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL.

CIUDAD BOLÍVAR, NOVIEMBRE DE 2017.

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



ACTA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, intitulado PROPUESTA DEL USO DE VETIVER COMO PROTECCIÓN DEL TALUD UBICADO EN LA PROLONGACIÓN DE LA AVENIDA REPÚBLICA EN EL DISTRIBUIDOR “LAS BANDERAS” DE CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO HERES ESTADO BOLÍVAR , presentado por los bachilleres MARIENIT N. GAZZANEO B. y JORGE A. TORRES R., para optar al título de Ingeniero Civil ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre:

Prof. Jesús Martínez Noriega.

(Asesor)

Prof. Javier Ramos Madrid

(Jurado)

Prof. Alexis Miró

(Jurado)

Profesor Pedro Gamboa.
Jefe del Departamento
de Ingeniería Civil

Firma:

Profesor Francisco Monteverde
Director de Escuela
de Ciencias de Tierra

Ciudad Bolívar, Noviembre de 2017.

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios por haberme guiado por el buen camino y estar siempre conmigo.

A mis papis Arístides y Marielis por siempre estar ahí conmigo incondicionalmente, por consentirme y enseñarme, sobre todo; sin ustedes no sería lo que soy hoy. Son parte esencial en mi vida, gracias por hacerme una persona de bien y todos mis logros son para ustedes. Los amo mucho.

A mis hermanas Adi e Idaris que con su amor comprensión y buenos consejos me han ayudado en todas las etapas de mi vida. Las amo mucho, este logro también es de ustedes.

A Jorge Gutiérrez por haberse convertido en un pilar fundamental en mi vida, por animarme y estar conmigo siempre, por escucharme a cualquier hora, por sus consejos, su amor incondicional y su apoyo en todo momento, por eso comparto este logro y todos los que vendrán contigo. Te amo, espero siempre estar a tu lado.

Br. Marienit Gazzaneo.

DEDICATORIA

Mis Padres, quienes me lo han dado todo, apoyo y motivación con ese amor incondicional que solo ellos me pueden dar, me enseñaron el valor de muchas cosas importantes, donde destacan la educación y la responsabilidad. Este logro es de ustedes como lo es mío.

Mis abuelos, ejemplos vivos de trabajo, constancia y logros; personas únicas, quienes han estado presentes incondicionalmente con sus palabras de aliento, sabios consejos y un amor inigualable.

Mi hermana, quien siempre está ahí para mí, apoyándome y queriéndome como solo ella lo sabe hacer.

Mis primos hermanos, ejemplos de familia, quienes siempre me ayudan, aconsejan y apoyan, siendo personas increíbles, cada quien a su manera.

Toda mi familia, amigos, compañeros, quienes han contribuido de una u otra manera a lo largo de mi carrera universitaria.

Br. Jorge Torres.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad de Oriente; la casa más alta por permitirnos realizar nuestro sueño de ser futuros Ingenieros Civiles.

A Corpoelec Tocomá y Macagua y todas las personas que aquí laboran, por ser de mucha ayuda en la realización de nuestra tesis, y por brindarnos todos los elementos necesarios para terminarla satisfactoriamente.

Al Ingeniero Carlos Morales por convertirse en nuestro segundo tutor, muchas gracias por todo su apoyo.

Al nuestro queridísimo profesor Jesús Martínez quien estuvo a toda hora disponible para ayudarnos y orientarnos en éste importante logro.

A mis tías Isabel, Enit, Blanca, Lila, Nidia. Mis tíos William y Harry. Mis primas Andrea, Ghelen y Daniela. A mis abuelas Eva y Blanca. Que siempre han estado conmigo. Los quiero mucho.

A mis amigas María Jesús, Stepfany, Francis; Fabiana, Ana, Dayana, Michelle, Zara, Fátima, Betania, Milagros y Andreina. Por estar conmigo siempre, las quiero muchísimo. A todos mis amigos de la universidad que siempre me apoyaron a lo largo de mi carrera.

Y finalmente gracias al Jardín Botánico por habernos apoyado en la donación y siembra de nuestro vetiver.

Br. Marienit Gazzaneo.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, quiero agradecerle a Dios por darnos una familia, sin ellos nada habría sido posible.

Agradezco a la casa de estudios, la Universidad de Oriente, mi segundo hogar en todos estos años de estudio, que me dio la oportunidad de aprender y prepararme para cualquier reto que pueda afrontar en el futuro.

Un agradecimiento especial a mi tutor, profesor y amigo Jesús Martínez, quien con sus conocimientos, esfuerzo y dedicación supo guiarme mostrándome el camino metodológico, convirtiéndose en un valioso aporte a mi formación profesional. Un gran profesor, mi admiración hacia él. Nuevamente, gracias.

Estoy agradecido con mi familia, mis padres, mi hermana, mis abuelos y mis primos, no pude haber logrado llegar hasta aquí si no fuera por ellos. Todos me han ayudado muchísimo, cada quien, con valiosos aportes de diferentes maneras, los cuales me han impulsado en esta carrera para así poder llegar a la meta.

Me gustaría agradecer a todos los docentes que tuve el honor de conocer y que formaron parte de mi desarrollo y crecimiento universitario.

Finalmente, pero no menos importante, agradezco a mis amigos, mis compañeros, personas cercanas a mí, dentro y fuera del aula de clases, quienes me han ayudado de muchísimas maneras, cada quien, con su inigualable aporte, llenándome de gratas experiencias en este recorrido universitario.

Br. Jorge Torres.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo general “Proponer el uso de vetiver como protección del talud ubicado en la prolongación de la Avenida República en el Distribuidor Las Banderas de Ciudad Bolívar, Municipio Heres Estado Bolívar”. Se adaptó una metodología documental - de campo, mediante la cual se realizó el levantamiento topográfico y el análisis del suelo del área de estudio, así como el estado actual de erosión del talud y los factores que intervienen en ese proceso de erosión. La mala protección de los taludes de dicho distribuidor ha ocasionado que estos presenten cárcavas y grietas significativas, graves para toda la estructura; al no contar con el debido recubrimiento acelera el proceso erosivo debido a la aparición de agentes externos como las precipitaciones y el viento que pueden intensificar el proceso erosivo del área de estudio. Debido a que se está en presencia de un talud con una pendiente elevada y con un suelo arenoso no cohesivo, como lo demuestran los estudios de suelo se propuso la siembra de vetiver en un área de 16 m² en donde se colocarán 5 franjas de vetiver para disminuir y proteger el talud de la erosión; ya que este pasto no permitiría que el agua proveniente de las precipitaciones caiga de manera directa en el área de estudio y se comprobó si este pasto es capaz de ayudar a este tipo de suelo a adherirse y fijar la capa de suelo; de manera que disminuya la aparición de cárcavas.

CONTENIDO

	Página
ACTA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	vii
CONTENIDO	viii
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABLAS	xii
LISTA DE APÉNDICES	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. SITUACIÓN A INVESTIGAR	3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Objetivos de la investigación	10
1.2.1 Objetivo general	10
1.2.2 Objetivos específicos	10
1.3 Justificación de la investigación.....	10
CAPÍTULO II. GENERALIDADES	12
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio	12
2.2 Acceso al área de estudio	13
2.3 Características físicas y naturales	13
2.3.1 Geografía	13
2.3.2 Clima	14
2.3.3 Geomorfología	14
2.3.4 Geología	15
2.3.5 Flora	15
2.3.6 Fauna	16
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	17
3.1 Antecedentes de la investigación	17
3.2 Bases teóricas	18
3.2.1 Talud	19

3.2.2 Vetiver.....	26
3.2.3 Suelo.....	32
3.3 Bases legales	36
3.4 Definición de términos básicos	37
CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO	46
4.1 Tipo de investigación	46
4.2 Diseño de la investigación	46
4.3 Población de la investigación	47
4.4 Muestra de la investigación.....	48
4.5 Técnicas de recolección de datos	48
4.5.1 Observación directa	49
4.5.2 Revisión literaria	49
4.5.3 Entrevistas no estructuradas	49
4.5.4 Ensayos de laboratorio	50
4.5.5 Procedimientos topográficos	50
4.6 Instrumentos de recolección de datos	50
4.7 Flujograma de la metodología del trabajo	52
4.7.1 Fase I Estudios preliminares	54
4.7.2 Fase II: Investigación	54
4.7.3 Fase III – Trabajo de campo	54
4.7.4 Fase IV – Trabajo de oficina y laboratorio	55
4.7.5 Fase V – Etapa final	63
CAPÍTULO V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	64
5.1 Estado actual de erosión del talud	64
5.2 Caracterización del material que conforma el talud	67
5.2.1 Clasificación visual-manual	67
5.2.2 Granulometría	68
5.2.3 Clasificación unificada	69
5.2.4 Densidad método de la balanza hidrostática	70
5.2.5 Grado de acidez pH	70
5.3 Proceso de plantación del vetiver	70
5.4 Efecto del vetiver en relación a la protección del talud	78

CAPÍTULO VI. FORMULACIÓN DE LA PROPUESTA	80
6.1 Formulación de la propuesta	80
6.1.1 Guía práctica para el establecimiento del vetiver bajo las condiciones climáticas de Ciudad Bolívar	81
6.1.2 Comportamiento del vetiver luego de su plantación	83
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
Conclusiones	86
Recomendaciones	87
REFERENCIAS	89
APÉNDICES	92

LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio	12
3.1 Talud natural	21
3.2 Talud artificial	21
3.3 Cárcava producida por erosión	38
3.4 Representación de una curva de nivel	39
3.5 Sistema de drenaje	40
3.6 Procesos de erosión	41
3.7 Talud y sus partes	44
3.8 Sistema radicular de una planta	44
3.9 Siembra de vetiver	45
4.1 Horno utilizado para secar la muestra	51
4.2 Horno con la muestra para su secado	51
4.3 Balanza eléctrica con la muestra	52
4.4 Flujograma de la metodología del trabajo.....	53
5.1 Estado actual de las cárcavas del talud de estudio	65
5.2 Pendiente pronunciada del lugar de estudio	65
5.3 Material del lugar de estudio.....	66
5.4 Mal recubrimiento de capa vegetal en el lugar de estudio	66
5.5 Clasificación visual del suelo	67
5.6 Prueba de plasticidad del material de estudio	68
5.7 Muestra del suelo con diferente granulometría	68
5.8 Calendario con los días de registro de precipitaciones	72
5.9 Área delimitada en el talud de estudio	72
5.10 Macolla de vetiver con aproximadamente 5 hijos	73
5.11 Muestra de las raíces fuertes y profundas que posee el vetiver	73
5.12 Vetiver separado en hijos	74
5.13 Colocación de 40 plantas de vetiveres alineados en la zanja	74
5.14 Colocación de los vetiveres en las 5 zanjas previamente hechas	74
5.15 Colocación de la arena restante en la zanja para darle estabilidad y precisión al vetiver	75
5.16 Pasto vetiver ya sembrado con tierra abonada	75
5.17 Toma fotográfica luego de la siembra (19/08/2017)	76
5.18 Monitoreo del crecimiento de la siembra (02/09/2017)	76
5.19 Monitoreo del crecimiento de la siembra (14/09/2017)	77
5.20 Monitoreo del crecimiento de la siembra (16/09/2017)	77
5.21 Monitoreo del crecimiento de la siembra (01/10/2017)	78
5.22 Foto final de la siembra (Poda del vetiver)	78
5.23 Crecimiento del vetiver a cabo de un año	80
5.24 Esquema de la colocación del pasto en el área delimitada	85

LISTA DE TABLAS

	Página
3.1 Clasificación de fallas	25
4.1 Aberturas del juego de tamices utilizados en el análisis granulométrico.....	57
4.2 Sistema de clasificación de suelos unificado	60
5.1 Curva granulométrica del material de estudio	69

LISTA DE APÉNDICES

	Página
A.1. Levantamiento topográfico del distribuidor “Las Banderas”	93
A.2.- Descripción de los ensayos	94
A.3.- Generalidades, clasificación visual y granulometría del material	95
A.4.- Clasificación unificada del material	96
A.5.- Densidad por el método de la balanza hidrostática y grado de acidez del material	97
A.6.- Tabla explicativa con la clasificación del suelo	98
A.7.- Tabla con el resumen de los ensayos realizados	99

INTRODUCCIÓN

Los taludes son porciones de suelo que presentan una superficie de inclinación con respecto a la horizontal; pueden ser de origen natural como los que se aprecian en las faldas de cerros, montañas y demás estructuras geomorfológicas que componen la corteza terrestre y se denominan laderas.

Los taludes son estructuras de tierra que presentan movimientos desde muy rápidos a muy lentos, debido a diferentes factores, entre ellos climatológicos como la precipitación y los vientos, entre otros: por esta razón, la ingeniería en un intento por disminuir estos riesgos ha diseñado tecnologías útiles cuyo objetivo es la estabilización de taludes propiamente dicha. Las tecnologías basadas en obras de concreto como pantallas, muros de contención, anclajes, obras de control de precipitación y escorrentía, entre otras.

Entre estas obras de reducción de riesgos de desestabilización de taludes se encuentran también las obras de bioingeniería, las cuales utilizan materia vegetal viva, las cuales son objeto particular del presente estudio.

Las obras de bioingeniería para taludes son diversas, variadas y están en mejoramiento e investigación continua, entre ellas se destaca la que trata acerca de la estabilización con la siembra de la especie vegetal gramínea *Vetiveria zizanioides* (Vetiver). La tecnología basada en esta planta ha sido fuertemente desarrollada en otros países donde se han encontrado resultados ampliamente favorables en taludes aptos para la aplicación de este tipo de obras, así como también, han presentado valores agregados en el control de plagas y hasta con un componente social por el uso de los elementos de la planta en la elaboración de artesanías y perfumes.

En este sentido la investigación se divide en seis capítulos referidos esencialmente a lo siguiente:

Capítulo I. Situación a investigar: en donde se presenta el planteamiento del problema, los objetivos y la justificación.

Capítulo II. Generalidades: en el cual se explica la ubicación geográfica del área de estudio, así como su acceso a la misma, sus características físicas y naturales y su geología.

Capítulo III. Marco teórico: se presentan los antecedentes de la investigación, así como el conjunto de aspectos teóricos que permiten proporcionar una base conceptual del tema investigado.

Capítulo IV. Metodología de trabajo: en el cual se señala el tipo y diseño de la investigación, la población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, y las técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Capítulo V. Análisis e interpretación de los resultados: donde se presenta el análisis de los objetivos planteados.

Capítulo VI. La propuesta: en el cual se expresa detalladamente la propuesta a considerar para la solución de la problemática planteada, basada en el análisis e interpretación de los datos obtenidos a través del proceso de investigación.

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

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

Las cárcavas se caracterizan por el desmoronamiento de las paredes de los cauces de agua de escorrentía, tanto lateral como longitudinal. La pérdida de suelo en el eje del canal se debe a la socavación en el lecho, inducida por el flujo de agua y ésta a su vez se produce por la inestabilidad de la pendiente longitudinal.

La importancia de la erosión de suelo y formación de cárcavas ha sido observada por varios autores; uno de los primeros estudios de la erosión por cárcavas fue realizada por Woodburn (1949) en la región norte del río Mississippi, Él estimó que aproximadamente 0,0126 mm de suelo se perdían por m² de superficie de cárcava Activa por año, Piest et al (1976) ha observado que la erosión en los colectores de drenaje en la región de loess del centro de Estados Unidos se ha incrementado en las últimas décadas.

La erosión en los drenajes y la formación de cárcavas representan un alto índice de la pérdida de suelo por erosión en las cuencas estudiadas. La acelerada erosión está relacionada con el aumento de las áreas cultivadas y principalmente a los desarrollos urbanos.

La degradación de los suelos se encuentra entre los problemas más apremiantes de la crisis alimentaria mundial. Las investigaciones acerca del riesgo de erosión del suelo se iniciaron desde las primeras décadas del siglo pasado; éste deterioro es más acentuado y acelerado en regiones tropicales y

subtropicales debido a las interacciones de las características de los suelos y el clima con las prácticas agrícolas (Santana et al., 1999) y las transformaciones de los bosques en sabanas por la influencia antropogénica (Morales et. al., 2003).

La erosión es la causa de que el planeta pierda cada año millones de hectáreas de tierra cultivable y de pastos y es una amenaza para el sustento de más de mil millones de personas (CENU, 2000; Febles et al. 2009). A esta situación desfavorable se le suma el hecho de que la erosión se ha convertido además, en la principal causa de contaminación de las fuentes de agua a donde van a parar, secuencialmente los sedimentos de una cuenca, originando la pérdida de las condiciones de viabilidad y potabilidad de dichas fuentes de agua (Orellana, 2006). Según un estudio publicado por la prestigiosa revista Science, en los últimos años casi una tercera parte del suelo agrícola mundial se ha perdido por erosión (hídrica y eólica) y sigue perdiéndose a una velocidad de más de 10 millones de hectáreas por año (Pimentel et al., 1995).

No obstante, la erosión natural o geológica es un proceso esencial que ha de continuar desarrollándose en el futuro, a pesar de todo cuanto haga el hombre para evitarlo. La erosión del suelo que interesa tan seriamente es aquella cuyo proceso es anormal e indeseable, que provoca el hombre con sus actividades y es susceptible. La erosión no combatida puede transformar toda una región haciéndola estéril y obligar a la población a abandonarla. Las tierras deben conservarse, utilizándolas sin que se agoten y evitando su lavado reteniéndolas en el lugar (Bennett, 1950). Para evaluar y rediseñar el sistema de manejo del suelo, para su sostenibilidad, es fundamental determinar el status referido a la erosión.

El pasto o zacate vetiver (*Vetiveria Zizanioides*), una planta relativamente desconocida hasta el final de los años ochenta, ha sido promovido activamente desde

entonces por el Banco Mundial, mediante Vetiver Network (red vetiver) iniciada por Dick Grimshaw, para la conservación del suelo y el agua en el sector agrícola. Siguiendo los éxitos en ese sector, los ingenieros comenzaron a fijarse en esta planta e investigaron sus características en comparación con otros tipos de vegetación. Como consecuencia de la investigación, este pasto ha surgido como una nueva opción para afrontar los problemas de erosión y estabilidad de los suelos, ya sea por sí solo o como complemento a soluciones de ingeniería. El estudio del pasto vetiver relacionado con la resistencia al cortante de los suelos permeados por raíces y la resistencia de las raíces a la tensión, aportó un acervo de conocimientos científicos sobre sus características para el reforzamiento de las pendientes del suelo.

Mundialmente, el vetiver ha sido usado para proteger la tierra por aproximadamente 50 años, pero su verdadero impacto como método barato, eficaz y sencillo de conservación del suelo y del agua no comenzó a constatarse sino hasta finales de los años 80 tras la promoción hecha por el banco mundial a través de la red del vetiver que fue establecida por Dick Grimshaw.

Fueron esos últimos 20 años donde al vetiver se le atribuyó otro uso ligado a la Bioingeniería, como lo es la protección de taludes de la erosión gracias a que este pasto posee una alta resistencia a la presión, lo cual lo convierte en un excelente estabilizador. Por otra parte, las técnicas convencionales utilizadas para la protección de taludes incrementan la afectación de los ecosistemas y son de muy alto costo por lo que se hace necesaria la participación de la Bioingeniería en la aplicación de soluciones. Tecnología y materiales amigables con el medio ambiente, motivaron que se realizaran investigaciones para observar si con el mismo se podrían proteger los taludes. El uso del vetiver sería una gran alternativa por el bajo costo de realización y porque no tendría un impacto negativo en éste.

El establecimiento del vetiver es lento en su primera fase de crecimiento, posteriormente, el desarrollo de sus hojas será tan rápido que podrá proteger el talud de los impactos directos de las gotas de lluvia, disminuyendo por tanto su efecto erosivo directo.

Muchos países como: Colombia, Costa Rica, Ghana, Perú, Australia y Venezuela, entre otros, han tomado esta idea innovadora para ser llevada a cabo en mucha de sus ciudades con diferentes tipos de climas, variaciones de temperatura y distintos tipos de suelos, a lo cual el pasto vetiver se adapta satisfactoriamente.

Dicho proceso de protección de taludes no requiere de mucha inversión si el terreno a estabilizar se encuentra en condiciones estables, pero, en el caso que no sea así, se deberán utilizar otros elementos como estacas para que el pasto quede bien adherido al talud. Este procedimiento se puede aplicar tanto a taludes que hayan sido afectados por la erosión como a los que no hayan sido afectados, pero, que particularmente están expuestos a constantes precipitaciones y al mal uso del suelo por parte de personas indiscriminadas

La técnica de protección de taludes con vetiver requiere de obras para la adecuación de los terrenos afectados. La remoción de escombros y la construcción de un sistema de trinchos en madera para protección del material a utilizar, el cual funcionará durante el tiempo en que el material vegetal logre un sistema radicular suficiente para mantenerse solo y luego el mismo se degradará y su material se incorporará al suelo. Es importante aclarar que para un buen manejo de control de erosión con vetiver se debe hacer un mantenimiento permanente del cultivo por lo menos cada 3 meses con el fin de que su sistema radicular continúe su desarrollo normal hasta los 5 años, edad en la cual su sistema radicular debe estar en aproximadamente 5 metros de profundidad y entrelazado entre planta y planta logrando la firmeza y el afianzamiento definitivo esperado.

Este cultivo puede durar más de cincuenta años de vida con un buen mantenimiento que se reduce a tan solo podas de la plantación. Si este procedimiento no se realiza la planta solo logrará un desarrollo radicular de menos de un metro y medio de profundidad, sin embargo, con un buen manejo de podas en 2 años puede alcanzar un desarrollo radicular de casi 3 metros de profundidad. Con esta técnica viene adicionada la tecnología TPV (tecnología de pasto vetiver).

En las obras de infraestructura, el uso de vetiver se hace cada día más valioso debido a que con este pasto se pueden proteger los taludes o laderas que se encuentren al borde de obras viales y reducir a un 100% el peligro que pueden presentar estos elementos descubiertos a lo largo de las vías. Aparte de los excelentes resultados en control de erosión, las características fisiológicas y mecánicas del sistema radicular del vetiver le convierten en el candidato ideal para ser utilizado como bio-herramienta al servicio de la ingeniería en materia de estabilización de taludes.

En Venezuela, como en cualquier otro país existe la pérdida de suelo o terreno por culpa de la erosión. En muchos lugares del país hay cárcavas, terrazas, taludes que por falta de una buena protección o mantenimiento se pierde el terreno, ya sea porque la protección no es lo suficientemente buena o no se procedió a realizarse el debido mantenimiento. Aquí es donde entra el vetiver, una planta “tecnológica” que según estudios es muy eficaz para la protección de taludes, como también es una herramienta muy buena para utilizar cuando se trata de bajos costos.

El pasto vetiver lleva muchos años en Venezuela, sin embargo es a partir de los años 80 cuando se promueve el uso en obras de ingeniería y protección de tierras de uso agrícola contra la erosión hídrica.

El vetiver en Venezuela todavía no se ha vuelto muy comercial, es poco conocido por su nombre y para el denominador común de las personas es solo un tipo de pasto o monte. Oscar Rodríguez, profesor de la Universidad Central de Venezuela, señala que el investigador Truong (1998, 1999), en sus trabajos logró determinar un grupo de atributos especiales que caracterizan al pasto vetiver; puede formar raíces nuevas desde los nudos enterrados por el sedimento atrapado, por lo que continúa creciendo adaptándose a la nueva configuración del terreno y eventualmente formando terrazas.

Venezuela ha tenido un gran avance con esta nueva tecnología debido a que pueden estabilizarse y protegerse eficazmente taludes por corte o relleno estableciendo el vetiver en curvas de nivel. El sistema de raíces profundas estabiliza el talud, mientras que las barreras dispersan el escurrimiento. Muchas ciudades de nuestro país han trabajado con esta tecnología la cual se ha utilizado exitosamente.

Ciudad Bolívar cuenta con muchos taludes sin un recubrimiento adecuado en ellos, los cuales se encuentran cercanos a las vías más transitadas exponiendo a los usuarios a que dichos taludes puedan colapsar y ocasionar accidentes. Una manera de reducir recursos y contribuir con el medio ambiente es la utilización del pasto vetiver, la cual, es una planta muy resistente y fuerte para proteger a los taludes de la erosión y la lluvia.

El distribuidor “Las Banderas”, ubicado en la prolongación de la Avenida República, Municipio Heres del Estado Bolívar, cuenta con un talud de 70% de pendiente que se encuentra parcialmente protegido también por una planta, pero ésta planta no le presta la debida protección a dicho talud, ya que el agua se filtra y provoca erosión y desgaste en el talud. Es un buen lugar para llevar a cabo nuestro estudio, con la finalidad de observar si en dicho talud esta planta crecerá y hará la función de protección. Se sabe que dicho pasto se adapta a la variación de

temperatura y varios tipos de clima pero que también es intolerante a la sombra y se quiere determinar si en este talud ubicado en dicho distribuidor con un tipo de clima verdaderamente cálido esta planta funcione a cabalidad.

Ante lo antes expuesto surge la necesidad de evaluar la factibilidad del vetiver para usarlo como protección de los taludes en obras de ingeniería, el mismo tendría que ser promovido para que sea el primer recurso a tomar en cuenta a la hora de elegir una protección para cualquier terreno.

Debido a la deficiente y escasa protección que presenta el talud ubicado en la Prolongación de la Avenida República en el Distribuidor “Las Banderas” de Ciudad Bolívar, Municipio Heres, Estado Bolívar, surge la necesidad del estudio de sostenimiento, protección y estabilización del talud que se considera de alto riesgo geológico debido a que puede ocurrir un deslizamiento que es lo que caracteriza a los taludes; provocados por el desgaste mediante la erosión y lluvia. Con este proyecto se espera aportar soluciones para solventar un grave problema que amenaza a gran parte de la comunidad que habita por dicho lugar como es el riesgo de deslizamientos de taludes naturales.

¿Cuál es el estado actual del talud del distribuidor “Las Banderas”?

¿Cuáles son las características del material de relleno utilizado en el talud?

¿Es posible implementar el uso del vetiver en el talud?

¿Cuál es el efecto del vetiver como alternativa para la protección del talud?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Proponer el uso de vetiver como protección del talud ubicado en la Prolongación de la Avenida República en el Distribuidor “Las Banderas” de Ciudad Bolívar, Municipio Heres, Estado Bolívar.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Identificar el estado actual de erosión del talud objeto del estudio.
2. Caracterizar el material que conforma el talud.
3. Implementar el proceso de la plantación del vetiver.
4. Estimar el efecto del vetiver en relación a la protección del talud.
5. Desarrollar una guía práctica para el establecimiento del vetiver bajo las condiciones climáticas de Ciudad Bolívar.
6. Estudiar el comportamiento del vetiver luego de su plantación.

1.3 Justificación de la investigación

Existen problemas de movimientos superficiales y de erosión que son difíciles de cuantificar y pueden persistir en el tiempo. A pesar de que se encuentren soluciones para los problemas de fondo, estos se afrontan mejor mediante la implementación de métodos de bioingeniería o eco ingeniería como es el caso del uso de vegetación como por ejemplo el vetiver. Estos métodos no sólo afrontan los problemas sociales y económicos, sino que también generan un producto final estéticamente agradable y de impacto positivo para el medio ambiente.

La propuesta de vetiver como protección del talud ubicado en la Prolongación de la Avenida Republica en el Distribuidor “Las Banderas” de Ciudad Bolívar, Municipio Heres, Estado Bolívar, surge de la necesidad de plantear una solución eficaz y eficiente al problema de inestabilidad de los taludes. Este problema puede representar una situación de riesgo para los usuarios de la vialidad ante el colapso de dicha infraestructura. Con el avance existente en los diversos métodos para la estabilización de taludes se pretende incorporar este pasto como un recurso de la bioingeniería para lograr una solución de bajo costo, permanente y mínimo impacto ambiental. El presente estudio servirá de referencia para avanzar en el uso del vetiver como una alternativa de bioingeniería viable para la estabilización de taludes en las principales vías del estado Bolívar.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el talud ubicado en la prolongación de la Avenida República en el Distribuidor “Las Banderas” de Ciudad Bolívar, Estado Bolívar Municipio Heres. Este distribuidor está compuesto por 4 taludes y el talud de estudio específicamente se encuentra del lado izquierdo si se accede al distribuidor por la Prolongación de la Avenida República. (Figura 2.1).



Figura 2.1 Ubicación geográfica del área de estudio (Google Earth, 2017)

2.2 Acceso al área de estudio

La accesibilidad al área donde se ha realizado el estudio necesario, se logra a través de tramos de comunicación vial, para acceder al Distribuidor “Las Banderas” puede hacerse por 4 puntos de entrada diferentes: Avenida República, Prolongación de la Avenida República, Prolongación del Paseo Orinoco y Avenida Menca de Leoni; las cuales dirigirán directamente al lugar de estudio.

2.3 Características físicas y naturales

El área de estudio presenta las características físico-naturales propias de Ciudad Bolívar, por encontrarse ubicada dentro de dicha ciudad.

2.3.1 Geografía

Ciudad Bolívar se encuentra a 43 metros de altitud sobre el nivel del Río Orinoco con el cual limita al norte al igual que con los estados Delta Amacuro, Monagas, Anzoátegui y Guárico; al sur con la República Federativa del Brasil; al suroeste con el estado Amazonas; al este con el territorio de la Guayana Esequiba, en disputa con la República Cooperativa de Guyana y al oeste con el estado Apure.

Se encuentra unida por autopista a Ciudad Guayana y por la Troncal 10 a Upata, Guasipati, El Callao, Tumeremo, El Dorado, La Escalera y Gran Sabana llegando hasta Santa Elena de Uairén; cerca de la ciudad se ubica el primer puente que se construyó sobre el Río Orinoco, llamado Puente Angostura con una longitud de casi 1700 m el cual da acceso al Estado Anzoátegui; al sur de este río en la parte del puente Angostura se encuentra el principal puerto fluvial del este de Venezuela y de Guayana.

2.3.2 Clima

En la zona predomina el clima tropical y la temperatura media varía entre los 26 y los 30 °C; esta variedad climática es representada por las temporadas de lluvia y sequía.

La gran cantidad de lluvias por las altas temperaturas causan una fuerte evaporación, arribando unos 1022 mm anuales; estas altas cantidades favorecen la presencia de ríos de gran volumen como el Orinoco y otros ríos menores como: El Orocopiche, La Marcela, La Candelaria, entre otros ríos.

2.3.3 Geomorfología

Ciudad Bolívar, se encuentra ubicada dentro de tres unidades lito estratigráficas importantes que representan la geología local de la ciudad: Complejo Geológico de Imataca, la cual se encuentra cubierto casi en su totalidad por sedimentos detríticos pertenecientes a la Formación Mesa y en menor proporción de Sedimentos y Aluviones Recientes.

Los sedimentos y aluviones recientes, son sedimentos con una constitución limoareno-arcillosa, bastantes sueltos y sumamente porosos.

La formación mesa es fácilmente erosionable, pudiéndose inducir el desencadenamiento de procesos erosivos intensos. El sector Suroeste de Ciudad Bolívar, se ha erigido sobre un relleno sedimentario del Plio-Pleistoceno conocido como formación Mesa, la cual está conformada por gravas, arenas, limos, arcillas y por lentes de corazas ferruginosas. Los materiales más predominantes aquí son las arenas no consolidadas. Esta formación ha sufrido un levantamiento con respecto al

nivel del mar, lo que en consecuencia ha creado un paisaje de mesas que alcanzan en Ciudad Bolívar hasta 140 m de altura.

2.3.4 Geología

En la parte geológica, la ciudad presenta una gran estabilidad tectónica porque está ubicada sobre las rocas ígneas del escudo Guayanés que corresponden al Precámbrico, las formaciones geológicas más antiguas y estables de nuestro planeta; presenta una gran variedad de formaciones geológicas que se agrupan en 4 grandes provincias: Imataca al norte, La Pastora en la parte centro oriental, Cuchivero en el centro occidente y Roraima al sur del estado.

Ciudad Bolívar tiene una diversidad de formaciones geológicas, siendo la capital y presenta una variedad de ecosistemas tales como: zona húmeda, zona rocosa, y grandes playas del Orinoco en épocas de verano; en el sector este existe una zona árida de vegetación xerófila, al oeste florecimientos de grandes rocas y unas mesetas de alturas medianas, al sur es la zona más húmeda del municipio, al norte el Río Orinoco, conformados por dos islas la de Panadero y Degredo y una gran formación rocosa llamada Piedra del Medio.

2.3.5 Flora

La vegetación es típica de la región guayanesa-amazónica donde se pueden contemplar merey, mango, jobo, ciruela, anón rebalsero, tamarindo, sarrapia, mora, ponsigué, uvero, cartujo, mamón, guásimo, almendrón, cañafistolo, dividivi, morichales, chaparrales así como especies de árboles como el carob, la sarrapia, el merecure, etc.

2.3.6 Fauna

La importancia reside en su valor como fuente de alimentación. Ella constituye un elemento de considerable relevancia ya que interviene directamente en el ciclo alimenticio.

La fauna típica está representada por el chigüire o capibara, el venado, el damo, el cachicamo, araguato, el mono titi, el cocodrilo del Orinoco, el morrocoy, las lapas, iguanas, entre otros. Un alto porcentaje corresponde a especies fluviales como el delfín del Orinoco y peces: curbinata, el dorado, lau-lau, el morocoto, la palometa, bocachico, el dorado, el rayado, el bagre, el pijotero, el bocón, la sardina, la payara, el manatí, la guabina, el roncadador y la sapoara.

La avi-fauna orinoquense es muy extensa, entre ella tenemos: el loro, el martín pescador, la paraulata, la turca, el cristofué, el turpial, el gavilán primito, el zamuro, el colibrí flamenco, el negroluis, las garzas, loros y cacatúas.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la Investigación

Para el desarrollo de este trabajo de investigación se recurrió a una serie de investigaciones que guardan relación directa e indirecta con el tema, las cuales se nombran a continuación:

RIVAS P. (1987), estudia en “**Análisis y Diseño de Estabilidad de Taludes Afectados de la Terraza L, Sector C de la Urbanización Nueva Tacagua, Parroquia Sucre**”, el riesgo geológico en los cerros de Caracas, la problemática geotécnica de los taludes y la descripción teórica y práctica de las diferentes metodologías que utilizan el principio del equilibrio límite, para el análisis de la estabilidad de taludes.

TRUONG et al. (2009) manifiesta, que en respuesta al éxito de los ensayos de Pham Hong DucPhuoc y de ThienSinh Co. (Universidad de Agroforestería de la ciudad de Ho Chi Minh), al usar vetiver para estabilizar taludes de corte en Vietnam Central en el 2003; el Ministerio de Transporte autorizó el uso generalizado del vetiver para estabilizar los taludes a lo largo de los cientos de kilómetros de la nueva autopista de Ho Chi Minh y otras carreteras nacionales y provinciales en las provincias de QuangNinh, Da Nang, y KhanhHoa. Este proyecto es ciertamente una de las aplicaciones más grandes del sistema vetiver (SV) en el mundo. Toda la autopista de Ho Chi Minh tiene más de 3000 km de largo y está siendo y será protegida por siembras de vetiver en una variedad de suelos y climas: desde suelos

esqueléticos de montaña e inviernos fríos en el Norte, a suelos extremadamente ácidos y clima caliente y húmedo en el Sur.

R.G. GRIMSHAW (1987); con la aparición de la publicación conocida como el libro verde del vetiver titulado: **“Vetiver, La Barrera contra la Erosión”** inicialmente en inglés, luego traducida al español a partir de la tercera edición en inglés, y distribuida a lo largo y ancho de los países latinoamericanos. Dicho manual está dedicado y hecho para ayudar a los agentes de extensión agrícola y a los agricultores a crear sistemas vegetales de conservación del suelo, estabilidad del suelo y la humedad. Este libro es considerado como ejemplar debido a que sirve como guía para la correcta siembra del pasto vetiver y de una correcta e innovadora manera de conservar la humedad del suelo haciendo de él un suelo en buenas condiciones.

El año 1996, Una tesis de grado desarrollada en Bolivia establece **“la mejor época de siembra y confirma la efectividad del vetiver en el control de la erosión para tres comunidades del Cantón Sopachuy en Chuquisaca (Paraguay)”**, concluye que las investigaciones realizadas al evaluar el comportamiento de coberturas y barreras de vetiver a diferentes escalas espaciales son insuficientes para detener procesos erosivos como pequeños deslizamientos y erosión concentrada, fenómenos que se manifiestan en grandes parcelas o microcuencas donde otros mecanismos del proceso de erosión se acentúan, siendo que el efecto de la cobertura en obstaculizar el salpique (Thurow y Smith, 1998).

3.2 Bases teóricas

Las bases teóricas según **Arias Fidias (2006)**, implican un desarrollo amplio de los conceptos y proposiciones que conforman el punto de vista o enfoque adoptado, para sustentar o explicar el problema planteado.

Nuestro objetivo general, es proponer el vetiver como protección del talud ubicado en Prolongación de la Avenida República en el Distribuidor “Las Banderas” de Ciudad Bolívar, Municipio Heres, Estado Bolívar. Para ello es importante conocer la teoría con relación al vetiver y talud, de esta manera se hará fácil entender cómo podemos proteger ese talud con el pasto vetiver.

3.2.1 Talud

Un talud es una porción de tierra elevada, de dimensiones variables, generalmente rematado por una cuneta y caracterizado por una vegetación específica.

También es definido como una superficie inclinada que se analiza como una estructura de tierra. Constituye un sistema complejo de analizar y muchos de los fenómenos estudiados en mecánica de suelos y geotecnia pueden presentarse en los mismos.

Un talud o ladera es una aglomeración de tierra que no es plana, sino que posee pendiente o cambios de altura significativos. En la literatura técnica se detalla como ladera, cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y talud cuando se conformó artificialmente.

Según Juárez Badillo y Rico Rodríguez, en su libro de mecánica de suelos, se llama talud natural de un suelo la pendiente según la cual se establecerá su superficie libre si se deja caer por gravedad, sin compactación, conformándose, así como un talud sin intervención humana, denominado ladera natural o simplemente ladera.

Se llama talud artificial a la estructura de tierra hecha por el hombre, puede ser por cortes o rellenos.

Los autores Badillo y Rodríguez, coinciden en que en ciertas obras es necesario utilizar el suelo en forma de talud como parte de la obra, como los terraplenes en vías, presas de tierra, canales y otros, donde es necesario estudiar la estabilidad del talud. En muchos casos la estabilidad define las actuaciones en una obra, condicionando la existencia de la misma, como puede observarse en las presas de tierra o en los márgenes de puente.

El deslizamiento de un talud puede ser catastrófico, trayendo pérdida de vidas y cantidad de bienes. Por otro lado, el costo de rebajar un talud para alcanzar mayor estabilidad suele ser muy grande, es por esa razón que la estabilidad se debe asegurar mediante estudios que permiten rectificar la inestabilidad con un sistema factible.

Saber diferenciar en las distintas fallas que puede presentar una ladera natural o talud, influirá en la selección del método de estabilización de forma determinante para la ladera en estudio. Si bien los procedimientos matemáticos son importantes, también lo son la observación, interpretación de los estudios realizados y la deducción, que son herramientas que van mejorando a medida que un ingeniero adquiere experiencia en el campo. Para la clasificación de los movimientos en masa se presenta el sistema propuesto inicialmente por Varnes (1978), el cual presenta los principales tipos de movimiento.

3.2.1.1 Tipos de talud

Existen dos tipos de taludes, naturales y artificiales.

Los naturales son formados por la naturaleza a través de la historia geológica.
(Figura 3.1)

Los artificiales necesitan de la intervención del hombre y son ejecutados para construir vías, represas, etc. (Figura 3.2)



Figura 3.1 Talud natural (Internet)



Figura 3.2 Talud artificial (Distribuidor “Las banderas”, 2017).

3.2.1.2 Erosión en taludes

La erosión es el desgaste o denudación de suelos y rocas que producen distintos procesos en la superficie de la Tierra. La erosión implica movimiento, transporte del material en contraste con la alteración y disgregación de las rocas (fenómeno conocido como meteorización); y es uno de los principales factores del ciclo geográfico. Entre los agentes erosivos están la circulación de agua o hielo, el viento, o los cambios térmicos. La erosión produce el relieve de los valles, gargantas, cañones, cavernas y mesas, y puede ser incrementada por actividades humanas.

La acción de la lluvia y el viento sobre taludes y laderas produce el desprendimiento, transporte y sedimento de una fracción de suelo. Este deterioro progresivo genera graves problemas ambientales, sociales, y económicos. La estabilización superficial a partir de técnicas y productos adecuados permiten solucionar o mitigar estos problemas. La implementación de estas técnicas facilita el desarrollo de coberturas vegetales y un manejo eficiente del escurrimiento, garantizando el éxito del sistema.

3.2.1.3 Fallas en un talud

Existen diversos tipos de fallas en los taludes, los cuales son altamente perjudiciales tanto para la obra que los contenga como para los usuarios de la misma, a continuación serán explicadas:

➤ Desprendimientos

Son fallas repentinas de taludes verticales o casi verticales que producen el desprendimiento de un bloque o múltiples bloques que descienden en caída libre. La volcadura de los bloques generalmente desencadena un desprendimiento.

En suelos, los desprendimientos son causados por socavación de taludes debido a la acción del hombre o erosión de quebradas. En macizos rocosos son causados por socavación debido a la erosión. En algunos casos los desprendimientos son el resultado de meteorización diferencial.

Los desprendimientos o caídas son relevantes desde el punto de vista de la ingeniería porque la caída de uno o varios bloques puede ocasionar daños a estructuras o a otros taludes que se encuentren en la parte inferior y podría originar una destrucción masiva.

Los desprendimientos se producen comúnmente en taludes verticales o casi verticales en suelos débiles a moderadamente fuertes y en macizos rocosos fracturados. Generalmente, antes de la falla ocurre un desplazamiento, el cual puede ser identificado por la presencia de grietas de tensión.

➤ **Derrumbes**

Los derrumbes se encuentran asociados a fallas en suelos y rocas

Los derrumbes pueden producirse en distintos ámbitos. En zonas montañosas los derrumbes son frecuentes por causas naturales, cuando la erosión o las condiciones climáticas hacen que grandes rocas se precipiten desde superficies elevadas hacia otras más bajas.

Los derrumbes también son habituales en la minería. Los trabajos en las minas, con explosiones y herramientas que golpean las rocas, hacen que se produzca la caída de piedras

➤ **Avalanchas**

Las avalanchas son el movimiento rápido de escombros, de suelo o de roca y puede o no comenzar con la ruptura a lo largo de una superficie de falla. Toda la vegetación, el suelo y la roca suelta pueden ser arrastrados.

Las principales causas de avalanchas son las altas fuerzas de filtración, alta pluviosidad, derretimiento de nieve, sismos o deslizamiento gradual de los estratos de roca. Las avalanchas ocurren de manera brusca sin previo aviso y generalmente son impredecibles. Los efectos pueden ser desastrosos y pueden sepultar extensas áreas al pie del talud.

Las avalanchas son características de zonas montañosas con pendientes muy inclinadas en suelos residuales donde la topografía causa concentración de la escorrentía. También se puede presentar en zonas de roca muy fracturada.

➤ **Flujo de escombros**

Este tipo de falla es similar a las avalanchas, excepto que la cantidad de agua es mayor y por ello la masa fluye como lodo. La principal causa es el aporte de grandes lluvias y material suelto en la superficie.

➤ **Repteo**

El repteo consiste en un lento e imperceptible movimiento o deformación del material de un talud frente a bajos niveles de esfuerzos que generalmente afectan a las porciones más superficiales del talud, aunque también puede afectar a porciones profundas cuando existe un estrato poco resistente. El repteo es el resultado de la

acción de fuerzas de filtración o gravitacionales y es un indicador de condiciones favorables para el deslizamiento.

El repteo es característico en materiales cohesivos y rocas blandas como lutitas y sales, en taludes moderadamente empinados a empinados.

Los rasgos característicos del repteo son la presencia de crestas paralelas y transversales a la máxima pendiente del talud y postes de cerca inclinados.

Tabla 3.1 Clasificación de fallas (Adaptación de hunt, 1984)

Tipo de falla	Forma	Definición
Desprendimientos	Caída libre	Desprendimiento repentino de uno o más bloques de suelo o roca que descienden en caída libre.
	Volcadura	Caída de un bloque de roca con respecto a un pivote ubicado debajo de su centro de gravedad.
Derrumbes	Planar	Movimiento lento o rápido de un bloque de suelo o roca a lo largo de una superficie de falla plana.
	Rotacional	Movimiento relativamente lento de una masa de suelo, roca o una combinación de los dos a lo largo de una superficie curva de falla bien definida.
	Desplazamiento lateral	Movimiento de diferentes bloques de suelo con desplazamientos distintos.
	Deslizamiento de escombros	Mezcla de suelo y pedazos de roca moviéndose a lo largo de una superficie de roca planar.
Avalanchas	De roca o escombros	Movimiento rápido de una masa incoherente de escombros de roca o suelo-roca donde no se distingue la estructura original del material.
Flujo	De escombros	Suelo o suelo-roca moviéndose como un fluido viscoso, desplazándose usualmente hasta distancias mucho mayores de la falla. Usualmente originado por exceso de presiones de poros.
Repteo		Movimiento lento e imperceptible talud abajo de una masa de suelo o suelo-roca

3.2.1.4 Estabilidad en taludes

Un talud de tierra no puede considerarse estable indefinidamente, porque tarde o temprano la estabilidad que pueda presentar se pierde debido a los agentes naturales como las presiones hidrostáticas, el intemperismo y la erosión. Un aumento temporal de cargas, la reducción de la resistencia del suelo o una redistribución desfavorable de esfuerzos son causas que contribuyen de una u otra manera a que el talud busque su posición más estable.

Los movimientos se originan como consecuencia de la actividad humana que altera el equilibrio de las laderas. Otras veces, las causas son naturales debidas a la acción de agentes geológicos que tienden a arrasar los desniveles existentes en la corteza terrestre, tratando de conseguir un estado de energía potencial mínima. Si se quiere resolver un problema de estabilidad de taludes, debe comenzarse por identificar la inestabilidad, si esta ya ha ocurrido, o plantear posibles analizadas.

Los taludes además serán estables dependiendo de la resistencia del material del que estén compuestos, los empujes a los que son sometidos o las discontinuidades que presenten. Los taludes pueden ser de roca o de tierras. Ambos tienden a estudiarse de forma distinta.

3.2.2 Vetiver

El vetiver (*chrysopogon zizanioides*, anteriormente clasificada como *vetiveria zizanioides*) es una planta perenne . El nombre de Vetiver es originario del idioma tamil; se encuentran registros en la literatura tamil de usos del Vetiver con propósitos medicinales.

Aunque el vetiver es muy tolerante a algunas condiciones climatológicas y del suelo, como ya se ha mencionado, es muy intolerante a la sombra la cual reducirá su crecimiento y en casos extremos hasta podría eliminar al vetiver en el largo plazo. Este pasto se desarrolla mejor en ambientes abiertos, pudiendo ser necesario el control de malezas durante la fase de establecimiento. Por esta característica dicha planta puede ser considerada una precursora en tierras perturbadas. El vetiver estabiliza primero la tierra erosionable (particularmente los taludes empinados), luego mejora su microambiente de manera que otras plantas voluntariamente o por siembra pueden establecerse más adelante.

El vetiver puede crecer hasta 1,5 metros, sus tallos son altos, las hojas son largas, delgadas y rígidas. A diferencia de la mayoría de las gramíneas, las raíces del vetiver crecen masivamente de manera vertical y alcanzan una profundidad de hasta 4 metros. Sus semillas no son fértiles, por lo cual es una planta ecológicamente segura. A pesar de que el vetiver es originario de la India, es ampliamente cultivado en los países de las regiones tropicales.

El vetiver no es una maleza, ya que no se reproduce por semillas propagadas y se adapta al lugar de siembra fácilmente donde permanece por muy largo tiempo recogiendo del medio ambiente sustancias del aire como CO₂. Desde el punto de vista de gestión ambiental en proyectos el vetiver es una planta C4 con fotosíntesis modificada 50% más eficiente que el 90% de la flora mundial, contribuyendo con los requisitos establecidos por el protocolo de Kyoto a la realización de infraestructuras eco-compatibles. En casos de incendios forestales vuelve y renace sin necesidad de establecer nuevos cultivos. Las hojas afiladas y las raíces aromáticas de este pasto repelen serpientes, roedores y otras plagas similares.

En materia de adaptabilidad podemos asegurar que el vetiver es una excelente planta pionera, capaz de adaptarse a las condiciones más agresivas incluso

prohibitivas para otras plantas ya que es tanto xerófila como hidrófila, lo cual se explica por su amplísimo rango de pH: 4/11. Además crece en zonas con precipitaciones medias anuales.

En los últimos años, se ha convertido en una herramienta confiable para la estabilización de taludes, con excelentes experiencias en diversos países con climatologías y suelos distintos han comprobado su eficacia en esta materia; sus impresionantes raíces, las cuales son altamente resistentes crecen exclusivamente de forma vertical, penetrando el suelo hasta una profundidad de 4 metros en los primeros 2 años. En las pruebas que se han realizado en campo y bajo condiciones más agresivas, la tasa de crecimiento más conservadora fue de 1 metro cada 6 meses.

El pasto vetiver fue originalmente usado para el control de la erosión y la conservación del agua en tierras agrícolas. Si bien estas aplicaciones todavía desempeñan un papel de vital importancia en las tierras agrícolas y forestales, la combinación de las características fisiológicas y morfológicas especiales del vetiver también ofrece unas oportunidades exclusivas para ciertas aplicaciones en la ingeniería. Además, la alta tolerancia que tiene el pasto a condiciones extremadamente adversas del suelo y a la toxicidad de los metales pesados le confieren un papel determinante en el campo de la protección ambiental

3.2.2.1 Origen del vetiver

Esta planta herbácea, gramínea de la familia androponeae, es originaria de zonas pantanosas de la India. El género consta de diez o doce especies distribuidas por los trópicos asiáticos y americanos. Está emparentado con la caña de azúcar y el sorgo.

Natural de Asia tropical. Se ha extendido por vía del cultivo a regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo.

3.2.2.2 Características del vetiver

El pasto vetiver presenta unas características muy interesantes, se pueden explicar en tres partes: características morfológicas, fisiológicas y ecológicas

En sus características morfológicas:

- La planta de vetiver no tiene estolones ni rizomas funcionales. Su sistema de raíces finas y compactas crece muy rápido y en algunas aplicaciones puede alcanzar entre 10 y 12 pies de profundidad en el primer año. Este profundo sistema de raíces hace que la planta de vetiver sea extremadamente tolerante a las sequías y difícil de arrancar por fuertes corrientes.
- Tallos firmes y erguidos, que pueden soportar flujos de agua relativamente profundos.
- Muy resistente a plagas, enfermedades y al fuego.
- Forma una barrera densa cuando es plantado a corta distancia actuando como un filtro muy efectivo de los sedimentos y como un dispersor del agua de escorrentía.
- Los nuevos brotes se forman desde la corona subterránea haciendo al vetiver resistente al fuego, heladas, tráfico y alta presión de pastoreo.

- Cuando es enterrado por los sedimentos atrapados, crecen nuevas raíces desde los nudos. El vetiver continuará creciendo hacia arriba con los sedimentos depositados formando eventualmente terrazas, si el sedimento atrapado no es removido.

Hablando de las características fisiológicas:

- La tolerancia a variaciones climáticas extremas como sequía prolongada, inundaciones, sumersión y temperaturas extremas de -15°C a $+55^{\circ}\text{C}$.
- Habilidad para rebrotar rápidamente después de haber sido afectado por sequías, heladas, salinidad y otras condiciones adversas al mejorar las condiciones del tiempo o se añadan correctivos al suelo.
- Tolerancia a un amplio rango de pH desde 3.3 a 12.5 sin enmiendas del suelo.
- Alto nivel de tolerancia a herbicidas y plaguicidas.
- Alta eficiencia en absorber nutrientes tales como nitrógeno y fósforo y metales pesados en aguas contaminadas.
- Muy tolerante a medios de crecimiento altos en acidez, alcalinidad, salinidad, sodicidad y magnesio.
- Alta tolerancia al aluminio, manganeso y metales pesados tales como arsénico, cadmio, cromo, níquel, plomo, mercurio, selenio y zinc en los suelos.

En sus características ecológicas:

Aunque el Vetiver es muy tolerante a ciertas condiciones extremas de suelo y clima mencionadas arriba, como pasto tropical es muy intolerante a la sombra. La sombra reduce su crecimiento y en casos extremos, puede incluso eliminar el Vetiver en el largo plazo. Por lo tanto, el Vetiver crece mejor en espacios abiertos y libres de malezas, siendo necesario el control de malezas en la etapa de establecimiento. En terrenos erosionables e inestables el vetiver primero reduce la erosión, estabiliza el terreno, luego debido a la conservación de humedad y nutrientes, mejora el microambiente y otras especies espontáneas o cultivadas, pueden establecerse. Debido a esto se considera al vetiver una planta nodriza en tierras degradadas.

3.2.2.3 Uso del vetiver

El pasto vetiver está siendo ampliamente usada en la bioingeniería para control de erosión como se mencionó anteriormente; fitorremediación de aguas y suelos contaminados por metales pesados, hidrocarburos, agroquímicos, y otros polulantes. También tiene otros usos como: Estabilización de taludes.

En los últimos años, se ha convertido en una herramienta confiable para la estabilización de taludes, experiencias en diversos países con climatologías y suelos distintos han comprobado su eficacia en esta materia, se considera la alternativa más moderna y ecológica para este fin.

Muchos aspectos del vetiver lo convierten en un excelente recurso para controlar la erosión. A diferencia de muchas gramíneas, las raíces del vetiver crecen exclusivamente de manera vertical, alcanzando hasta los 4 metros de longitud. Poseen una alta resistencia a la tensión (equivalente a 1/6 del acero blando,) esto lo convierte en un excelente estabilizador de bordes y terrazas. Cuando se siembra para formar

barreras vivas, la cercanía con que crecen las macollas restringe el paso de agua, a la vez que retiene los sedimentos presentes. Y por el cloruro carbono que tienen sus raíces sostiene el talud o barranco.

3.2.3 Suelo

El suelo es la capa superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y los residuos de las actividades de los seres vivos que se asientan sobre ella. Es una estructura de vital importancia para el desarrollo de la vida.

El suelo se forma por la descomposición de rocas por cambios bruscos de temperatura y la acción de la humedad, aire y seres vivos. El proceso mediante el cual los fragmentos de roca se hacen cada vez más pequeños, se disuelven o van a formar nuevos compuestos, se conoce como meteorización.

Los productos rocosos de la meteorización se mezclan con el aire, agua y restos orgánicos provenientes de plantas y animales para formar suelos. Este proceso tarda muchos años, razón por la cual los suelos son considerados recursos naturales no renovables.

3.2.3.1 Propiedades características de los suelos

La proporción de los componentes que presenta el suelo determina una serie de propiedades que se conocen como propiedades físicas o mecánicas del mismo. Entre las propiedades de los suelos se encuentran: el color, distribución del tamaño de las partículas, consistencia, textura, estructura, porosidad, atmósfera, humedad, densidad, pH, materia orgánica, capacidad de intercambio iónico, sales solubles y óxidos amorfos-sílice alúmina y óxidos de fierro libres.

Las propiedades físicas de los suelos dependen de la composición mineralógica, de la forma y del tamaño de las partículas que lo forman y del ambiente que los rodea. El tamaño, la forma y la composición química de las partículas determinan la permeabilidad, la capilaridad, la tenacidad, la cohesión y otras propiedades resultantes de la combinación de todos los integrantes del suelo. Otra propiedad física de los suelos que hay que considerar es la temperatura, que tiene como fuente principal la irradiación solar.

Las propiedades físicas permiten conocer mejor las actividades agrícolas fundamentales como el laboreo, la fertilización, el drenaje, la irrigación, la conservación de suelos y agua, así como, el manejo adecuado de los residuos cosechas. Tanto las propiedades físicas como las químicas, biológicas y mineralógicas determinan la productividad de los suelos.

➤ **Identificación visual y manual**

La identificación de un suelo consiste en reconocer el tipo de suelo en un sistema de clasificación conocido, en este caso mediante una inspección visual, táctil y olfativa, acompañado de algunos ensayos manuales evaluados en forma cualitativa. Mientras que la descripción consiste en aportar información adicional de algunas características notorias del suelo como ser: el color, olor, forma de las partículas del suelo y otras características; inclusive esta información descriptiva debe usarse para complementar la clasificación de un suelo mediante los ensayos convencionales de laboratorio.

Para clasificar el suelo sin equipo de laboratorio, el sistema de clasificación unificado dispone de un sistema de clasificación normalizado en base a métodos visuales y manuales denominado: Procedimiento Visual y Manual ASTM D-2488, donde el suelo es descrito con claridad empleando la terminología apropiada.

La información obtenida por este procedimiento proporciona una apreciación inicial acerca de algunas características del suelo, que puede ser útil como información preliminar y como parámetro de comparación entre resultados obtenidos en campo y en laboratorio.

Cuando se requiera una clasificación precisa del suelo para propósitos ingenieriles, deberá utilizarse la clasificación estándar de suelos por el sistema unificado (ASTM, Designación D 2487-93), que incluye ensayos de laboratorio.

La habilidad y experiencia del operador juegan un papel muy importante para realizar una correcta identificación de los suelos. Esta habilidad se adquiere fácilmente, realizando los ensayos de campo bajo la dirección de personal experimentado, o comparando los resultados numéricos de ensayos de laboratorio en suelos típicos, con los realizados en campo a partir de características visuales y manuales.

➤ **Granulometría**

Se denomina granulometría a la medición y graduación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria de los materiales sedimentarios, así como de los suelos con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

El método de determinación granulométrico más sencillo es hacer pasar las partículas por una serie de mallas de distintos anchos de entramado (a modo de coladores) que actúen como filtros de los granos que se llama comúnmente columna de tamices.

➤ **Consistencia/Plasticidad**

La condición física de la mezcla de suelo y agua está denotada por la Consistencia. La Consistencia se define como la resistencia al flujo, que está relacionado con la fuerza de atracción entre partículas y es más fácil de sentir físicamente que de describir cuantitativamente

La plasticidad es la propiedad que expresa la magnitud de las fuerzas de las películas de agua dentro del suelo ya que éstas permiten que el suelo sea moldeado sin romperse hasta un determinado punto. Es el efecto resultante de una presión y una deformación.

La magnitud de la deformación que puede soportar un suelo con un determinado contenido de humedad está dada por la distancia que las partículas pueden moverse sin perder su cohesión. La presión que se requiere para producir una deformación específica es un índice de la magnitud de las fuerzas de cohesión que mantienen las partículas juntas. Estas fuerzas varían con el espesor de las películas de agua entre partículas. Puesto que la deformación total que puede ser producida varía con el tamaño y forma de las partículas, es evidente que la superficie total presente determina el número de películas de agua contribuyentes a la cohesión.

➤ **Humedad**

Se denomina humedad del suelo a la cantidad de agua por volumen de tierra que hay en un terreno.

Su medición exacta se realiza gravimétricamente, pesando una muestra de tierra antes y después del secado. Esta es de gran importancia debido a que el agua constituye un factor determinante en la formación, conservación, fertilidad y

productividad del mismo, así como para la germinación, crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas.

➤ **Peso específico**

El peso específico de un suelo como relación entre el peso y su volumen es un valor dependiente de la humedad, de los huecos de aire y del peso específico de las partículas sólidas. Para evitar confusiones, las determinaciones de los ensayos de laboratorio facilitan por un lado el “peso específico seco” y por otro la humedad.

Fijémonos que este término es diferente de la “densidad del suelo “, que establece una relación entre la masa y el volumen. También suele utilizarse un valor adimensional denominado, “peso específico relativo” definido como el cociente entre el peso específico del suelo y el peso específico del agua a una temperatura determinada. Los valores típicos de gravedades específicas para los sólidos del suelo son entre 2.65 y 2.72.

3.3 Bases legales

Según **Villafranca D. (2002)** “Las bases legales no son más que leyes que sustentan de forma legal el desarrollo del proyecto” explica que las bases legales “son leyes, reglamentos y normas necesarias en algunas investigaciones cuyo tema así lo amerite.”

En primer lugar, la Constitución Bolivariana de Venezuela en su artículo 305 expresa:

El Estado promoverá la agricultura sustentable como base estratégica del desarrollo rural integral, y en consecuencia garantizará la seguridad alimentaria de

la población; entendida como la disponibilidad suficiente y estable de alimentos en el ámbito nacional y el acceso oportuno y permanente a éstos por parte del público consumidor. La seguridad alimentaria se alcanzará desarrollando y privilegiando la producción agropecuaria interna, entendiéndose como tal la proveniente de las actividades agrícolas, pecuaria, pesquera y acuícola. La producción de alimentos es de interés nacional y fundamental al desarrollo económico y social de la Nación.

En segundo lugar, la Ley Orgánica de Educación en su artículo 3 indica:

La educación fomentará el desarrollo de una conciencia ciudadana para la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente, calidad de vida y el uso racional de los recursos naturales y contribuirá a la formación y capacitación de los equipos humanos necesarios para el desarrollo del país y la promoción de los esfuerzos creadores del pueblo venezolano hacia el logro de su desarrollo integral, autónomo e independiente. Así bien, como lo indica el artículo antes mencionado, la formación de ciudadanos debe estar complementada con el desarrollo de la conciencia ambientalista en beneficio de la obtención de la calidad de vida.

Debido a que el tema del vetiver es relativamente nuevo no se encontró mayor información sobre sus bases legales.

3.4 Definición de términos básicos

Según **Tamayo (1993)**, la definición de términos básicos "es la aclaración del sentido en que se utilizan las palabras o conceptos empleados en la identificación y formulación del problema".

3.4.1 Bioingeniería

Rama de la ingeniería que comprende el uso de la vegetación para la estabilización de taludes y el control de la erosión. La bioingeniería de suelos es única en el sentido de que las partes de la planta por sí mismas o sea las raíces y el follaje funcionan como los elementos estructurales mecánicos para la protección del talud (Gray y Sotir, 1996).

3.4.2 Cárcava

Según **Santiago (2005)**, la define como una zanja causada por la erosión que sigue generalmente la máxima pendiente del terreno y constituye un cauce natural en donde se concentra y corre el agua proveniente de las lluvias (agua de escorrentía). (Figura 3.3).



Figura 3.3 Cárcava producida por erosión (Control de cárcavas, 2011).

3.4.3 Curvas de nivel

Aquella línea que en un mapa une todos los puntos que tienen igualdad de condiciones y de altitud. Las curvas de nivel suelen imprimirse en los mapas en color siena para el terreno y en azul para los glaciares y las profundidades marinas. (Figura 3.4)

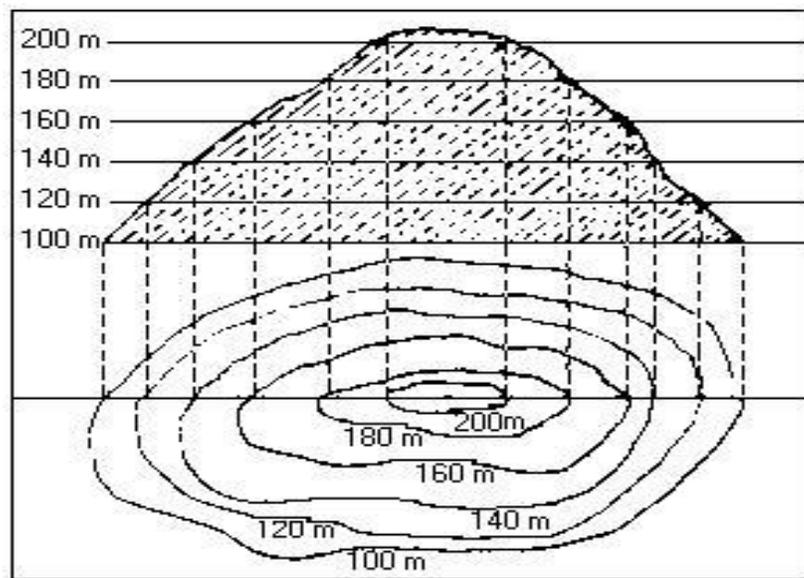


Figura 3.4 Representación de una curva de nivel (Ecured, 2015)

3.4.4 Drenaje

Se puede definir según **Bastidas (1999)**, como la cantidad de agua que pasa por un punto determinado de una corriente, dependiente de su volumen y velocidad, y expresada en metros cúbicos por segundo (m^3/seg). (Figura 3.5)



Figura 3.5 Sistema de drenaje (Bastidas, 1999)

3.4.5 Degradación del suelo

Deterioro de la calidad del suelo. Pérdida o reducción de la energía del suelo. En vista de que todas las funciones y los usos del suelo son basados en energía, también puede decirse que la degradación del suelo es igual a una pérdida o reducción de las funciones o de los usos del suelo (**Blumm, 1988**).

3.4.6 Erosión

Según **Suárez (1980)**, la erosión es considerada como el proceso de desprendimiento y arrastre de partículas del suelo, generado por el agua y el viento. (Figura 3.6)

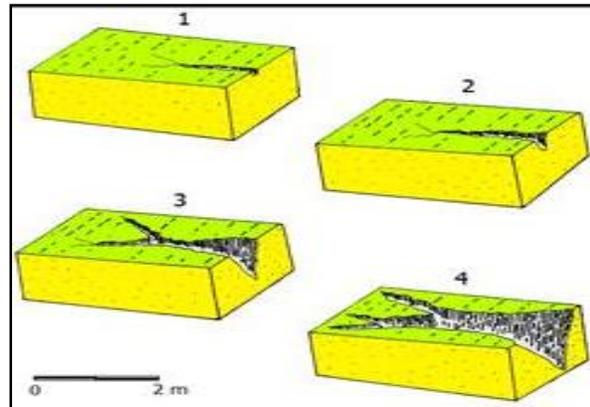


Figura 3.6 Procesos de erosión (Santiago, 2007).

3.4.7 Escorrentía

Proporción del agua de lluvia que fluye libremente sobre la superficie del terreno hasta alcanzar los cursos de agua superficiales.

3.4.8 Estabilización

Proceso para dejar una estructura en un estado de reposo total.

3.4.9 Estabilidad de taludes

Consiste en determinar un ángulo del talud para el cual en condiciones normales, bajo condiciones de agua, bajo un flujo de agua que se produzca sobre la masa de suelo o deformaciones provocadas por cortante de tal manera que el talud se mantenga en equilibrio plástico. Esto será posible si en un punto dado se mantienen los esfuerzos del talud provocados dentro de la masa de talud, sean iguales o mayores que la resistencia del suelo. La estabilización de taludes utiliza diversos métodos, tanto desde el punto de vista del control en la etapa del deterioro, hasta en el control en la etapa de falla del talud (Suárez, 1989).

3.4.10 Levantamiento topográfico

Es el conjunto de operaciones que se necesita realizar para poder confeccionar una correcta representación gráfica planimétrica, o plano, de una extensión cualquiera de terreno, sin dejar considerar las diferencias de cotas o desniveles que presente dicha extensión.

3.4.11 Maleza

Conjunto de árboles, arbustos y otras plantas que crecen muy juntos entrecruzando y enredando sus ramas de manera que dan lugar a una gran espesura.

3.4.12 Pasto

Nombre general que reciben diversas hierbas. El pasto es el alimento vegetal que crece en el suelo de los campos y que se destina a la alimentación de los animales.

3.4.13 Pendiente

Inclinación de un elemento ideal, natural o constructivo respecto de la horizontal.

3.4.14 Sedimentos

Es un material sólido, acumulado sobre la superficie terrestre (litósfera) derivado de las acciones de fenómenos y procesos que actúan en la atmósfera, en la hidrósfera y en la biósfera (vientos, variaciones de temperatura, precipitaciones meteorológicas, circulación de aguas superficiales o subterráneas, desplazamiento de

masas de agua en ambiente marino o lacustre, acciones de agentes químicos, acciones de organismos vivos).

3.4.15 Socavación

Excavación profunda causada por el agua.

3.4.16 Suelo

Para **Jaramillo et al (1994)**, el suelo es aquella delgada capa, de pocos centímetros hasta algunos metros de espesor, de material terroso, no consolidado, que se forma en la interfase atmósfera – biosfera – litosfera. En ella interactúan elementos de la atmósfera e hidrosfera (aire, agua, temperatura, viento, etc.), de la litosfera (rocas, sedimentos) y de la biosfera y se realizan intercambios de materiales y energía entre lo inerte y lo vivo, produciéndose una enorme complejidad.

3.4.17 Talud

Según **Jaime Suarez (1989)**, el talud es una masa de tierra que no es plana sino que posee pendiente o cambios de alturas significativos. En la literatura técnica se define como ladera cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y talud cuando se conformó artificialmente. (Figura 3.7)

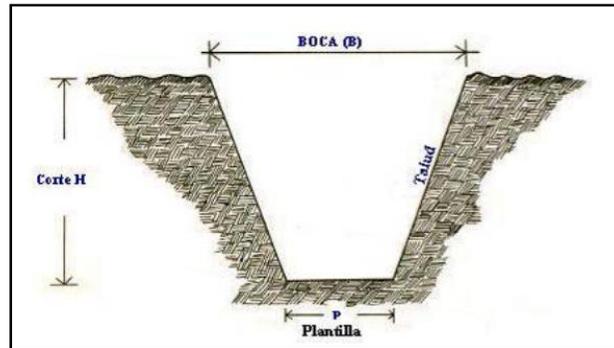


Figura 3.7 Talud y sus partes (Soto, 2008).

3.4.18 Sistema radicular

Font Quer P (1960), la define como un conjunto de raíces de una misma planta. Según su origen y desarrollo se distinguen dos tipos de sistemas radiculares, los cuales están asociados a grupos diferentes de plantas. (Figura 3.8)



Figura 3.8 Sistema radicular de una planta (Font Quer P, 1960)

3.4.19 Vetiver

Smyle (1999), define el vetiver como una planta cultivada desde hace muchos años en el Sur de Asia, especialmente en Tamil Nadu y al Noreste de Sri Lanka en la

India, de donde es originario, siendo utilizada tradicionalmente durante siglos, posiblemente por los usos tradicionales que tenía, pero luego por otros fines como la extracción de aceites esenciales, para usos medicinales, usos artesanales y para fijar suelos, entre otros. (Figura 3.9)



Figura 3.9 Siembra de vetiver (Berjé Report, 2005)

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1 Tipo de investigación

Para poder realizar la propuesta del uso del vetiver como protección de taludes es necesario observar y conocer las características naturales a las que este talud se verá sometido por lo que se recolectó información en el campo para su posterior análisis e interpretación. Por esta razón este estudio se basa en una investigación de tipo descriptiva, ya que, según Lerma, (2003): “la investigación descriptiva tiene por objeto describir el estado, las características, factores y procedimientos presentes en fenómenos y hechos que ocurren en forma natural, sin explicar las relaciones que se identifiquen”. Y también como lo refiere Hernández, (2003): “la investigación descriptiva busca especificar las propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice”.

El tipo de investigación descriptiva nos permitió mediante la observación del objeto de estudio explicar detalladamente la problemática que presenta nuestro proyecto de investigación para de esta manera darle la solución necesaria.

4.2 Diseño de la investigación

De acuerdo con la manera de enfocar el problema, las estrategias o métodos aplicados en el mismo para la consecución de los objetivos, se pudo afirmar que el diseño de la investigación fue documental y de campo, debido a que consistió tanto en la recolección de información de fuentes sobre estudios ya realizados sobre este tema en particular; brindándonos mayor información y complementado dicha

información al hacer los estudios necesarios al objeto de estudio en cuestión, como la recolección de datos directamente del sitio donde ocurrieron los hechos, manipulando y controlando las variables presentes en el estudio.

Según Bernalt (2000) “la investigación documental consiste en el análisis de la información escrita con el propósito de establecer relaciones, diferencias, etapas, posturas o estado actual del conocimiento respecto al tema objeto de estudio”.

Según Sabino (1996) “el diseño de campo se refiere a los métodos a emplear cuando los datos de interés se recogen en forma directa de la realidad, mediante el trabajo concreto del investigador y sus equipos”.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente en el presente trabajo de investigación se tomó esa documentación extraída previamente de libros o trabajos de investigación afines al nuestro para ir complementando nuestra información, y de igual manera lo hizo la investigación de campo que realizamos en el sitio del problema, el cual nos arrojó resultados más puntuales sobre la investigación.

4.3 Población de la investigación

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

Para el estudio en consideración, la población o universo está representado por el talud en estudio ubicado en la Prolongación de la Avenida República en el Distribuidor “Las Banderas” de Ciudad Bolívar, Municipio Heres, Estado Bolívar.

4.4 Muestra de la investigación

La muestra es la que puede determinar la problemática ya que le es capaz de generar los datos con los cuales se identifican las fallas dentro del proceso.

Según **Tamayo, T. Y Tamayo, M (1997)** afirma que la muestra “es el grupo de individuos que se toma de la población, para estudiar un fenómeno estadístico”.

La muestra representativa definida en nuestro trabajo de investigación constituye a una porción de 16 m² donde se sembraron 5 franjas de vetiver en el talud ubicado en la Prolongación de la Avenida República en el Distribuidor “Las Banderas” de Ciudad Bolívar, Municipio Heres, Estado Bolívar.

4.5 Técnicas de recolección de datos

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

4.5.1 Observación directa

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

Mediante la observación directa, se hizo un reconocimiento visual del área de estudio en donde se verificaron las condiciones en cuanto a: presencia de vegetación e identificación de riesgos para las personas que habitan y circulan por el área de estudio; así como también se buscó el mejor lugar para probar el pasto en el talud.

4.5.2 Revisión literaria

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

4.5.3 Entrevistas no estructuradas

La realización de entrevistas es una técnica de recolección muy significativa, a través de ésta se obtendrá información valiosa y de interés, permitiendo aclarar las dudas existentes sobre el tema en estudio. Tal como lo expresa Sabino, (2006): "de un modo general una entrevista no estructurada, es aquella en la que no existe una estandarización formal, habiendo por lo tanto un margen más o menos grande de libertad para formular las preguntas y las respuestas" Éstas fueron realizadas a profesionales calificados, específicamente ingenieros civiles de la Universidad de Oriente y de otras instituciones que nos brindaron el apoyo con sus conocimientos.

4.5.4 Ensayos de laboratorio

Se excavó con la ayuda de picos y palas, extrayendo de manera manual la cantidad de material necesario, y se colocó posteriormente en sacos sellados y debidamente identificados; con la finalidad de estudiar y de conocer el tipo de suelo del lugar de estudio y si puede ser capaz de brindar una buena protección una vez realizada la siembra de vetiver en el talud. Se realizaron varios ensayos geotécnicos con el material extraído tales como: clasificación visual del suelo, granulometría, clasificación unificada del suelo, densidad por el método de la balanza hidrostática y el grado de acidez del suelo (pH). Los ensayos de suelos se realizaron en el laboratorio de suelos de Corpoelec, C.A en su sede de Macagua (Puerto Ordaz).

4.5.5 Procedimientos topográficos

Para tener conocimiento del área y la descripción detallada de su superficie fue necesario realizar un levantamiento topográfico como herramienta para determinar las curvas de nivel que fueron utilizadas para la siembra; así como también para la determinación de las inclinaciones presentes en el terreno.

4.6 Instrumentos de recolección de datos.

Entre los instrumentos requeridos para llevar a cabo el presente estudio, se encuentran:

1. Equipos de laboratorio (balanzas digitales, balanza hidrostática, tamices, horno) y los implementos utilizados para realizar los ensayos necesarios (pala, envases y moldes metálicos, pico, cuchara metálica, entre otros)
2. Planillas facilitadas por la empresa CORPOELEC, C.A con los resultados y análisis necesarios para la siembra en nuestro lugar de estudio.



Figura 4.1 Horno utilizado para secar la muestra.



Figura 4.2 Horno con la muestra para su secado.



Figura 4.3 Balanza Eléctrica con la muestra.

4.7 Flujograma de la metodología del trabajo.

Para la recopilación de información necesaria para la realización de este trabajo de investigación y la recolección de datos necesarios para los ensayos utilizados en realizar una correcta siembra se siguió la metodología adecuada definida por el flujograma de la metodología del trabajo. (Figura 4.4)

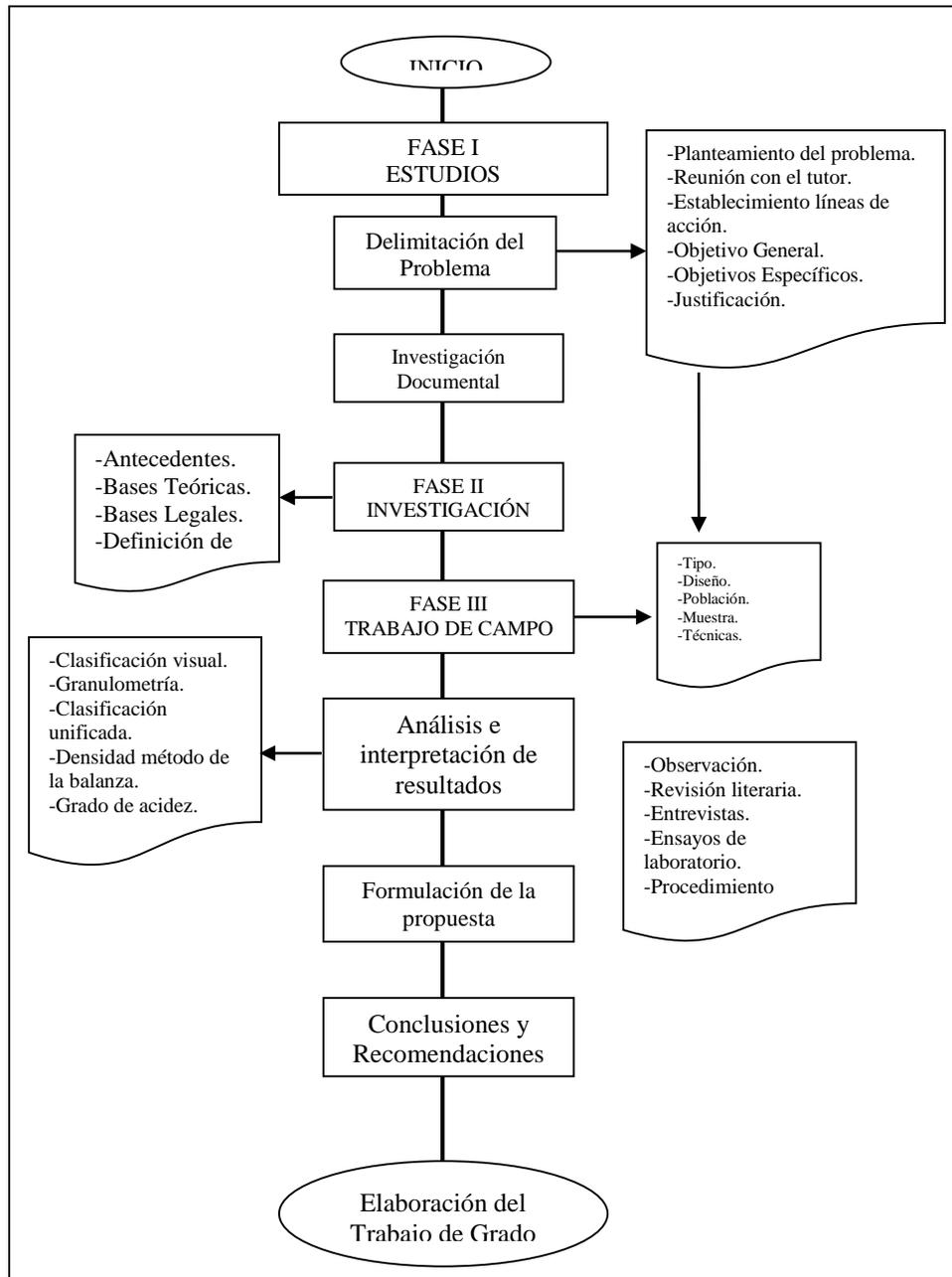


Figura 4.4 Flujograma de la metodología del trabajo.

4.7.1- Fase I: Estudios preliminares.

Durante esta etapa se estudiaron las múltiples problemáticas que afectan a la ciudad a nivel de infraestructura, lo que conlleva a la selección del tema, a cerca del cual se recopila la información necesaria para delimitar su alcance y establecer los objetivos tanto generales como específicos.

Partiendo de estos objetivos se elaboró un plan de trabajo para garantizar el desarrollo de las metas en los plazos fijados y se determinó la metodología de trabajo a desarrollar.

4.7.2 Fase II: Investigación

Ésta etapa abarcó la revisión del material bibliográfico, identificación de las variables de estudio y recolección de todo material bibliográfico disponible que estuviese relacionado con el tema de estudio, para de este modo poder obtener la mayor cantidad de información posible para el inicio del trabajo de investigación. Los medios disponibles son libros, manuales, publicaciones.

4.7.3 Fase III – Trabajo de campo.

Esta etapa de la investigación consistió en la búsqueda de los datos necesarios en campo. Se realizaron visitas a la zona de estudio a fin de hacer el diagnóstico de las condiciones generales en las que se encuentra, la caracterización topográfica del área y la toma de muestras de suelos para su posterior análisis en el laboratorio.

4.7.3.1 Levantamiento topográfico

Con el fin de conocer la topografía del lugar de estudio y el comportamiento del agua en el terreno se realizó la visualización de la zona de trabajo que esté debidamente limpia.

Con un teodolito, una mira graduada, una brújula azimutal y cinta métrica, partiendo de un punto de estación de cota conocida y un punto de referencia cuya ubicación se determinó mediante la brújula y la cinta métrica. Encerando el teodolito en el punto de referencia se visaron los puntos deseados correspondientes a los perfiles requeridos tabulando sus ángulos vertical y horizontal y su distancia inclinada (determinada por taquimetría) en la minuta de campo, donde se expresaron de igual forma las distancias horizontales, los desniveles y las cotas de dichos puntos. Partiendo de los datos obtenidos, se realizó el plano de ubicación de los puntos para su representación planimétrica, utilizando los ángulos horizontales y las distancias horizontales calculadas. A partir del plano de ubicación y conjuntamente con las cotas de los puntos, se elaboraron los perfiles transversales y el perfil longitudinal, para la representación altimétrica de dichos puntos.

4.7.4 Fase IV – Trabajo de oficina y laboratorio.

Los datos de campo serán organizados en esta etapa, donde se realizaron los análisis de laboratorio requeridos a las muestras de suelo tomadas. Los resultados obtenidos fueron analizados e interpretados con el objeto de elaborar finalmente la propuesta del uso de vetiver como protección del talud.

4.7.4.1 Clasificación manual y visual del suelo.

La identificación del suelo se realizó mediante un examen visual y ensayos manuales, para así obtener lo que se conoce como la clasificación visual del suelo, el cual tiene un procedimiento como se establece a continuación:

1. Se lleva a cabo el muestreo. Se consideró como muestra representativa una porción del material extraído y debidamente empacado que fue obtenido mediante un procedimiento normalizado y aceptado.
2. Haciendo uso de los exámenes visuales y manuales, se obtuvo información descriptiva de la muestra.
3. Se describió su forma, color, olor, consistencia, tamaño de las partículas, dureza, plasticidad etc.
4. Haciendo usos de nuestros sentidos, llegamos a la identificación de dicha muestra, obteniendo como resultado final una descripción visual de la misma.

4.7.4.2 Granulometría

El análisis granulométrico es un intento de determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una muestra de suelo dada.

Para realizar este ensayo se utilizó una balanza electrónica con una apreciación de 0.1 g, bandejas de aluminio para el pesaje de las muestras, mortero, martillo con punta de goma y un juego de tamices con las siguientes aberturas mostradas en la tabla.

Tabla 4.1 Aberturas del juego de tamices utilizados en el análisis granulométrico

Nº de Tamiz	Abertura (mm)	Nº de Tamiz	Abertura (mm)
4	4.75	120	0.125
10	2	200	0.075
40	0.425	PAN	—
60	0.250	—	—

El procedimiento a seguir fue el siguiente: se tomó una muestra representativa (entre 300 g y 500 g) del suelo secado al horno a una temperatura de 105°C durante 24 horas, la cual se pulverizó en el mortero con el martillo de punta de goma. Dicha muestra pulverizada, se pasó por el tamiz N° 200 y luego se lavó la misma en dicho tamiz para descartar la fracción más fina. El lavado se realizó en las muestras que presentaron gran cantidad de finos, en las muestras más gruesas sólo se realizó el tamizado. Una vez lavada la muestra se dejó secar en plancha para luego ser pulverizada y pesada. Se determinó el peso de cada uno de los tamices y se apilaron uno sobre otro, siguiendo el orden de la tabla anterior.

Hecho esto, se colocó la muestra en los tamices y se realizó un tamizado a mano por un tiempo de 10 minutos. Una vez transcurrido este tiempo, se obtuvieron los pesos del material más cada tamiz y por consiguiente el peso de muestra retenida en cada tamiz. Dichos datos fueron anotados en la hoja de cálculo de análisis granulométrico por tamizado para luego ser sometidos a los cálculos correspondientes (porcentaje de suelo en cada tamiz y porcentaje pasante en cada tamiz), a fin de obtener la curva granulométrica del suelo.

Los pesos retenidos se sumaron y se compararon con el peso total inicial de la muestra, para detectar cualquier pérdida de suelo durante el proceso de tamizado mecánico. Si se tiene una pérdida mayor del 2% con respecto al peso original se

considera que el experimento no es satisfactorio y debe repetirse. Se calculó el porcentaje de suelo en cada tamiz dividiendo el peso retenido en cada uno de ellos por el peso de la muestra original, según la ecuación 4.1.

$$\%_{\text{ret}} = \left(\frac{P_{\text{ret}}}{P_{\text{muestra}}} \right) \cdot 100 \quad (4.1)$$

Donde:

$\%_{\text{ret}}$: Porcentaje de suelo retenido en el tamiz.

P_{ret} : Peso retenido de la muestra en el tamiz (g)

P_{muestra} : Peso total de la muestra inicial (g)

Luego se determinó el porcentaje que pasa (o porcentaje más fino) comenzando por el 100% y se sustrae el porcentaje retenido en cada tamiz como un proceso acumulativo. En general el porcentaje que pasa se calcula como lo expresa la ecuación 4.2.

$$\%_{\text{pasa}} = \%_{\text{llega}} - \%_{\text{ret.acum}} \quad (4.2)$$

Donde:

$\%_{\text{pasa}}$: Porcentaje de suelo que pasa por el tamiz

$\%_{\text{llega}}$: Porcentaje de suelo que llega al tamiz

$\%_{\text{ret. acum}}$: Porcentaje retenido acumulado hasta el tamiz

Finalmente se construyó la gráfica semilogarítmica, porcentaje más fino contra tamaño o diámetro de las partículas. Dichos resultados fueron reflejados en la hoja de cálculo de análisis granulométrico por tamizado

4.7.4.3 Clasificación unificada de los suelos

En el ensayo de clasificación de suelos: existen varios métodos para la clasificación de los suelos, entre los más usados se encuentran el conocido como Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. En general todos los métodos de clasificación de los suelos utilizan los límites de Atterberg con un análisis parcial o total de granulometría, y el proceso de eliminación para la clasificación de un suelo.

Básicamente el Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos considera que un suelo es una Grava (G) si más del 50% de la fracción gruesa queda retenida en el tamiz No. 4; es una arena (S) si más del 50% de la fracción gruesa pasa por el tamiz 91 No. 4; o que es un limo (M) o arcilla (C) si más del 50% de la fracción fina pasa por el tamiz No. 200.

Este sistema de clasificación de los suelos se presenta en la tabla 4.2, en donde se establecen todos los parámetros considerados que permiten clasificar el suelo por medio de un proceso de eliminación.

Una vez realizado el ensayo granulométrico, se establece si el suelo es una grava, arena, o un suelo fino (limo, arcilla u orgánico). A continuación, es necesario obtener la subdivisión del grupo, para ello se obtiene de la gráfica de distribución granulométrica, el coeficiente de uniformidad y el coeficiente de concavidad. (Ecuación 4.3)

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$$

(4.3)

Dónde:

C_u : Coeficiente de uniformidad.

C_c : Coeficiente de concavidad.

D_{10} : Diámetro donde pasa el 10 % del material (mm)

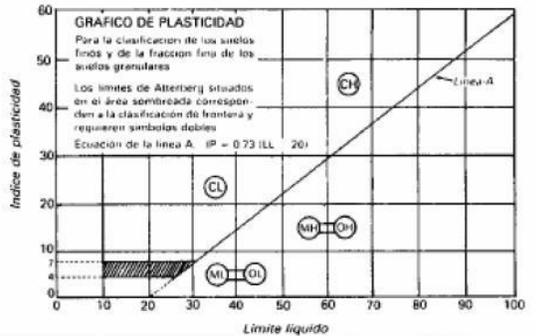
D_{30} : Diámetro donde pasa el 30 % del material (mm)

D_{60} : Diámetro donde pasa el 60 % del material (mm)

Estos dos coeficientes permiten, en el caso de las gravas y arenas, conocer si se trata de un suelo bien gradado o pobremente gradado. En el caso de las fracciones finas lo primero que se debe considerar es el límite líquido y el índice de plasticidad.

Tabla 4.2. Sistema de clasificación de suelos unificado (ASTM D 2487)

DIVISION PRINCIPAL		SIMBOLO DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACION	
SUELOS DE GRANOS GROSOS 50% o más es retenido en el tamiz No. 200	GRAVAS 50% o más de la fracción gruesa es retenido en el tamiz No. 4	GW	Gravas bien gradadas y mezclas de arena y grava con pocos finos o sin finos	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ Mayor que 4 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Entre 1 y 3 Si los criterios para GW no se cumplen	
		GP	Gravas y mezclas de gravas y arenas mal gradadas con pocos finos o sin finos		
		GM	Gravas limosas, mezclas de grava - arena y limo		
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava - arena y arcilla		
	ARENAS Más del 50% de la fracción gruesa pasa por el tamiz #4	GRAVAS CON FINOS	SW	Arenas y arenas gravosas bien gradadas con pocos finos o sin finos	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ Superior a 6 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Entre 1 y 3 Si no se cumplen los criterios para SW
			SP	Arenas y arenas gravosas mal gradadas con pocos finos o sin finos	
		ARENAS CON FINOS	SM	Arenas limosas, mezclas de arena limo	
			SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla	
SUELOS DE GRANOS FINOS 50% o más pasa por el tamiz No. 200	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido de 50% o inferior	ML	Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas	Clasificación basada en el porcentaje de finos Menos del 5% pasa por el tamiz No. 200 GW, GP, SW, SM, SP Más del 5% pasa por el tamiz No. 200 GM, GC, SM, SC 15% a 12% pasa por el tamiz No. 200 Para clasificación de frontera se necesitan símbolos dobles	
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, suelos sin mucha arcilla		
		OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad		
	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido superior a 50%	MH	Limos inorgánicos, arenas finas o limos micáceos o de diatomeas limos elásticos		
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas		
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad alta o media		
		MI			
		OI			
Suelos altamente orgánicos	PT	Turba, estiércol y otros suelos altamente orgánicos	Para la identificación visual y manual, véase ASTM norma D 2488		



4.7.4.4 Densidad método de la balanza hidrostática.

La balanza hidrostática consta comúnmente de dos brazos, de los que cuelgan dos platillos. De uno de ellos se cuelga el objeto del cual queremos determinar su volumen y en el otro las pesas calibradas para determinar su masa. Una vez determinada se sumerge al objeto en agua destilada y se calcula de nuevo la masa del objeto.

Una vez conocida esta diferencia de masas aplicamos el principio de Arquímedes: «todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta una impulso vertical y hacia arriba equivalente al peso del volumen de fluido desalojado». Como la densidad del fluido (agua destilada) es 1 g/cm³ simplemente aplicamos la fórmula de la densidad. (Ecuación 4.4).

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (4.4)$$

Como se observa a simple vista, la precisión de este método es cuestionable ya que el error absoluto y relativo es alto.

4.7.4.5 Grado de acidez (pH)

Este ensayo determina el grado de acidez o PH de la muestra de suelo. Es importante conocer el PH del suelo, ya que afecta la disponibilidad de los nutrientes de las plantas. El rango de PH óptimo para la mayoría de las plantas oscila entre 5,5 y 7,0; sin embargo muchas plantas se han adaptado crecer a valores de PH fuera de este rango. Para llegar a conocer dicho resultado empleamos el siguiente procedimiento:

1- Se prepararon las disoluciones de:

Agua con una conductividad no superior a 0.2 mS/m a 26.1° C y un pH mayor de 5.6.

- a) Cloruro Potásico C (KCl): 1 mol/L; se disolvieron 74.5 gramos de cloruro potásico en 100 ml de agua.
- b) Cloruro Cálculo C (CaCl₂): 0.01 mol/L; se disolvieron 1.47 gramos de cloruro cálcico deshidratado (CaCl₂·2H₂O) en 100 ml de agua.
- c) Tampón o disolución reguladora para el calibrado del pH-metro.

2- Se preparó una suspensión de suelo con cinco veces su volumen con cada una de las siguientes sustancias:

- a) Agua
- b) Disolución de cloruro de potasio (KCl) en agua (C: 1 mol/L)
- c) Disolución de cloruro cálcico (CaCl₂) en agua (C: 0.01 mol/L)

3- Se calibró el pH-metro con la solución tampón y se mide el pH de la suspensión.

4.7.5 Fase V – Etapa final.

Una vez desarrollados los objetivos, a través de las fases anteriores, se pudieron establecer las conclusiones obtenidas para cada uno de ellos y de igual forma las recomendaciones que sustentan la investigación para, de esta manera, concluir con la elaboración del trabajo de grado.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Estado actual de erosión del talud

Una vez analizada la información obtenida sobre la erosión y comparada con la situación observada en el área de estudio se pudieron identificar diferentes variables que contribuyen a la erosión.

En general los sitios donde se concentran grandes volúmenes de agua de escorrentía son los lugares más propensos a la formación de cárcavas y en base a esto se pueden enumerar varios elementos que, en conjunto, hacen que la zona de estudio se vea afectada por dicha problemática.

En cuanto a elementos de orden natural se tienen los siguientes:

1.- Un clima en donde se presentan lluvias torrenciales esporádicas, que son las que poseen mayor poder erosivo, puesto que generan un mayor impacto de las gotas de lluvia en el suelo, lo que rompe su estructura y lo separa en partículas que serán arrastradas por la escorrentía superficial. Por lo que puede decirse que a mayor cantidad, intensidad y duración de la lluvia mayor erosión se producirá. (Figura 5.1)



Figura 5.1 Estado actual de las cárcavas del talud de estudio

2.- Una topografía caracterizada por la presencia de pendientes pronunciadas, lo que genera mayores velocidades de escorrentía superficial y hace al suelo más susceptible al deslizamiento por acción de las lluvias. (Figura 5.2)



Figura 5.2 Pendiente pronunciada del lugar de estudio.

3.- Suelos erosionables, en cuya estructura se destaca la presencia de arenas y limos que tienden a ser no cohesivos fácilmente erosionables, o suelos con presencia

de arcillas susceptibles a la erosión. Hay que hacer referencia que el suelo es no plástico. (Figura 5.3)



Figura 5.3 Material del lugar de estudio: suelo sin plasticidad

4.- La no correcta cobertura vegetal. Esto disminuye la capacidad de los suelos para retener el agua precipitada, lo que se traduce en un aumento de la escorrentía superficial, pues habrá menos obstáculos a lo largo de las vertientes. (Figura 5.4)



Figura 5.4 Mal recubrimiento de capa vegetal en el lugar de estudio.

Estas condiciones, de alta erodabilidad de los terrenos, aunadas a la intervención del hombre a través de ciertas actividades realizadas, acelera el proceso erosivo constituyendo una grave problemática social.

El estado de erosión que posee el talud de estudio es significativo ya que no cuenta con la debida protección o recubrimiento y se puede visualizar la formación de cárcavas a lo largo de la estructura; así como también grietas, las cuales son muy perjudiciales y de gran importancia; ya que dicho talud forma parte de una obra vial, es decir, que cualquier daño que se produzca en esta estructura hecha por el hombre puede ocasionar graves daños en todo el distribuidor.

5.2 Caracterización del material que conforma el talud

5.2.1 Clasificación visual – manual (ASTM D 2488):

Arena media a fina, limosa, no plástica, color rojo amarillento. Con grava fina, poco húmeda. Se determinó la presencia de materia orgánica (raicillas TMÁX. = 4 mm y restos de corteza de árboles), trozos de alambre y restos de concreto asfáltico. De acuerdo a lo descrito anteriormente sobre el material presente en el talud se dice que al ser no plástica es muy erosionable el suelo y es por eso que la aparición de cárcavas es muy significativa. (Figura 5.5) (Figura 5.6)



Figura 5.5 Clasificación visual del suelo.



Figura 5.6 Prueba de plasticidad del material de estudio.

5.2.2 Granulometría (ASTM D 422):

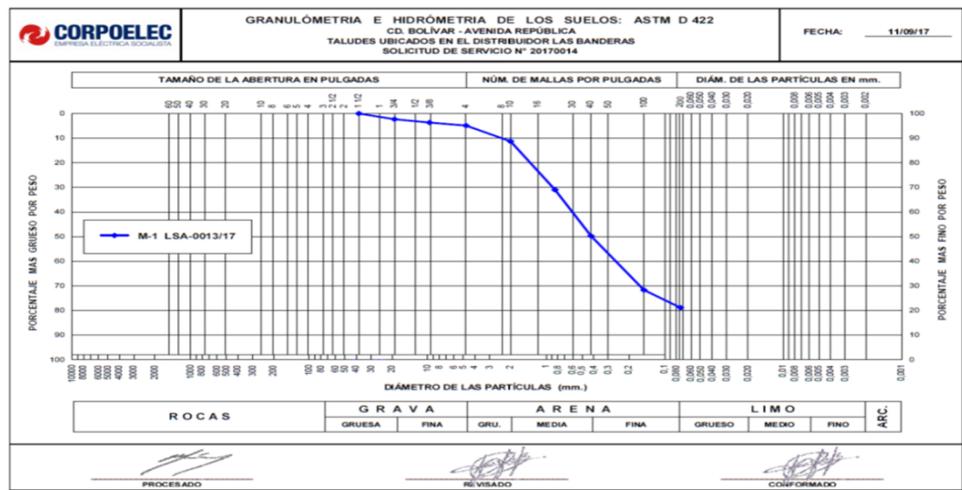
De acuerdo con este método de ensayo se evaluó igualmente una (01) muestra de suelo, definiéndose en un 74% como un material predominantemente arenoso, arrojando valores de 38,0% de arena media, 30,0% de arena fina y 6,0% de arena gruesa. Así mismo se determinó un 21,0% de material limoso y 5,0% de grava fina. Una vez pasada la muestra de arena por el tamiz se determinaron los porcentajes de la granulometría del material, y fue así como se llegó a los valores arrojados en el análisis. (Figura 5.7)



Figura 5.7 Muestra del suelo con diferente granulometría.

En la curva granulométrica podemos observar los valores arrojados para determinar el tamaño de las partículas que constituyen el suelo. (Tabla 5.1)

Tabla 5.1 Curva granulométrica del material de estudio.



5.2.4 Densidad método de la balanza hidrostática (ASTM D 1188):

Esta norma describe el método para determinar la Densidad de Mezclas Bituminosas Compactadas (Concreto Asfáltico), sin embargo, el procedimiento es utilizado como referencia para su aplicación en Suelos y Rocas.

Se prepararon y ensayaron cuatro muestras en su estado natural, obteniendo valores que oscilan entre 1.881 Kg/m³ y 1.969 Kg/m³ para un promedio de 1.934 ± 39 Kg/m³ y una humedad de 3,2 %. De acuerdo al ensayo de humedad del material extraído del talud nos da como resultado que es un suelo poco húmedo lo que nos indica menos facilidad de compactación y en nuestro caso que se está en presencia de un talud esto puede ocasionar derrumbes; y los diferentes valores de densidad se debe a que de la muestra extraída puede haber tenido diferentes tipos de materiales y por eso arroja diferentes valores.

5.2.5 Grado de acidez – pH (ISO 10390):

Se preparó una muestra de ensayo (LSA-0013/17) con una relación 1:1 (100 g de suelo seco y 100 mL de agua destilada) y se determinó en el sobrenadante el valor del pH a una temperatura de 26,1°C obteniendo un valor de pH = 3,99. El valor del pH nos arrojó acidez en el suelo lo cual es perjudicial a la hora de nuestra plantación, es por eso que previo a la siembra se utilizó cal dolomítica para disminuir el grado de acidez del suelo y que la siembra se pudiera dar sin ningún problema.

5.3 Proceso de plantación del vetiver

Para el proceso de plantación primero se tuvo que conocer la topografía del lugar de estudio mediante un levantamiento topográfico que nos arrojó las distancias, elevaciones y las cotas de nivel de cada talud presente en el Distribuidor “Las

Banderas”; para luego con estos datos escoger uno de los taludes más grandes con un área neta de 2344,43 m² el cual es uno de los que presenta mayor erosión por acción de las lluvias y debido al material que posee, el cual es muy erosionable sin plasticidad como lo arrojó los ensayos de suelos anteriores y que presenta una pendiente de 60 % aproximadamente. El lugar de estudio fue de 16 m² y fue escogido debido a que presentaba las cárcavas más profundas del talud y una grieta de profundidad significativa muy perjudicial para el distribuidor.

El tipo de suelo que presenta el talud o lugar de estudio es poco utilizable para la construcción de taludes ya que no es cohesivo y es susceptible a la formación de cárcavas porque es un material que no se compacta; pero es el material que se encuentra en casi toda la zona de Ciudad Bolívar; es por eso que con la implementación de la siembra de vetiver comprobaremos si este pasto es capaz de ayudar a este tipo de suelo a adherirse y fijar la capa de suelo de manera que disminuya la aparición de cárcavas y el impacto de escorrentía directamente al suelo para así tener un talud más estable y firme.

La siembra al haberse realizado en los meses de agosto y septiembre contó con presencia de lluvia significativa, la cual fue de gran ayuda para el pasto en toda su fase de crecimiento debido a que en sus primeros días de vida necesita de mucha agua al igual que sol para que esta pueda crecer en perfecto estado. Debido a la presencia de la lluvia durante su fase de adaptación fue que este pasto pudo desarrollarse más rápidamente y así poder ver a corto plazo las habilidades que este pasto posee. (Figura 5.8)

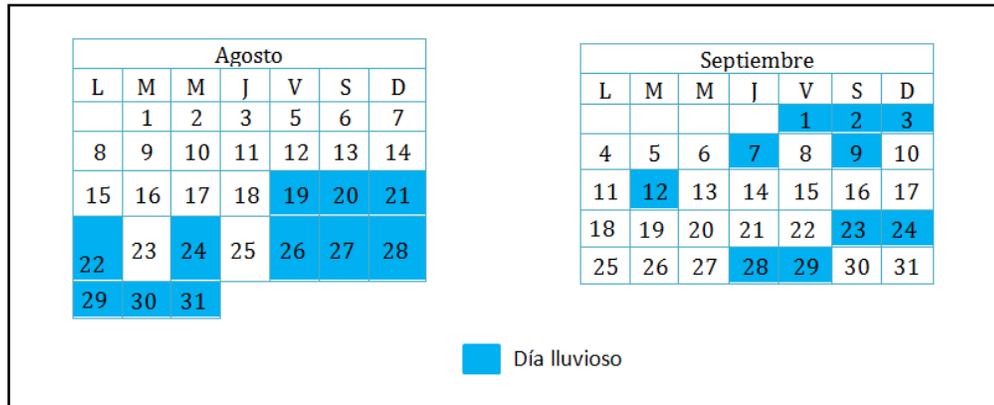


Figura 5.8 Calendario con los días de registro de precipitaciones.

A partir del día 15 de septiembre el pasto empezó a desarrollarse vegetativamente; a solo 27 días de haber sembrado se puede visualizar como el vetiver se ha adaptado al tipo de material del talud y con tan poco tiempo se observa como es de efectivo. A corto plazo se podrá observar todas las habilidades que este posee con respecto a protección de taludes debido a que, gracias a la presencia de las lluvias continuas, el cuidado y monitoreo estas pudieron crecer y adaptarse en poco tiempo. Se recomienda podar el vetiver uno o dos veces al año y al inicio de las temporadas de lluvia, tanto para su vistosidad como para estimular el crecimiento del pasto.



Figura 5.9 Área delimitada en el talud de estudio.



Figura 5.10 Macolla de vetiver con aproximadamente 5 hijos.



Figura 5.11 Muestra de las raíces fuertes y profundas que posee el vetiver.



Figura 5.12 Vetiver separado en hijos.



Figura 5.13 Colocación de 40 plantas de vetiver alineados en la zanja con una separación de 2 cms entre hijos.



Figura 5.14 Colocación de los vetiveres en las 5 zanjas previamente hechas.



Figura 5.15 Colocación de la arena restante en la zanja para darle estabilidad y precisión al vetiver.



Figura 5.16 Pasto vetiver ya sembrado con tierra abonada.



Figura 5.17 Toma fotográfica luego de la siembra (19/08/2017)



Figura 5.18 Monitoreo del crecimiento de la siembra (02/09/2017)



Figura 5.19 Monitoreo del crecimiento de la siembra (14/09/2017)



Figura 5.20 Monitoreo del crecimiento de la siembra (16/09/2017)



Figura 5.21 Monitoreo del crecimiento de la siembra (01/10/2017)



Figura 5.22 Foto final de la siembra (Poda del vetiver)

5.4 Efecto del vetiver en relación a la protección del talud

Los resultados que se esperan tener de esta siembra es que sea capaz de disminuir la inversión monetaria y de ir introduciendo la bioingeniería a todas las

obras civiles para así minimizar el impacto ambiental que pueden llegar a tener estas construcciones y poner a prueba los materiales que nos brinda la misma naturaleza los cuales pueden ser muy aprovechables para todo tipo de trabajo de obras civiles.

La siembra se realizó en este espacio para disminuir el impacto negativo de la escorrentía; y poder hacerle un relleno con el material extraído tanto a las grietas como a las cárcavas. Ha sido una técnica bastante utilizada para este tipo de trabajos; ya que el cuidado es mínimo y ofrece grandes protecciones en el lugar indicado disminuyendo así el efecto erosivo que puede haber en los taludes ya sea por el tipo de material, la mala compactación o mal recubrimiento de este mismo.

CAPÍTULO VI

LA PROPUESTA

6.1 Formulación de la propuesta

El objetivo principal de esta propuesta es que pueda llevarse a cabo una vez que este experimento de la siembra de vetiver se establezca satisfactoriamente, para mejorar el suelo tan erosionable que estos taludes presentan y evitar que sigan apareciendo y profundizándose las cárcavas por la acción del agua.

Todavía la siembra hecha en el talud de estudio no ha crecido completamente, ni ha logrado cubrir todo lo que esta planta puede llegar a cubrir con el debido cuidado y riego que ésta requiere, pero al cabo de un año se podrán ver los resultados satisfactorios que esta siembra tendrá con el talud de estudio.



Figura 5.23 Crecimiento del vetiver a cabo de un año.

A continuación se presentará un manual para la siembra y establecimiento del vetiver de manera práctica y fácil.

6.1.1 Guía práctica para el establecimiento del vetiver bajo las condiciones climáticas de Ciudad Bolívar.

Ciudad Bolívar posee un clima tropical con temperaturas muy altas y precipitaciones esporádicas cuando se está en presencia del verano, mientras que invierno las temperaturas tienden a bajar un poco y la presencia de las precipitaciones es significativa. De acuerdo a lo antes expuesto sobre el vetiver se sabe que este pasto es capaz de adaptarse a cualquier tipo de clima y a cualquier tipo de suelo, ya sea un suelo natural o a un suelo compactado extraído de un lugar de préstamo. La guía práctica para establecer el vetiver en las condiciones climáticas de Ciudad Bolívar es el mismo procedimiento para establecerlo en cualquier clima o suelo debido a lo antes mencionado. A continuación, se nombrará los pasos a seguir para la plantación del vetiver:

1. El vetiver debe venir certificado por el vivero donde estás se adquieran.
2. Recortar la macolla de vetiver hasta una longitud de 30 cm de alto para fácil manejo.
3. Se debe dividir la macolla de vetiver en retoños iguales
4. La macolla de vetiver se debe separar en hijos para cubrir completamente el lugar de estudio.

5. Los retoños deben permanecer frescos y húmedos antes de ser sembrados, es por esto que se deshija el vetiver en sitio y el día anterior el pasto debe ser regado regado en su totalidad.
6. Evitar dañar la base del retoño, debido a que es por ahí por donde se desarrollaran nuevas raíces. (las raíces no se regenerarán, solo se usaran para anclar la planta hasta que se desarrollen nuevas raíces).
7. El talud debe poseer una superficie pareja, recta y libre de socavaciones para la siembra.
8. Siembre el talud comenzando desde la cima hacia abajo.
9. Se procede a la excavación de una zanja de aproximadamente 15 cm de profundidad por 10 cm de ancho donde se coloca el abono.
10. Luego de colocar el abono en la zanja se procede a colocar los hijos de vetiver que fueron separados anteriormente.
11. Una vez colocados y alineados los hijos del vetiver uno al lado de otro sin doblar las raíces a una distancia de separación de 1cm aproximadamente para que el recubrimiento del lugar sea prolijo se continua con el relleno de la zanja con el abono hasta que ésta quede cubierta en su totalidad.
12. El procedimiento de relleno de la zanja consiste en cubrir con abono por delante y por detrás de los hijos de vetiver y luego de eso oprimir cuidadosamente con las manos el abono para que la zanja quede más firme.

13. Una vez terminada la siembra se debe regar; y si los días siguientes carecen de lluvia se deberá regar todos los días hasta llegar a la semana siguiente en donde se comenzará a regar interdiariamente.
14. Para la preparación del abono se mezclará 50 % de tierra negra y 50% de abono orgánico conjuntamente para un mejor tratamiento y acentuación del suelo.

La calidad del trabajo puede supervisarse mediante la siguiente prueba en el sitio: Si el tallo herbáceo se jala suave pero firmemente entre el dedo pulgar y el dedo índice, el retoño no debería desprenderse del suelo. Si esto sucede indica que el retoño no ha sido plantado correctamente y se deberá reemplazar la siembra.

Al vetiver luego de su siembra se le deben hacer visitas para verificar y monitorear si el pasto está creciendo y comportándose adecuadamente de acuerdo al tipo de clima y suelo que tenga el lugar de la siembra como se describe a continuación:

6.1.2 Comportamiento del vetiver luego de su plantación.

Una vez sembrado el pasto éste adquirirá un color café y aparentarán estar muertos. Esto es debido a que los tallos viejos no se regeneran. Sin embargo, se desarrollarán nuevos tallos a partir de la base del retoño; después de aproximadamente dos semanas y algunas veces un poco más, los retoños comenzarán a ponerse verdes. Deben hacerse verificaciones de supervivencia un mes después de sembrados. Toda la planta que permanezca café después de ese periodo se considerará perdida y se tendrá que volver a sembrar.

Las barreras radiculares construidas en la siembra del vetiver actúan como una pared que está en contra y reduce la escorrentía; mientras que el suelo erosionado es depositado detrás de la barrera vegetal. Es por eso que las barreras se plantaron a través de la pendiente para reducir el proceso de erosión y estabilizar el suelo a la vez.

Una vez que el vetiver se adaptó al suelo y empezó a fortalecerse fue capaz de interactuar con el suelo en el que ha crecido; formando un nuevo material compuesto por las raíces con alta resistencia a la tracción y adherencia estabilizando el suelo no solo por el refuerzo de la raíz si no por conseguir también que el suelo se seque por la evapotranspiración

Como es el caso que nuestro lugar de estudio es un talud con una pendiente poco pronunciada y con un suelo altamente erosionable el vetiver se adaptó y creció rápidamente, debido a que este pasto posee esa condición de crecer rápidamente en este tipo de circunstancias y llegar a su funcionalidad de 3 - 5 meses. Con el crecimiento que lleva el pasto a lo largo del estudio este es capaz de abatir la humedad y reducir la presión del agua en los poros.

Un indicativo de que las plantas se están adaptando al medio y están creciendo adecuadamente es el cambio de color de marrón a verde, en donde también se ve la presencia de retoños en las hileras.

Si existe algún caso en donde el pasto vetiver no cumpla con la protección debido del talud; o siga la aparición de cárcavas en el mismo debido a que este tipo de suelo es muy difícil de compactar y además es muy erosionable puede utilizarse la adición de cal (óxido de calcio) en pequeño porcentaje para hacer del suelo un material con más plasticidad y con mayor adherencia sin llegar a dañar la siembra

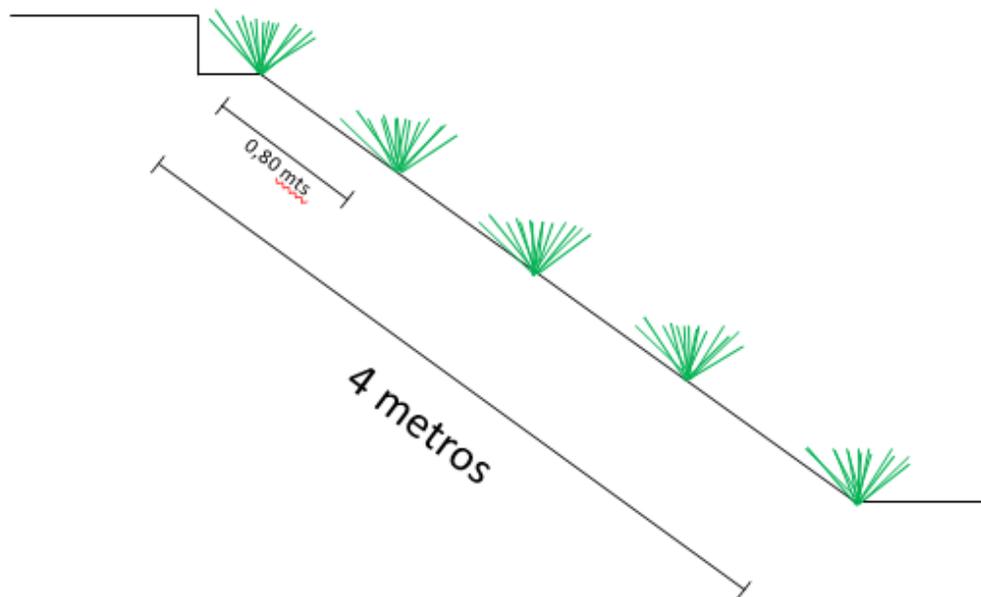


Figura 5.24 Esquema de la colocación del pasto en el área delimitada

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Las conclusiones a las que se llegaron en el presente trabajo parten de los objetivos propuestos, que surgen por destacar la implementación de materiales que sean menos perjudiciales para el medio ambiente como las barreras vivas creadas a partir de la siembra adecuada de pasto vetiver como herramienta empleada para la contención y disminución de erosión en los taludes.

1. Se identificó el estado actual de erosión del talud de estudio el cual nos arrojó que este posee cárcavas y grietas de gran importancia en toda su estructura debido al material utilizado en la construcción de dicho distribuidor, el cual no presenta las óptimas condiciones.

2. Se caracterizó el material utilizado en la construcción del talud de estudio donde se describe que es una arena media fina con presencia de gravas medias, bajo índice de plasticidad y sin cohesión; por lo que es un material susceptible por ser arenoso y no poseer capacidad de compactación y no es recomendable su utilización en la construcción de taludes.

3. Se implementó el proceso de plantación del vetiver para disminuir la aparición de grietas y cárcavas en el talud debido a que las precipitaciones y las acciones del viento no actuarán de manera directa en el lugar de estudio, si no que las barreras de vetiver sembradas a cada metro frenarán la acción del agua y el proceso erosivo que ocasiona el viento.

4. Se estimó el efecto del vetiver en relación a la protección del talud para disminuir la inversión monetaria que suele poseer una construcción para la protección de un talud mediante el uso de tierra armada, muros de contención o de pantallas de concreto cambiándola por una obra ambientalista con la misma capacidad de protección además de que introduce la bio-ingeniería en la protección de taludes minimizando así el impacto ambiental.

5. Se desarrolló una guía práctica para el establecimiento del vetiver mediante sencillos pasos para que la siembra crezca y se adapte satisfactoriamente dando así un resultado final deseado y conforme.

6. Se estudió el comportamiento del vetiver luego de su plantación y se presenció que el pasto creció y se fortaleció rápidamente mostrando así que es un pasto resistente capaz de soportar cualquier tipo de clima y cualquier tipo de suelo, sin necesidad de trabajar el suelo antes de su siembra.

Recomendaciones

1. De llevarse a cabo la propuesta planteada o de construirse cualquier otra obra que necesite de protección de taludes, debe realizarse un seguimiento continuo de la misma por parte de los entes gubernamentales, a fin de mantener la estructura estable y evitar la pérdida total del trabajo ya sea producida por la socavación del suelo o la aparición de nuevas cárcavas, ya que la erosión como proceso natural de la tierra, no puede ser detenida totalmente.

2. Hacer estudios del proceso erosivo del talud, posterior a la siembra de vetiver con el propósito de poder establecer si el mismo continúa con la formación de cárcavas y grietas y así preveer otro posible método de protección para el talud con otro tipo de material.

3. Adicionar al material de relleno un porcentaje de cal por ser un suelo no plástico para así eliminar la aparición de cárcavas y grietas en los taludes, ya que con la plantación de vetiver disminuirá el proceso erosivo, pero al estar en presencia de una arena no cohesiva y con mala compactación seguirá la erosión. Este proceso de adicionar cal al suelo no dañara ningún tipo de vegetación presente en los taludes.

4. Hacer visitas de revisión a la obra del distribuidor ya que debido al material utilizado en la construcción de los taludes no es el óptimo este puede presentar daños irreparables y nocivos para la salud de los usuarios de dicho distribuidor.

REFERENCIAS

Arias, F. (1999) **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. Editorial Episteme, Caracas, Venezuela. Pp 20-25.

Arias, F. (2006) **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN. INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA CIENTÍFICA**. Quinta edición, Venezuela. Pp 35-70.

Bowles, Joseph (1981). **MANUAL DE LABORATORIOS DE SUELOS EN INGENIERIA CIVIL**. Editorial Mc Graw-Hill Latinoamericana. Bogotá, Colombia. (Pp. 15-25, 35-56, 61-77, 175-183).

Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999, noviembre 17). **GACETA OFICIAL DE LA PREPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA** Artículo 305.

Facultad de Ciencias de la Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. **EROSIÓN**. 20 de octubre de 2009, [<http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/EROSION.pdf>].

Google Earth (2009). **IMÁGENES SATELITALES DE CIUDAD BOLÍVAR**. 5 de julio de 2017, [<https://earth.google.com/web/>]

Grimshaw, R.G. (1987) VETIVER “**LA BARRERA CONTRA LA EROSIÓN**”. Tercera edición, Washington. Pp. 1-19.

Informe de práctica pre-profesional **“PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON PASTO VETIVER (CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES, L.) EN EL CANAL DE IRRIGACIÓN- TINGO DE PONANZA”**. (2014, abril 3). Pp. 100-150.

Ley Orgánica de educación (2009, agosto 15). **CAPÍTULO IV: FORMACIÓN Y CARRERA DOCENTE**. Artículo 3.

Ponce, M., Cevallos, M (2005). **PROTECCIÓN DE TALUDES EN LA OBRA: ALOJAMIENTO TEMPORAL PARA LA ZONA RURAL DEL CANTON PORTOVIEJO - MANABÍ, CON BARRERAS VIVAS DE PLANTAS VETIVER (VETIVERIA ZIZANIOIDES)**. Tesis Ing. Agrícola. Manabí, Ecuador. UNIVERSIDAD TECNICA DE MANABI. Pp. 1-89.

Rivas, P. (1987) **“ANÁLISIS Y DISEÑO DE ESTABILIDAD DE TALUDES AFECTADOS DE LA TERRAZA L, SECTOR C DE LA URBANIZACIÓN NUEVA TACAGUA, PARROQUIA SUCRE”**. Pp 20-30.

Sabino, Carlos (1992). **“EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN”**. Editorial Panapo. Caracas, Venezuela. Pp. 10-25.

Tamayo y Tamayo, Mario. (2004) **“EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA”**. Cuarta edición. Editorial Limusa. México. P.p 111-141.

Tuong P, Tan Vant y Pinnars E. (2009) **MANUAL APLICACIONES DEL SISTEMA VETIVER**. Manual Técnico de referencia, Universidad de Agroforestería de la ciudad de Ho Chi Minh. Pp. 15-20.

Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra (2005). **MANUAL DE LAS NORMAS PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJOS DE GRADO**. Ciudad Bolívar, Venezuela, (pp. 1-53).

Wildschut, L (2013). **MERCADOS POTENCIALES DE TECNOLOGÍAS DE BIORREMEDIACIÓN CON VETIVER**. Primera edición. Madrid, España. Fundación EOI. Pp. 1-162.

Bowles, Joseph (1981). **MANUAL DE LABORATORIOS DE SUELOS EN INGENIERIA CIVIL**. Editorial Mc Graw-Hill Latinoamericana. Bogotá, Colombia. (Pp. 15-25, 35-56, 61-77, 175-183).

APÉNDICES

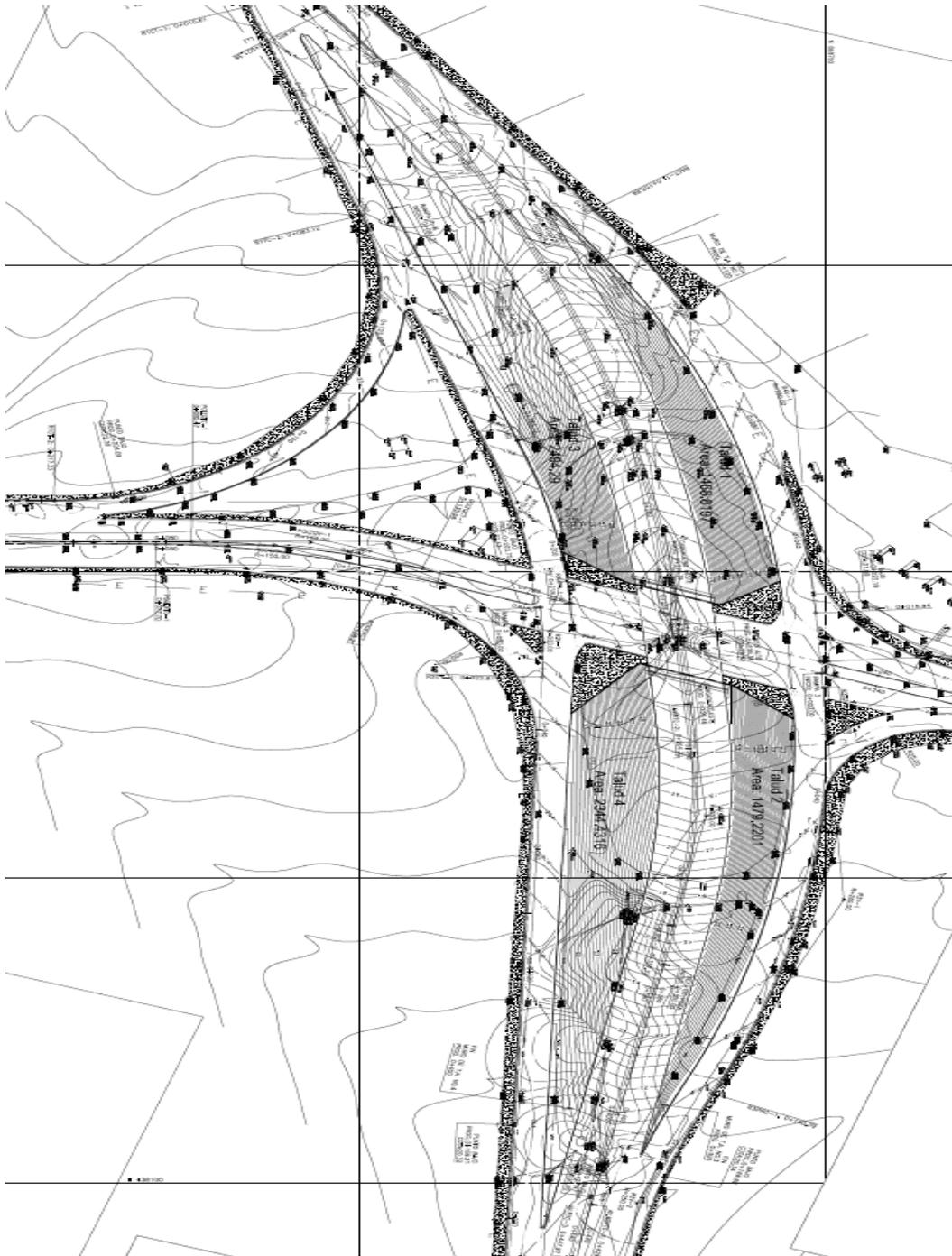


Figura A.1 Levantamiento topográfico del distribuidor “Las Banderas”



Gerencia Nacional de Estudios y Pruebas
División Nacional de Equipos y Sistemas Mecánicos
Grupo de Trabajo Equipos y Sistemas Mecánicos

Unidad Evaluación de Materiales

INFORME DE ENSAYO

ÁREAS:

- SUELOS Y ASFALTO
 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Código Solicitud de Servicio: 20170014
Informe Número: IE 0000000
Fecha de emisión: 14/09/2017
Páginas: 1 de 11

1. CLIENTE:

Ing. Carlos Morales.
Grupo de Trabajo de Ingeniería Civil.

2. OBRA:

Estabilización de los Taludes del Distribuidor las Banderas, ubicado en la Avenida República de Ciudad Bolívar – Estado Bolívar.

3. ÍTEM DE ENSAYO:

Se recibió un (01) Ítem de Ensayo, identificado como se presenta en la Tabla N° 1.

Tabla N° 1. Identificación de los Ítems de Ensayo

Muestra N°	N° de Laboratorio	Fecha de Recepción de la Muestra	Fecha de Ejecución de Ensayos
M-1	LSA-0013/17	24/08/17	11/09/17

4. MÉTODO DE ENSAYO Y CONDICIONES:

4.1. Métodos de Ensayos de Laboratorio:

- Clasificación Manual y Visual de los Suelos - ASTM D 2488.
- Contenido de Humedad de los Suelos y Rocas - ASTM D 2216.
- Gravedad Específica de los Suelos - ASTM D 854.
- Granulometría por Tamizado e Hidrómetro de los Suelos - ASTM D 422.
- Clasificación Unificada de los Suelos - ASTM D 2487.
- Densidad de Mezclas Bituminosas Compactadas – ASTM D 1188 (Procedimiento de referencia aplicado a Suelos y Rocas).
- Determinación del pH (ISO 10390):

4.2. Condiciones:

- La muestra fue recuperada y transportada por el cliente.

UNIDAD DE EVALUACIÓN DE MATERIALES, CAMPAMENTO MACAGUA – CENTRAL HIDROELECTRICA ANTONIO JOSE DE SUCRE. Teléfono 9643081 – 9644164 Fax 9643437

La unidad de Evaluación de Materiales no se hace responsable por las alteraciones que sufra este Informe de Ensayo.

Código: FOR-575-036
Revisión: 6
Fecha: 28/05/2015
Página: 1 de 1

Figura A.2 Descripción de los ensayos.

INFORME DE ENSAYO
ÁREAS:

- SUELOS Y ASFALTO
 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Código Solicitud de Servicio: 20170014

Informe Número: IE 0000000

Fecha de emisión: 14/09/2017

Páginas: 2 de 11

5. RESULTADO DE ENSAYOS:
5.1. Generalidades:

En el presente informe se reportan los resultados de ensayos de Caracterización y Grado de Acidez (pH) de una (01) muestra de suelo proveniente del Proyecto Estabilización de los Taludes del Distribuidor las Banderas, ubicados en la Avenida República de Ciudad Bolívar, en el Estado Bolívar.

5.2. Clasificación Visual – Manual (ASTM D 2488):

Se describió de acuerdo a este método un (01) ítem de ensayo. Los detalles se presentan en la Tabla N° 2.

Tabla N° 2. Resultados del Ensayo de Clasificación Visual – Manual

<i>Muestra N°</i>	<i>N° de Laboratorio</i>	<i>Descripción Visual</i>
M-1	LSA-0013/17	<i>Arena media a fina, limosa, no plástico, color rojo amarillento. Con grava fina, poco húmeda. Se determinó la presencia de materia orgánica (raicillas T_{MÁX} = 4 mm y restos de corteza de árboles), trozos de alambre y restos de concreto asfáltico.</i>

5.3. Granulometría (ASTM D 422):

De acuerdo con este método de ensayo se evaluó igualmente una (01) muestra de suelo, definiéndose en un **74%** como un material predominantemente arenoso, arrojando valores de **38,0% de arena media, 30,0% de arena fina y 6,0% de arena gruesa**. Así mismo se determino un **21,0% de material limoso y 5,0% de grava fina**.

UNIDAD DE EVALUACIÓN DE MATERIALES, CAMPAMENTO MACAGUA – CENTRAL HIDROELÉCTRICA ANTONIO JOSE DE SUCRE. Teléfono 9643081 – 9644164 Fax 9643437

La unidad de Evaluación de Materiales no se hace responsable por las alteraciones que sufra este Informe de Ensayo.

 Código: FOR-575-036
 Revisión: 6
 Fecha: 28/05/2015
 Página: 1 de 1

Figura A.3 Generalidades, clasificación visual y granulometría del material.

5.4. Clasificación Unificada (ASTM D 2487):

En la Tabla N° 3 se presentan los resultados obtenidos, según el Sistema de Clasificación Unificado de los Suelos, de la muestra evaluada.

Tabla N° 3: Clasificación de los Ítems de Ensayos según el Sistema Unificado

Muestra N°	N° de Laboratorio	Símbolo de Grupo	Nombre Típicos
M-1	LSA-0013/17	SM	Arenas limosas, mezcla de arena y limo.

UNIDAD DE EVALUACIÓN DE MATERIALES, CAMPAMENTO MACAGUA – CENTRAL HIDROELÉCTRICA ANTONIO JOSÉ DE SUCRE. Teléfono 9643081 – 9644164 Fax 9643437

La unidad de Evaluación de Materiales no se hace responsable por las alteraciones que sufra este Informe de Ensayo.

Código: FOR-375-006
Revisión: 6
Fecha: 20/05/2015
Página: 1 de 1

Figura A.4 Clasificación unificada del material.

INFORME DE ENSAYO

ÁREAS:

 SUELOS Y ASFALTO

 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Código Solicitud de Servicio: 20170014

Informe Número: IE 0000000

Fecha de emisión: 14/09/2017

Páginas: 4 de 11

5.5. Densidad Método de la Balanza Hidrostática (ASTM D 1188):

Esta norma describe el método para determinar la Densidad de Mezclas Bituminosas Compactadas (Concreto Asfáltico), sin embargo el procedimiento es usado como referencia para su aplicación en Suelos y Rocas.

Se prepararon y ensayaron cuatro (04) ítems de ensayos en su estado natural, obteniendo valores que oscilan entre 1.881 Kg/m³ y 1.969 Kg/m³ para un promedio de 1.934 ± 39 Kg/m³.

Los valores se presentan en la Tabla N° 4.

Tabla N° 4: Resultados del Ensayo de Densidad Método de la Balanza Hidrostática.

Muestra N°	N° de Laboratorio	Densidad (Kg/m ³)	Humedad (%)
M-1	LSA-0013/17	1.881	3,2
		1.969	
		1.927	
		1.958	
Valor Promedio		1.934	
Desviación Standard		39	

5.6. Grado de Acidez – pH (ISO 10390):

Se preparó un (01) ítems de ensayo (LSA-0013/17) con una relación 1:1 (100 g de suelo seco y 100 mL de agua destilada) y se determinó en el sobrenadante el valor del pH a una temperatura de 26,1°C obteniendo un valor de pH = 3,99.

6. OBSERVACIONES:

N/A.

UNIDAD DE EVALUACIÓN DE MATERIALES, CAMPAMENTO MACAGUA – CENTRAL HIDROELÉCTRICA ANTONIO JOSE DE SUCRE. Teléfono 9643081 – 9644164 Fax 9643437

La unidad de Evaluación de Materiales no se hace responsable por las alteraciones que sufra este Informe de Ensayo.

 Código: FOR-575-036
 Revisión: 6
 Fecha: 28/05/2015
 Página: 1 de 1

Figura A.5 Densidad por el método de la balanza hidrostática y grado de acidez del material.



Gerencia Nacional de Estudios y Pruebas
 División Nacional de Equipos y Sistemas Mecánicos
 Grupo de Trabajo Equipos y Sistemas Mecánicos

Unidad Evaluación de Materiales

INFORME DE ENSAYO

ÁREAS:

- SUELOS Y ASFALTO
- MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Código Solicitud de Servicio: 20170014
 Informe Número: IE 0000000
 Fecha de emisión: 14/09/2017
 Páginas: 7 de 11

CORPOELEC <small>EMPRESA ELÉCTRICA SOCIALISTA</small>		CLASIFICACIÓN VISUAL		FECHA: 11/09/17
SOLICITUD DE SERVI. 20170014		ESTRUCTURA: TALUDES LUBRICADOS EN EL DISTRIBUIDOR LAS BANDERAS		
SITIO: CD. BOLIVAR - AVENIDA REPUBLICA				
MUESTRA N.º	LABORATORIO N.º DE	DESCRIPCIÓN		
M-1	LSA-001317	ARENA MEDIA A FINA, LIMPIA, NO PLÁSTICO, COLOR ROJO AMARILLENTO, CON GRAVA FINA, POCO HÚMEDA. SE DETERMINO LA PRESENCIA DE MATERIA ORGANICA (PARTÍCULAS $100\ \mu\text{m}$ - 4mm Y RESTOS DE CORTEZA DE ÁRBOLES), TROZOS DE ALAMBRE Y RESTOS DE CONCRETO ASFÁLTICO.		
		OBSERVACIONES		
		PROCESADO	REVISADO	CONFORMADO

UNIDAD DE EVALUACIÓN DE MATERIALES, CAMPAMENTO MACAGUA – CENTRAL HIDROELECTRICA ANTONIO JOSE DE SUCRE. Teléfono 9643081 – 9644164 Fax 9643437
 La unidad de Evaluación de Materiales no se hace responsable por las alteraciones que sufra este Informe de Ensayo.

Código: FOR-575-036
 Revisión: 6
 Fecha: 28/05/2015
 Página: 1 de 1

Figura A.6 Tabla explicativa con la clasificación del suelo.



Gerencia Nacional de Estudios y Pruebas
 División Nacional de Equipos y Sistemas Mecánicos
 Grupo de Trabajo Equipos y Sistemas Mecánicos

Unidad Evaluación de Materiales

INFORME DE ENSAYO

ÁREAS:

- SUELOS Y ASFALTO
- MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Código Solicitud de Servicio: 20170014
 Informe Número: IE 0000000
 Fecha de emisión: 14/09/2017
 Páginas: 9 de 11

RESUMEN DE ENSAYOS		FECHA: 11/09/17
SOLICITUD DE SERVO: 20170014 SITIO: CD. BOLIVAR - AVENIDA REPUBLICA		ESTRUCTURA: TALUDES UBICADOS EN EL DISTRIBUIDOR LAS BANDERAS
RESULTADOS DE ENSAYOS		
MUESTRA N°	N° DE LABORATORIO	CLASIF. UNIFIC.
GRANULOMETRIA (% EN PESO)		GRADO DE ACIDEZ
GRAVA	ARENA	
GRUESA	GRUESA	DENSIDAD MET. DE LA PARAFINA (Kg/m ³)
FINA	GRUESA	HUMEDAD (%)
GRUESA	FINA	PESO ESPECIFICO
FINA	FINA	LIMITES DE ATTERBERG (%)
GRUESA	FINA	LL
GRUESA	FINA	L.P.
GRUESA	FINA	I.P.
GRUESA	FINA	NO PLÁSTICO
GRUESA	FINA	% < 0.002 mm
GRUESA	FINA	P. I. 200
GRUESA	FINA	1.891
GRUESA	FINA	1.969
GRUESA	FINA	1.927
GRUESA	FINA	1.958
GRUESA		26.1
GRUESA		3.99
GRUESA		3.2
GRUESA		2.66
OBSERVACIONES		
PROCESADO		
REVISADO		
CONFIRMADO		

UNIDAD DE EVALUACIÓN DE MATERIALES, CAMPAMENTO MACAGUA – CENTRAL HIDROELÉCTRICA ANTONIO JOSE DE SUCRE. Teléfono 9643081 – 9644164 Fax 9643437

La unidad de Evaluación de Materiales no se hace responsable por las alteraciones que sufra este Informe de Ensayo.

Código: FOR-575-036
 Revisión: 6
 Fecha: 28/05/2015
 Página: 1 de 1

Figura A.7 Tabla con resumen de todos los ensayos.-

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

Título	PROPUESTA DEL USO DE VETIVER COMO PROTECCIÓN DEL TALUD UBICADO EN LA PROLONGACIÓN DE LA AVENIDA REPÚBLICA EN EL DISTRIBUIDOR “LAS BANDERAS” DE CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO HERES ESTADO BOLÍVAR.
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Gazzaneo Bravo, Marienit N.	CVLAC	V-24.541.878
	e-mail	mngazzaneo@gmail.com
	e-mail	mngazzaneo@hotmail.com
Torres Rodríguez, Jorge A.	CVLAC	V-20.123.669
	e-mail	jatorresr@gmail.com
	e-mail	j_a_t_r@hotmail.com

Palabras o frases claves:

Vetiver
Talud
Erosión
Protección
Estabilidad

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

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Departamento de Ingeniería Civil	Ingeniería Civil

Resumen (abstract):

El presente trabajo tiene como objetivo general “Proponer el uso de vetiver como protección del talud ubicado en la prolongación de la Avenida República en el Distribuidor Las Banderas de Ciudad Bolívar, Municipio Heres Estado Bolívar”. Se adaptó una metodología documental - de campo, mediante la cual se realizó el levantamiento topográfico y el análisis del suelo del área de estudio, así como el estado actual de erosión del talud y los factores que intervienen en ese proceso de erosión. La mala protección de los taludes de dicho distribuidor ha ocasionado que estos presenten cárcavas y grietas significativas, graves para toda la estructura; al no contar con el debido recubrimiento acelera el proceso erosivo debido a la aparición de agentes externos como las precipitaciones y el viento que pueden intensificar el proceso erosivo del área de estudio. Debido a que se está en presencia de un talud con una pendiente elevada y con un suelo arenoso no cohesivo, como lo demuestran los estudios de suelo se propuso la siembra de vetiver en un área de 16 m² en donde se colocarán 5 franjas de vetiver para disminuir y proteger el talud de la erosión; ya que este pasto no permitiría que el agua proveniente de las precipitaciones caiga de manera directa en el área de estudio y se comprobó si este pasto es capaz de ayudar a este tipo de suelo a adherirse y fijar la capa de suelo; de manera que disminuya la aparición de cárcavas.

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

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Martínez, Jesús	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	V- 18.236.171
	e-mail	ingjmartinezn@gmail.com
	e-mail	
Ramos Madrid, Javier	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	V- 14.145.647
	e-mail	jdramos@udo.edu.ve
	e-mail	
Miró, Alexis	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	V-4.397.377
	e-mail	ingenieromiro@hotmail.com
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

2017	11	24
------	----	----

Lenguaje Spa _____

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

Archivo(s):

Nombre de archivo
PROPUESTA DEL USO DE VETIVER EN EL TALUD UBICADO EN EL DISTRIBUIDOR “LAS BANDERAS”.doc

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

Alcance:

Espacial: _____ (Opcional)

Temporal: _____ (Opcional)

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

Nivel Asociado con el Trabajo: **Pre-grado**

Área de Estudio: **Departamento de Ingeniería Civil**

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.

Cordialmente,

Juan A. Bolaños Curvelo

JUAN A. BOLANOS CURVELO
Secretario

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA

RECIBIDO POR *Martínez*

FECHA 05/8/09 HORA 5:30

REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
SECRETARIA

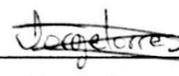
C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación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

JABC/YGC/maruja

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

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


Gazzaneo, Marienit.
Autora


Torres, Jorge.
Autor


Martínez, Jesús.
Tutor