INFORMACION TECNICA DE RESISTENCIA DE PASTO VETIVER EN PENETRACION PARA ESTABILIZACÓN DE TALUDES Y AMARRE DE SUELOS EN PENDIENTE.

Ref. Soporte de actividades en cobertura vegetal con Sistema Vetiver, Biomortero Ecológico y Canaletas en Polimez

De acuerdo a nuestra experiencia actividades complementarias de mitigación (revegetalización y estabilización), a realizarse en taludes, con zonas de depósitos antrópicos.

Con el fin de dar respuesta a los problemas de erosión existentes en la zona a intervenir; presentamos nuestra apreciación y la recomendación de obras complementarias y los siguientes tratamientos de BIOINGENIERÍA DE SUELOS.

- ***Nuestro trabajo es profesional y garantizado***
- ***incluye todo costo (transportes, imprevistos, personal con afiliación, insumos y materiales, herramienta y equipo.)***
- ***cotización vigentes***
- ***forma de pago 50% anticipo y 50% entrega a satisfacción se descuenta el valor de $150000 de la visita y este informe***
- ***para el Biomortero se debe garantizar riego en caso de verano al menos por 30 días luego de entregada la obra.***

Se pretende que las raíces del vetiver de 4 a 5 mt de profundidad y su resistencia de 75 Mpa. formen muros de contención vivos, sucesivos y perennes; incrementando el factor de seguridad (FS) y su resistencia al corte (RC) en un 40% aproximadamente. Adicionalmente las raíces bajarán el nivel freático, al succionar la humedad interna y liberarla por el fenómeno de evapotranspiración, aumentando su estabilidad.

Los tallos del vetiver, una vez macollados trabajarán como disipadores de energía de la aguas lluvias y como barreras retenedoras de sedimentos, evitando la erosión laminar.

El vetiver debe sembrarse en plántulas tipo vivero, con mínimo 3 meses de establecido y un buen desarrollo radicular; con el fin de obtener resultados más prontos y evitar la competencia por la luz con las gramíneas.

1. MANEJO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA

Con el fin de minimizar el impacto de las aguas lluvias, se deben conducir los flujos de agua, salida de filtros y drenes y llevar a sitio seguro. La entrega de las aguas drenantes, debe realizarse en un canal liviano, flexible, con buena resistencia mecánica y resistencia a los rayos UV.

Recomendamos las cunetas en POLIMEZ, por cumplir las especificaciones anteriores, tener buena adherencia con los suelos, presión de trabajo constante de 10 kg/cm2 a 20°C, los materiales empleados no alteran las características de los fluidos que conducen y no afectan la salud humana, construida en sitio y la garantía es de 5 años.

2. EROSIÓN

Proceso de degradación física, consiste en el desprendimiento y arrastre de partículas de suelo: hídrica o eólica.

Deteriora el paisaje y las obras civiles, afecta la estabilidad de los taludes, las cuencas hidrográficas, la vida útil de lagos y embalses, sedimenta los ríos y puede modificar el régimen hidrológico de la zona.

La erodabilidad depende de su granulometría y los índices de plasticidad; del régimen de lluvias, de la velocidad del viento y de la inclinación del terreno.

Los suelos dependiendo de su clasificación serán más propensos o menos a generar la erosión.

(Según Gray y Sotir,1996)

3. REVEGETALIZACIÓN

Actividades encaminadas a restituir la cobertura vegetal de suelos degradados; espontáneamente, por siembra de gramíneas, especies rastreras o vegetación nativa; en zonas desprovistas de protección vegetal **6.1 OBJETIVOS:**

- Restituir la cobertura vegetal
- Evacuar aguas de escorrentía
- Mejorar infiltración
- Controlar sedimentación
- Disminuir velocidad de escurrimiento
- Disminuir impacto de aguas lluvias
- Preservar las obras civiles
- Restituir al paisaje
- Restituir el medio natural
- Formar horizonte orgánico (Biomasa)
- Disminuir contaminación de aguas
- Sostenibilidad del ecosistema

4. BIOINGENIERÍA DE SUELOS

Se refiere al control de erosión, protección y estabilización de taludes y laderas, y problemas de movimientos masales mediante la construcción de diferentes tipos de estructuras totalmente vivas como elementos mecánicos, usando partes de las plantas, tales como: raíces, rizomas, estolones, ramas y tallos.

Partes de las plantas (raíces y tallos) en los sistemas de protección de Laderas, se convierten en refuerzo, drenaje hidráulico y barreras para contener la erosión y movimientos masales.

7.1 VENTAJAS DE LAS SOLUCIONES BIOINGENIERILES

- Se organiza e involucra a la comunidad en las soluciones.
- Costos y mantenimiento a largo plazo más bajos que los métodos tradicionales.
- Beneficios ambientales para hábitat de vida silvestre, mejoramiento de la calidad del agua y estética.

- Aumento a través del tiempo de la fuerza de las raíces de las plantas, para incrementar el factor de seguridad y la estabilidad estructural del terreno (Franti,1997).
- Compatibilidad con sitios ambientalmente susceptibles a los movimientos masales o lugares con acceso limitado
- (Franti, 1997).

5. LA TECNOLOGÍA DEL SISTEMA VETIVER (TSV)

La Tecnología de Sistemas Vetiver (TSV) o Tecnología del Pasto Vetiver (TPV).

Es originada por la Bioingeniería de Suelos, como una conjunción de varias disciplinas: BIOLOGÍA, HIDROLOGÍA, INGENIERÍA AGRONÓMICA, GEOLÓGICA, GEOTÉCNICA Y CIVIL, que interactúan para el diseño, instalación y mantenimiento de barreras vivas, usando al VETIVER como planta matriz para el control de erosión, estabilización de taludes, filtro de sedimentos, recuperación de cuencas, control de flujos y de inundaciones, tratamiento de aguas servidas y Biorremediación de suelos contaminados.

7.1 VETIVER clasificado como *Chrysopogon zizaniodes*

ORIGEN: familia Androponeae.

ESPECIES PARA CONTROL DE EROSIÓN: Vetiveria Zizanoioides, V. Nigritana y V. Nemoralis (de 12).

DESCRIPCIÓN:

Hojas largas y resistentes.

Altura de 1.50 a 2.00 mt.

Longevidad más de 50 años.

Sistema radicular fuerte, fibroso y vertical (hasta 6 mt.)

Resistencia a la tensión: 75 Mpa.

UTILIDADES PRINCIPALES:

- Barrera contra la erosión.
- Cortavientos.
- Barrera para control de avalanchas de Agua.
- Barrera visual y acústica. • Barrera anti polución atmosférica • Delimitación de áreas diversas.
- Estabilización de presas de tierra.
- Prevención de desastres naturales.
- Revegetalización y estabilización en Taludes de Tierra.
- Control de sedimentos.
- En Barrancos, Pendientes y Taludes, para la conservación del agua y el sustrato.
- Formación de bancales vivos y naturales.
- Prevención de corrimientos de tierras y desastres naturales.
- Control polución del agua: Muy eficiente en la absorción de N, P, Hg, Cd y Pb.
- Banco de Captación de CO2 (1 Kg/año/m2 de Gas Efecto Invernadero)

FACTORES DE RESISTENCIA:

- Sequía e inundaciones hasta 3 meses.
- Salinidad, al Sodio y al Magnesio.
- Viento.
- Suelos pobres y zonas contaminadas.
- Hasta 9 grados bajo cero.
- Calor extremo (más de 50 º C).
- Acidez - alcalinidad en el suelo (pH desde 3.0 hasta 11.0).
- Presencia en el suelo de Al, Mn, As, Cr, Cd, Ni, Pb, Cu, Se, Hg y Zn.
- Pastoreo, fuego y cortes continuos.

VETIVER PLÁNTULA



VETIVER 4 MESES

VETIVER RAÍZ DESNUDA}



ESTABILIZACIÓN CON VETIVER

Factor de seguridad en una ladera sin vegetación (Morgan y Rickson 1995)

$$F = \frac{c' + (\gamma z - \gamma_w h_w)\cos^2\beta \tan\theta'}{\gamma z \operatorname{sen}\beta \cos\beta}$$

- c' = Cohesión efectiva del suelo (kN/m³) = 10
- γ = Peso unitario del suelo (kN/m³) = 18
- z = Altura vertical del suelo por encima del plano de deslizamiento (m) = 1,0 • β = Angulo de la pendiente (grados) = 35º
- θ' = Angulo de fricción interna efectivo del material del suelo (grados) = 35º
- γ_w = Peso unitario del agua (9,8 kN/m³).
- h_w = Altura vertical de la tabla de agua subterránea por encima del plano de deslizamiento (m) = 0,5

Factor de seguridad en una ladera con vegetación

$$F = \frac{(c' + c'_R) + [\{(\gamma z - \gamma_w h_v) + W\}\cos^2\beta + T \operatorname{sen}\theta] \tan\theta' + T\cos\theta}{\{(\gamma z + W)\operatorname{sen}\beta + D\}\cos\beta}$$

Donde:

- c'_R = Cohesión efectiva del suelo mejorada por el refuerzo de raíces (kN/m³) = 5
- W = Sobrecarga debido al peso de la vegetación (kN/m²) = 2,5
- D = Fuerza de carga del viento paralela a la ladera (kN/m²) = 0,1
- h_v = Altura vertical de la tabla de agua subsuperficial por encima del plano de deslizamiento con la vegetación (m) = 0,4
- T = Fuerza de tensión de las raíces actuando en la base del plano de deslizamiento (kN/m) = 5
- θ = Ángulo entre las raíces y el plano de deslizamiento (grados) = 45º

ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD

- **Incremento en c'_R** (Cohesión efectiva del suelo mejorada por el refuerzo de raíces) de 5 kN/m³ incrementa F por 0,59.
- Incremento en W (Sobrecarga debido al peso de la vegetación) por 2,5 kN/m², decrece F en 0,04. **(Con el VETIVER no hay sobrecarga apreciable)**
- Incremento en D (Fuerza de carga del viento paralela a la ladera) por 0,1 kN/m², decrece F por 0,02. **(Con el VETIVER no hay carga del viento significativa)**
- **Incremento en T** (Fuerza de tensión de las raíces actuando en la base del plano de deslizamiento) de 5 kN/m, incrementa F por 0,71.

- **Incremento en h_w** (Altura vertical de la tabla de agua subterránea por encima del plano de deslizamiento) de 0,1 m, incrementa F por 0,08.

Aplicación Tecnología Vetiver en talud de corte (EPM Sonsón II)

Ejemplo 3 Aplicación Tecnología vetiver en protección de obras

6. OBSERVACIONES GENERALES

6.1 Para la protección laminar de taludes, en los sitios puntuales que se requiera al terminar la intervención, puede utilizarse el sistema del **BIOMORTERO**.

Esta técnica consiste en la aplicación una pasta con fibras naturales, polímeros, enmiendas orgánico-minerales, semillas, aglutinantes y cementantes…para proteger al terreno de la erosión laminar por efecto del impacto de la gota de lluvia y propiciar el desarrollo de vegetación en el cuerpo del talud; luego se biodegrada incorporándose al suelo y restaurando el ecosistema.

Resultados.

Se pretende estabilizar y obtener una rápida cobertura del suelo; disminuir la energía de impacto de las gotas de agua lluvia, proteger contra la velocidad del agua de escorrentía superficial y la acción del viento; que la nueva vegetación propicie un amarre superficial y subsuperficial del suelo y que se reactive el ciclo de mineralización de la materia orgánica en los taludes.

ANEXO 1 - NORMA VETIVER

ITEM: REVEGETALIZACIÓN Y ESTABILIZACIÓN CON VETIVER

Definición y alcance

Se define como el establecimiento de líneas o barreras de plántulas de pasto VETIVER sobre taludes de corte o lleno, en protección de Obras Civiles o en riberas de fuentes Hídricas para su protección laminar y estabilización.

Esta unidad de obra incluye:

- suministro de plántulas de VETIVER
- transporte interno en la Obra
- hoyado
- abonado
- siembra y tapada

- mantenimiento

Materiales

Las plántulas de VETIVER que se utilicen deberán proceder de un cultivo especializado a nivel nacional, de semilla madura y de buena calidad, en almácigo, en bolsa 4" x 6" mínimo y un tiempo de siembra no inferior a 3 meses.

El fertilizante compuesto a emplearse durante la siembra, debe contener además del material orgánico como gallinaza, champiñonaza etc., un 10% de micorrizas y minerales en proporciones cercanas a la siguiente enmienda: sílice soluble, 11%; 10-30-10, 11%; cal dolomítica, 6%; roca fosfórica, 6%; sulfato de calcio, 5%; boro pentahidratado, 0.6%; sulfato de zinc, 0.4%

Ejecución de las obras

Una vez realizadas las Obras Duras de mitigación correspondientes a los estudios y diseños de tipo Geológico, Geotécnico e Hidráulicos; tales como muros de contención, filtros horizontales, anclajes, cunetas, canales y disipadores; se perfila y limpia el área a intervenir, para la aplicación de métodos de BIOINGENIERÍA.

Se toma la plántula y se podan los tallos a una altura aproximada de 30 cm con el fin de estimular su macollamiento y sistema radicular.

Se procede luego a realizar el hoyado de 20 cm de profundidad con un sembrador manual o en su defecto construir una pequeña zanja de 20 cm de profundidad si el terreno es de tipo aluvial o poco estable; abonando con el fertilizante, a razón de 100 gr por metro lineal. A continuación se desprende la bolsa plástica de la plántula y se siembra de manera que no queden cubiertos de suelo los tallos y se compacta en forma manual para extraer el aire que pueda contener.

Las plántulas de VETIVER se siembran a razón de seis (6) unidades por metro lineal, en líneas o barreras formando curvas de nivel, iniciando en la corona del talud y a una distancia de un metro (1) entre ellas.

En caso de presentarse taludes más inestables, estas líneas de VETIVER podrán sembrarse a distancias menores, de acuerdo al criterio de la Interventoría.

Estas líneas longitudinales de vetiver del talud y de la corona protegerán el cuerpo del talud de las aguas de escorrentía de las zonas aledañas, actuando sus resistentes tallos como filtros de sedimentación y disipadores de energía y sus profundas raíces de 2 a 5 mt de profundidad, como muros de contención sucesivos y perennes.

Mantenimiento

La revegetalización y estabilización de taludes como cualquier siembra, requiere mantenimiento, fertilizaciones y podas para mejorar su establecimiento y asegurar la continuidad de la capa vegetal que se reimplanta.

Se recomienda realizar al vetiver, inicialmente dos mantenimientos a los 2 y 4 meses, que incluyen desmalezada, poda y fertilización, para obtener un buen establecimiento; posteriormente cada 6 meses se recomienda realizar una poda a 40 cm de altura; con el fin de incrementar el crecimiento de la raíz y el engrosamiento o macollamiento de sus tallos.

El VETIVER es resistente al fuego, enfermedades, sequías, inundaciones, suelos pobres, ácidos, alcalinos, salinos, con metales pesados, pero no es resistente a la sombra; por consiguiente las gramíneas y otras especies nativas que crezcan entre las líneas de VETIVER, deben ser podadas periódicamente durante los cuatro primeros meses, con el fin de evitar la competencia por la luz, mientras el vetiver se establece.

El mantenimiento consta de lo siguiente:

- Poda y limpieza de gramíneas y otras especies arvenses que crecen entre las líneas de vetiver.

- Limpieza de gramíneas en la base del tallo, que están impidiendo el desarrollo de nuevos brotes de vetiver, especialmente los estolones de pasto kikuyo y estrella.

- Fertilización con un abono orgánico que contenga: *tierra orgánica, *gallinaza compostada, *como elemento que le da estructura a la mezcla, cascarilla de arroz, *enmienda (roca fosfórica, silicato de mg y cal dolomítica),*micorrizas y *fertilizante edáfico rico en fosforo (10-30-10).

- Poda del vetiver.

Control de calidad

El Vetiver es una especie libre de problemas fitosanitarios, utilizada masivamente en el mundo para el control de erosión.
Las plántulas deben llegar a la obra en buen estado, sin deterioro durante el cargue, transporte, descargue y transporte local.
El Vetiver debe sembrarse en plántulas tipo vivero, con el fin de obtener resultados más prontos y evitar la competencia por la luz con las gramíneas.
Se recomienda sembrarse en sitios que garanticen mínimo un 50 % de luz solar.

Medición y pago ML

LÍNEA O BARRERA DE PASTO VETÍVER incluye: el suministro, fertilizante, mano de obra, herramientas y transportes, con 6 plántulas tipo vivero por metro lineal.
Costo directo para el Valle de Aburrá $ 12.800/ ML (año 2013)

MANTENIMIENTOS INICIALES (2), a BARRERAS O LÍNEAS DE VETIVER, incluye desmalezada, fertilización y poda; por metro lineal. (Dos mantenimientos: a los 2 y 4 meses.) **Costo de cada mantenimiento = 10% del costo de ML vetiver.**
NOTAS:

- Los 2 mantenimientos pueden incluirse en el Ítem LÍNEA O BARRERA DE PASTO VETÍVER; o bien, pueden ir por separado.
- El precio de cada mantenimiento equivale al 10% de la línea de vetiver.
- La unidad de medida (ML. de línea de vetiver), puede llevarse a metros cuadrados, a juicio de la Interventoría.

ANEXO 2: NORMA POLIMEZ **Obras de Bioingeniería ambiental.**

ITEM: CANALES PARA MANEJO DE AGUA, EN POLIMEZ.

Canales POLIMEZ zanja de coronación, obra acueducto EPM Santa Elena (Antioquia)

1. DESCRIPCIÓN GENERAL

Definición y alcance

Se define como la conducción segura del agua de escorrentía y superficiales a través de canales impermeabilizados o POLIMEZ (mezcla de polímero) en taludes de corte o lleno, en protección de Obras Civiles o en riberas de fuentes Hídricas para su protección laminar y estabilización.

Esta unidad de obra incluye:

- Construcción e impermeabilización de canales
- Transporte interno en la Obra
- Excavación
- Anclado
- Disipadores de energía
- Mantenimiento

2- CUNETAS IMPERMEABILIZADAS CON POLIMEZ.

Son construidas con polímeros, fibra, ligantes catalizadores y otros insumos (reservados); esto es una fórmula de Mezcla de polímeros Mexicanos, de distribución y aplicación exclusiva de una empresa colombiana. Su función consiste en adaptarse a terrenos heterogéneos, sin presentar fisuras, con el fin transportar escorrentías hasta los sitios deseados, reemplazando los descoles en concreto; los cuales presentan altos costos de construcción, sobrepeso y su incapacidad para adaptarse a terrenos móviles por asentamiento y escorrentías, bajo su nivel de ubicación. La cuneta POLIMEZ, es muy liviana menos del 10% de lo que pesaría en Cemento, es dúctil, maleable y altamente resistente.

3. **DISEÑO Y CONSIDERACIONES TECNICAS.**
   - Realizar excavación de forma trapezoidal en las bermas y taludes establecidos, empezando con una medida Inferior y esta medida se debe incrementar a medida que se vaya construyendo el canal en las terrazas inferiores, debido al aumento de volumen de agua en las terrazas. Las nuevas medidas se especificaran de acuerdo a los niveles de agua analizados.

- La excavación se debe realizar de forma escalonada, configurando un sistema de disipadores cada 0,5m en el talud y a 1m en las bermas.

- Revestir el canal con el material liviano, flexible y resistente tipo Polimez.

- El revestimiento del canal tipo3 con el material tipo Polimez se debe asegurar muy bien en el terreno, con refuerzo de ganchos de 30cm de long. de varilla corrugada de 6 mm, anclados en los bordes y en el fondo del canal; distribuidos cada 40cm en las bermas y cada 20 cm en los taludes.

➢

4. **MEDICIÓN Y UNIDAD DE PAGO:**
   - La unidad de pago es el M2, independiente del tipo de cuneta o canal, medido sobre toda la superficie interna. Incluye a todo costo (mano de obra, mortero, catalizadores, Polimez; conformada de canal, aplicación, disipadores, transportes, equipo y herramienta.) –seguimos el diseño planteado y las instrucciones del Geólogo descritas en la parte inmediatamente superior.

     El precio del M2 de cuneta o canal en POLIMEZ para el valle de Aburrá, es de ochenta y ocho mil pesos ml ($ 88.000) COSTO DIRECTO. Año 2013
   - Se considera un 16% de IVA sobre el 5 % de la Utilidad
5. **OBSERVACIONES GENERALES**
   - La revegetalización de taludes y su estabilización con obras de Bioingeniería de Suelos; son un complemento a los estudios, diseños y trabajos Geotécnicos o Geológicos recomendados en los estudios de suelos.

   - El precio de la Canal NO incluye: Micro-pilotes, el retiro de árboles, conformación del talud, adecuación de cárcavas, construcción de trinchos, botada de escombros. Las medidas son promedios iniciando en una sección menor hacia una mayor a medida que el área de captación aumenta.

   - No se asume responsabilidades por daños causados en las actividades cotizadas, por carencia o mal manejo de aguas de escorrentía, fallas estructurales geológicas, geotécnicas, inundaciones o calamidades ajenas a lo esencialmente cotizado. Trabajo profesional, personal con Seguridad Social.

- Experiencias del Polimez en obras de BIOINGENIERÍA, más de 13.000 ML de aplicación de Polimez en Antioquia (EPM Santa Elena e Hidroeléctrica Ituango), Caldas (Trasgas- Ecopetrol) y obras en Tolima y Nariño durante los años 2010 a 2013.

CLAUDIO RUBEN DAZA JIMENEZ
Gerente General

Miembros "Red Mundial del Vetiver", "Red Latinoamericana del Vetiver" y fundadores de la "Asociación Colombina de Vetiver"

Cel: 3178164341 - 3203846054