

Geobioingeniería

Artículo 850 - 22

850.1 Descripción

La geobioingeniería hace referencia a aquellas tecnologías que pueden ser ejecutadas como medidas de protección y control de erosión. La característica principal de estos sistemas es el de combinar materiales orgánicos (semillas, material orgánico, etc.) e inertes (tela de alta densidad, cables de polipropileno, grapas, etc.).

Dentro de los sistemas de geobioingeniería se encuentran los siguientes:

850.1.1 Biorrollos

Utilizados para controlar la erosión superficial en terrenos inclinados, ya que disminuyen la energía de escorrentía, permitiendo el paso del agua y la retención de los sólidos en suspensión, también contribuyen con la recuperación de la cobertura vegetal.

Gracias a su configuración tubular no rígida, pueden ser adaptados a la topografía superficial del terreno donde es ejecutado el proyecto.

850.1.2 Biobarreras

Sistema de tres (3) líneas verticales de biorrollos fijados con estacas, para controlar la erosión, disminuir la energía de escorrentía del agua y retener sólidos disueltos. Las biobarreras permiten un filtrado y retención superior al noventa y cinco por ciento (95%) de sólidos y contaminantes.

850.1.3 Geobiomallas

Deben cubrir la superficie del suelo protegiéndolo contra la erosión, esta tecnología confina en su interior un sustrato biótico para garantizar la regeneración de la cobertura vegetal.

850.1.4 Mantos

Utilizados para reducir la erosión del suelo, retener detritos y ayudar en el crecimiento de la vegetación. Dependiendo del material pueden ser de uso temporal o permanente.

Deben cumplir con las especificaciones de mantos clase uno (1) y clase dos (2) del artículo 811 correspondiente a protección de taludes con productos enrollados para control de erosión.

850.1.5 Hidrosiembra

Mezcla específica de productos degradables proyectados hidráulicamente de manera uniforme sobre una superficie que necesita ser revegetada, evitando con ello que se desencadene algún proceso erosivo.

Otras opciones de protección aplicadas en zonas planas o en taludes con inclinación menor a los treinta grados ($< 30^\circ$) son el trasplante de césped y la colocación de tierra orgánica (material de descapote).

850.1.6 Anclaje

Herramienta utilizada para fijar mecánicamente diferentes tipos de mantos, redes y mallas metálicas o sintéticas, de igual forma contribuyen a la estabilización superficial de taludes y canales en suelo.

850.1.7 Sistema compuesto para control de erosión

Se construye para controlar la erosión de taludes y canales, mediante la instalación de geotextiles no tejidos o mantos, mallas biaxiales coextruidas o mallas metálicas y pines poliméricos o pernos/anclajes. La combinación de tales elementos depende de las condiciones y características de la zona del proyecto.

850.2 Materiales

850.2.1 Biorrollos

Los materiales necesarios para la construcción de los biorrollos son:

850.2.1.1 Manto retráctil

Se pueden utilizar materiales con las prestaciones indicadas en el artículo 231, Separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil y en el artículo 811, Protección de taludes con productos enrollados para control de erosión, de acuerdo con los diseños de ingeniería del proyecto.

850.2.1.2 Sustrato orgánico

Compuesto por tierra fértil o material orgánico, preferiblemente proveniente de las actividades de descapote, dicho material consiste en suelo superficial con contenido orgánico, libre de elementos como rocas, trozos de concreto, escombros, ramas y todo material nocivo para los procesos de germinación de las semillas de pasto. Se debe informar a la autoridad ambiental sobre la procedencia de este material, así mismo, debe contar con el aval de uso según su licencia o permiso ambiental, conforme al artículo 106, Aspectos ambientales del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), en especial el apartado 106.5, Recuperación de la vegetación.

850.2.1.3 Semillas

Las semillas utilizadas deben ser de pastos o de especies propias de la zona o que se adapten con facilidad a ella, estas cumplen con las características indicadas en los documentos del proyecto o las propuestas por el constructor, previa autorización emitida por interventoría. Todas las semillas que se utilicen deben venir empacadas y debidamente etiquetadas por el proveedor.

850.2.1.4 Fertilizantes

Se deben utilizar fertilizantes adecuados para cada tipo de tratamiento según lo establezca los documentos del proyecto, buscando siempre que estos aporten en el correcto desarrollo y crecimiento de las especies sembradas.

Los fertilizantes utilizados pueden ser de tipo orgánico o mineral, siempre y cuando estén bajo la supervisión del profesional idóneo del proyecto y tengan como resultado aportar los macro y micro nutrientes necesarios para el buen desarrollo de la vegetación.

850.2.1.5 Ganchos de fijación

Corresponden a los elementos de fijación del sistema, su detalle definitivo debe estar sustentado en el diseño, estos pueden ser de varilla de acero, alambre galvanizado, pines metálicos y/o poliméricos, entre otros materiales.

850.2.2 Biobarreras

Para la construcción de las biobarreras, adicional al manto retráctil y sustrato orgánico utilizados en los biorrollos, es necesario el uso de:

850.2.2.1 Madera rolliza y/o guadua

La madera rolliza y/o guadua deben estar inmunizadas, tener una longitud de dos coma

cinco metros (2,5 m) de largo y un diámetro promedio de diez centímetros (10 cm).

850.2.2.2. Cable en poliéster

El cable para la fijación vertical de los tres (3) biorrollos, debe estar conformado por multifilamentos en poliéster de alta tenacidad.

850.2.3 Geobiomallas

Para la construcción de las geobiomallas, adicional al cable en poliéster y a los materiales utilizados para la ejecución de los biorrollos, se requiere el uso de:

850.2.3.1 Hidroretenedores

Polímero insoluble en agua que tiene la propiedad de absorber por hinchamiento hasta doscientas (200) veces el tamaño por partícula, para proteger el sustrato, con el potencial de permanecer en la tierra largos periodos de tiempo (al menos un (1) año) en proceso de

hidratación reversible, es decir tiene un comportamiento de deshidratación e hinchamiento dependiendo de las condiciones de humedad, su utilización depende de las condiciones climáticas del territorio de implementación de la tecnología.

850.2.3.2 Mallas biaxiales

Estas mallas están desarrolladas para interactuar con suelos y agregados pétreos, proporcionando soporte, retención de bloques u otros materiales que se puedan desprender de la superficie a tratar, alta resistencia a la tensión y alto módulo de deformación a las estructuras que conforman. En la Tabla 850-1, se muestran la normativa recomendada para medir la eficiencia de la malla biaxial.

Tabla 850-1. Normativa vigente para medir las características físicas y mecánica de la malla biaxial.

Propiedades mecánicas	Norma de ensayo	Unidad
Resistencia @ 2% elongación (MD/TD)	ASTM D6637	kN/m
Resistencia @ 5% elongación (MD/TD)		
Resistencia (MD)		
Resistencia (TD)		
Elongación (MD)		%
Elongación (TD)		
Resistencia disponible por plastodeformación (creep) RFCR a 75 años	ASTM D5262 ASTM D6992	kN/m
Propiedades físicas		
Tamaño nominal de abertura (MD) (Nota 1)	Medido	mm
Tamaño nominal de abertura (TD)	Medido	mm

Propiedades mecánicas	Norma de ensayo	Unidad
Presentación del rollo		
Ancho (Nota 1) x largo (Nota 2)	Medido	m
Área		m ²
Ancho (Nota 1) x largo		m
Área		m ²

NOTAS:

Nota 1 MD: Dirección de la máquina, a lo largo de los rollos; TD: dirección transversal a lo largo de los rollos.

Nota 2: El ancho puede variar en un rango de +/- uno por ciento (1%).

La normativa presentada vigente a la fecha declarada en este documento y está sujeto a cambios por actualización frente a la veracidad y mejora continua de los productos de acuerdo al comportamiento estadístico de la producción.

850.2.3.3 Elementos de fijación

Su uso va a depender de las características del talud en lo referente a la pendiente y la consistencia del suelo. En este sentido para pendientes bajas y/o consistencias de suelo blandas los elementos de fijación corresponden a ganchos de acero corrugado; por otra parte, para pendientes altas y suelos de consistencia dura, los elementos de fijación corresponden a sistemas de anclaje, los cuales están compuesto por un cable de acero galvanizado (de longitud variable, de acuerdo a las condiciones propias del terreno), ancla en acero galvanizado y un tope abierto en el mismo material, que permite el crecimiento de la vegetación.

850.2.3.4 Agua

El agua que se requiera para el riego y mantenimiento del producto vegetal, puede ser obtenida de captación de aguas lluvia, ríos, lagos, u otros cuerpos de agua, siempre y cuando no contenga elementos extraños ni suciedad (como hojas, residuos sólidos orgánicos o inorgánicos) evidente que afecten de forma perjudicial la materia orgánica del producto. Se puede ejecutar la Norma Técnica Colombiana NTC 3651, Calidad del agua determinación del pH, para verificar que el agua a utilizar

tenga pH neutro.

850.2.4 Mantos

Utilizados para reducir la erosión del suelo, retener detritos y ayudar en el crecimiento de la vegetación, dependiendo del material pueden ser de uso temporal o permanente. Se requiere cumplir con las especificaciones de mantos clase uno (1) y clase dos (2) del artículo 811 correspondiente a protección de taludes con productos enrollados para control de erosión.

850.2.4.1 Elementos de fijación para mantos

Los mantos pueden ser asegurados mediante el uso de anclajes primarios o secundarios. Los anclajes primarios son aquellos de guaya hincados por percusión, los cuales presentan una cabeza de anclaje, la guaya y el plato de carga; por otra parte, los anclajes secundarios como grapas en forma de U o pines metálicos para anclaje, son formados a partir de una varilla de acero. Se pueden requerir anclajes más largos en los suelos más sueltos, al igual que para suelos rocosos se pueden requerir pines de mayor diámetro, más cortos y de mayor resistencia.

En la Tabla 850-2 se presenta una recomen-

dación del número de anclajes por metro cuadrado según la pendiente del talud.

Tabla 850-2. Número de anclajes según la pendiente.

Pendiente del talud	Número de anclajes
Hasta 3H:1V	1,5 anclajes/m ²
3H:1V a 2H:1V	2 anclajes/m ²
2H:1V a 1H:1V	2 a 5 anclajes/m ²
Mayor a 1H:1V	5 anclajes/m ²

Los anclajes de percusión en suelo deben instalarse como anclajes primarios o principales cuando se usen mantos permanentes tipo 2B,

2C y 2D, debiendo cumplir o exceder las siguientes especificaciones presentadas en la Tabla 850-3.

Tabla 850-3. Especificaciones de desempeño de los anclajes para mantos tipo 2B, 2C y 2D.

Propiedad de desempeño	Valor
Carga última del tendón del anclaje, valor mínimo en lbs	1 800
Carga última del anclaje ensamblado, valor mínimo en lbs	1 100
Carga de trabajo típica del anclaje, valor en lbs (Nota 1)	200 - 800
Rango de profundidades del anclaje (Nota 2)	0,91 m (2 ft.) – 2,74 m (9 ft.)

Notas:

Nota 1: El rendimiento del anclaje es una función de la resistencia del suelo in situ y, por lo tanto, el rango de carga en esta especificación debe considerarse sólo como una guía. Las condiciones específicas del suelo in situ serán evaluadas por un ingeniero especialista o ingeniero geotécnico para determinar el tipo de anclaje, la profundidad y el patrón adecuado para resistir la inestabilidad de la pendiente. Se pueden recomendar ensayos de tracción previos a la construcción.

Nota 2: La profundidad mínima de trabajo es de treinta y seis pulgadas (36 pulgadas) o noventa centímetros (90 cm) aproximadamente. Los anclajes deben tener cuarenta y ocho pulgadas (48 pulgadas) o ciento veinte centímetros (120 cm) de largo, de modo que después de que se fijen, tengan una profundidad mínima de treinta y seis pulgadas (36 pulgadas).

El anclaje debe producir un mínimo de doscientas libras fuerza (200 lb) de resistencia al arrancamiento y estar hecho de material resistente a la corrosión y a los rayos UV. Su cabeza debe tener formas angulares.

Los elementos tipo gancho en "U" deben ser metálicos, de mínimo ocho milímetros (8 mm) de diámetro, de treinta por diez por treinta centímetros (30 x 10 x 30 cm) para terrenos blandos y veinte por cinco por veinte centímetros (20 x 5 x 20 cm) para terrenos duros.

850.2.5 Hidrosiembra

Los materiales necesarios para la ejecución de la hidrosiembra son:

850.2.5.1 Semillas

Las semillas utilizadas en la hidrosiembra deben ser de pastos, de especies propias de la zona o que se adapten con facilidad a ella, que cumplan las características indicadas en el proyecto, confrontando en el sitio su adaptabilidad, estas deben ser verificadas por el constructor y autorizadas por el interventor.

Las semillas deben estar empacadas y debidamente etiquetadas por el proveedor, cuando se trate de semilla certificada. Las semillas recolectadas en la zona o semillas nativas deben ser supervisadas por un agrónomo o por parte del departamento ambiental del proyecto.

Las semillas y sus proporciones deben ser las señaladas en los documentos del proyecto y dependen del lugar y del tipo de terreno donde se vayan a colocar. Las semillas certificadas, dependiendo de la especie o variedad, deben cumplir con una germinación mínima del ochenta por ciento (80%) y una pureza del noventa y cinco por ciento (95%), lo que debe ser certificado por un laboratorio o una institución competente, a este efecto, debe ser válida la certificación externa que entregue el proveedor de las semillas. Las dosificaciones mínimas indicadas se deben referir a semillas en estado seco o de almacenamiento. Cuando se utilicen semillas nativas o recolectadas en la zona de influencia del proyecto, deben contar con la autorización de un ingeniero agrónomo en conjunto con el departamento ambiental y el interventor del proyecto.

Tabla 850-4. Valores de propiedades recomendadas cuando la hidrosiembra es aplicada en taludes con inclinación inferior a 60°.

Propiedad	Método de prueba	Valor recomendado
Físico		
Masa por unidad de área	ASTM D6566 (Nota 1)	≥ 390 g/m ²
Grosor	ASTM D6525 (Nota 1)	≥ 4,0 mm

850.2.5.2 Fibra o Mulch hidráulico

Pueden ser fibras de madera refinadas térmicamente, cien por ciento (100%) biodegradable, con fibras fitosanitarias y seguras para formas de vida acuática y terrestre. La dosis es indicada por el fabricante y debe estar establecida en los documentos del proyecto o aceptado por el interventor.

850.2.5.3 Fijador o aglomerante estabilizador

La función del fijador es la de mantener unidas las fibras de mulch y las semillas, a la superficie a ser tratada. Se utilizan dos clases de adherentes y un floculante que haga el efecto dispersante en la solución.

La formulación para el aglomerante estabilizador debe estar de acuerdo con las dosis establecidas por los fabricantes y será la definida en los documentos del proyecto.

850.2.5.4 Agua

No es necesario que el agua para la mezcla sea potable. Sólo tiene que ser agua limpia, apta para agricultura, no contaminada químicamente, sin elementos extraños ni suciedad evidente, que cumpla con las recomendaciones del fabricante de acuerdo al tipo de siembra.

En las Tabla 850-4 y Tabla 850-5 se presentan los valores recomendables de algunas propiedades que deben ser consideradas, cuando la hidrosiembra es aplicada en taludes con inclinación inferior y superior a sesenta grados (60°) respectivamente.

Propiedad	Método de prueba	Valor recomendado
Cobertura del suelo	ASTM D6567 (Nota 1)	≥ 98%
Capacidad de retención de agua	ASTM D6567 (Nota 1)	≥ 98%
Color Material	Observado	Verde
Desempeño		
Factor De Cobertura (Nota 2)	Prueba a gran escala (Nota 4)	≤ 0,05
% De Efectividad (Nota 3)	Prueba a gran escala (Nota 4)	≥ 95%
Tiempo De Curado	ASTM D7322 (Nota 1)	≥ 600%
Establecimiento De Vegetación	ASTM D7322 (Nota 1)	≥ 600%
Longevidad Funcional (Nota 5)	ASTM D5338	≤ 12 meses
Ambiental		
Ecotoxicidad	EPA 2021,0	48 hr LC ₅₀ > 100%
Biodegradabilidad	ASTM D5338	Si
Notas: Nota 1: Métodos de prueba ASTM desarrollados para productos enrollados de control de erosión han sido modificados para acomodar productos de control de erosión aplicados hidráulicamente (hidrosiembra). Nota 2: El factor de cobertura se calcula como la relación de pérdida de suelo de la superficie tratada frente a una superficie de control no tratada. $F_c = A_t / A_n$ (A_t = Área tratada, A_n = Área no tratada) Nota 3: % de efectividad = uno menos factor de cobertura multiplicado por 100%. $E (\%) = (1-F_c) * 100$ Nota 4: Pruebas a gran escala realizadas en Utah Water Research Laboratory. Nota 5: La longevidad funcional es el período de tiempo estimado, basado en las pruebas ASTM D5338 y las observaciones de campo, que se puede anticipar para un material que brinde control de la erosión y beneficios agronómicos según la composición, así como las condiciones específicas del sitio, que incluyen; temperatura, humedad, condiciones de luz, suelos, actividad biológica, establecimiento vegetativo y otros factores ambientales.		

Tabla 850-5. Valores de propiedades recomendadas cuando la hidrosiembra es aplicada en taludes con inclinación superior a 60°.

Propiedad	Método de prueba	Valor recomendado
Físico		
Masa por unidad de área	ASTM D6566 (Nota 1)	≥ 390 g/m ²
Grosor	ASTM D6525 (Nota 1)	≥ 5,6 mm
Cobertura del suelo	ASTM D6567 (Nota 1)	≥ 99%
Capacidad de retención de agua	ASTM D7367	≥ 1 700%
Color del material	Observado	Verde
Desempeño		
Factor de cobertura (Nota 2)	Prueba a gran escala (Nota 4)	≤ 0,01
% de efectividad (Nota 3)	Prueba a gran escala (Nota 4)	≥ 99%
Tiempo de curado	Observado	0 - 2 horas
Establecimiento de vegetación	ASTM D7322 (Nota 1)	≥ 800%
Longevidad funcional (Nota 5)	ASTM D5338	≤ 18 meses

Propiedad	Método de prueba	Valor recomendado
Ambiental		
Ecotoxicidad	EPA 2021,0	48 hr LC ₅₀ > 100%
Turbidez del efluente	Prueba a gran escala (Nota 4)	≤ 250 NTU
Biodegradabilidad	ASTM D5338	Si
<p>Nota 1: Métodos de prueba ASTM desarrollados para productos enrollados de control de erosión han sido modificados para acomodar productos de control de erosión aplicados hidráulicamente (hidrosiembra).</p> <p>Nota 2: El factor de cobertura se calcula como la relación de pérdida de suelo de la superficie tratada frente a una superficie de control no tratada. $F_c = A_t / A_n$ (A_t= Área Tratada, A_n= Área no tratada)</p> <p>Nota 3: % De efectividad = Uno menos Factor de cobertura multiplicado por 100%. $E (\%) = (1-F_c) * 100$</p> <p>Nota 4: Pruebas a gran escala realizadas en Utah Water Research Laboratory.</p> <p>Nota 5: La longevidad funcional es el período de tiempo estimado, basado en las pruebas ASTM D5338 y las observaciones de campo, que se puede anticipar para un material que brinde control de la erosión y beneficios agronómicos según la composición, así como las condiciones específicas del sitio, que incluyen; temperatura, humedad, condiciones de luz, suelos, actividad biológica, establecimiento vegetativo y otros factores ambientales.</p>		

850.2.5.5 Bloques de césped

Son de forma aproximadamente rectangular y de dimensiones regulares, deben provenir de cultivos tecnificados que no generen un pasivo ambiental, cambiando el uso del suelo según la ley colombiana, a no ser que hayan sido obtenidos del descapote de la zona donde se está ejecutando el proyecto. No se aceptan bloques de césped que hayan sido obtenidos de terrenos que se vean afectados por el retiro de esta protección vegetal. Se debe informar a la autoridad ambiental sobre su procedencia y se debe contar obligatoriamente con el correspondiente aval para su empleo a partir de su licencia o permiso ambiental. Los bloques deben tener las raíces del pasto sanas y adheridas a la capa de tierra orgánica.

850.2.5.6 Suelo orgánico (material de descapote)

El suelo orgánico debe provenir del descapote del proyecto. Se debe informar a la autoridad ambiental sobre su procedencia y se debe contar obligatoriamente con el correspondiente aval para su empleo a partir de su licencia o permiso ambiental.

El suelo orgánico es un suelo de origen

superficial, con contenido orgánico, libre de piedras, ramas, restos vegetales de gran calibre, escombros, desperdicios no degradables y cualquier otro elemento extraño y nocivo para los fines de la protección. La utilización de este tipo de material debe estar limitada para zonas planas y taludes de bajas pendientes menores a treinta grados (30°).

850.2.6 Anclajes

Los anclajes primarios son aquellos de tipo guaya hincados por percusión, los cuales presentan un plato de carga o tope, un cable de acero o guaya, un mecanismo de fijación y un ancla (ver Figura 850-1).

Por otro lado, los anclajes secundarios como grapas en forma de U o pines metálicos para anclaje, son formados a partir de una varilla de acero.

Estos elementos están diseñados principalmente para fijar mecánicamente diferentes tipos de mantos, redes y mallas metálicas o sintéticas, también contribuyen a la estabilización superficial de taludes y canales en suelo.

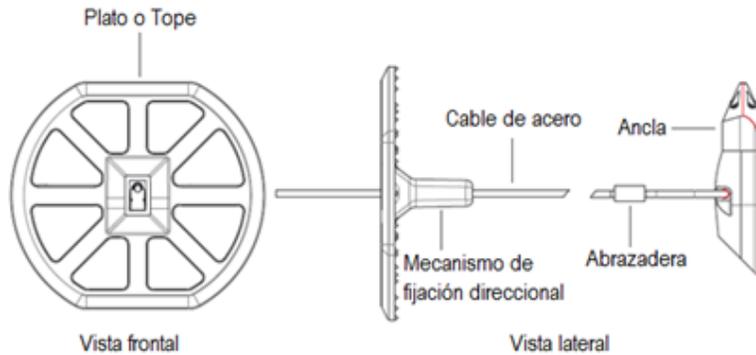


Figura 850-1. Partes de un anclaje

Los topes o platos de carga deben contar con un mecanismo de entrabe que evite su expulsión, como un elemento tipo ancla resistente a la presión, igualmente debe contar con un dispositivo de bloqueo direccional (abrazadera) que se corre y se fija fuertemente al cable de tensión en dirección a la cara del talud permitiendo que este no se suelte.

Los topes o platos de carga, deben tener la resistencia adecuada para retener el área del cono de presión invertido y debe ser liso y libre de irregularidades que puedan afectar la integridad del manto de control de erosión, malla, geocompuesto u otro material que esté siendo anclado.

Los anclajes están compuestos de aleaciones

de aluminio, aleación de aluminio anodizado, hierro de grafito esferoidal galvanizado, acero inoxidable o bronce de aluminio. El tipo de material debe estar directamente relacionado con la resistencia a la tensión, cargas de trabajo, durabilidad y vida útil de los componentes frente a la corrosión y el intemperismo.

En la Tabla 850-6 se muestran los componentes y medidas de los anclajes para fijación de mantos, mallas y demás estructuras que lo requieran, por otra parte en la Tabla 850-7 se presentan los parámetros de resistencia recomendados del anclaje, sin embargo, pueden tener variaciones acorde a las propiedades intrínsecas de cada proyecto. La variación de los valores presentados debe estar aprobado por la interventoría.

Tabla 850-6. Componentes y medidas de los anclajes

Componente	Norma de ensayo	Material	Dimensiones
Ancla	ASTM B240	Aleación Zinc- Aluminio ZA-2 (Molde de presión)	Ancho: 2,36 pulgadas Longitud: 6,50 pulgadas Altura: 1,40 pulgadas Área de aplicación: 12 pulgadas
Cable de acero	ASTM A1023	Acero carbón recubierto con Zinc- Aluminio	Diámetro: 4mm 5/32 pulgadas 1x19 compuesto por multifilamentos
Plato de carga	ASTM B240	Aleación Zinc- Aluminio ZA-2 (Molde de presión) rodillo en cerámica y mecanismo de bloqueo	Diámetro min.: 4,29 pulgadas Diámetro máx.: 6,29 pulgadas Espesor: 0,125 pulgadas
Abrazadera del cable	ASTM B240	Aleación Zinc- Aluminio ZA-2	1,9 pulgadas x 1,31 pulgadas espesor de pared 0,2 pulgadas

Tabla 850-7. Parámetros de resistencia recomendados del anclaje

Propiedad de desempeño	Norma de ensayo	Valor
Resistencia última a la tensión del tendón	ASTM A36	3 300 lb
Resistencia última a la tensión del sistema de anclaje activado		1 700 lb
Rango de carga de trabajo típica del sistema de anclaje		700 – 1 600 lb
Profundidad mínima de anclaje		0,30 m

850.2.7 Sistema compuesto para control de erosión

El conjunto de materiales que conforman un sistema compuesto para control de erosión son:

850.2.7.1 Geotextil

Se pueden utilizar geotextiles tejidos o no tejidos elaborados a partir de polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos por con un porcentaje mínimo del noventa y cinco por ciento (95%) en masa de poliolefinas o poliéster y debe cumplir con los requisitos establecidos en el artículo 231, Separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil, de las presentes especificaciones de construcción.

850.2.7.2 Manto

Se pueden utilizar mantos permanentes para control de erosión de acuerdo con los requisitos establecidos en el artículo 811, Protección de taludes con productos enrollados para control de erosión, numeral 811.2.2 Productos enrollados permanentes para control de erosión, de acuerdo con los diseños de ingeniería del proyecto.

850.2.7.3 Malla metálica

Las mallas metálicas son elementos bidimensionales, compuestos por alambres de alta

resistencia, dispuestos en configuración hexagonal y/o romboidal, cuya flexibilidad y resistencia permiten su fácil adaptación al terreno natural en conjunto con pernos, para controlar la caída de detritos y bloques en taludes de corte.

Se recomienda que la malla metálica tenga un recubrimiento en PVC, para evitar que ante exposición solar fuerte el material de la malla aumente su temperatura, causando daños en el manto por quemaduras.

Dependiendo de las condiciones del talud a proteger, se puede necesitar el uso de cables entre los pernos de anclaje, con el fin de crear un sistema más resistente ante el desprendimiento de bloques de gran tamaño.

Si el desprendimiento es considerable, se recomienda el uso de mallas eslabonadas de acero de alta resistencia. El uso de malla y cables de refuerzo debe ser restringido a actividades de mitigación y control de erosión.

En la Tabla 850-8 se presentan las propiedades mecánicas de las mallas metálicas.

Tabla 850-8. Propiedades mecánicas recomendadas para la malla metálica seleccionada

Propiedad	Norma de ensayo	Valor
Resistencia a la tracción del alambre	INV E-501	35 a 50 kg/mm ²
Resistencia a la tracción de la malla paralela	ASTM D975	42,3 kN/m
Resistencia a la tracción de la malla perpendicular	ASTM D975	20,4 kN/m
Elongación	EN 10223-3	10%
Calibre de alambre para la malla	EN 10223-3	12 (2,7 mm)
Calibre de alambre para el borde	EN 10223-3	10 (3,4 mm)
Recubrimiento mínimo de Zinc	ASTM A641	245 gr/mm ²
Abertura de la malla	Medido	8x10 cm
Recubrimiento en PVC (recomendado)	ASTM A975	0,5 mm

850.2.7.4 Elementos de fijación del sistema compuesto

Para la fijación del sistema compuesto por geotextil no tejido y manto, se pueden usar grapas en forma de U o pines metálicos.

Para asegurar la malla metálica, se requerirán pernos con longitud hasta llegar al estar estrato competente y diámetro variable, dependiendo

de las condiciones del talud a proteger y según el diseño realizado por el consultor.

Para conformar el sistema de anclaje, también se requieren platinas metálicas que ajusten la malla, creando un sistema resistente ante las sollicitaciones del desprendimiento de bloques. En caso de utilizar anclajes activos.

En la Tabla 850-9 se muestran las características físicas recomendadas de los anclajes.

Tabla 850-9. Propiedades físicas recomendadas de los anclajes para el sistema compuesto de control de erosión

Propiedad	Norma de ensayo	Dimensiones
Plato superior	ASTM B240	Diámetro 4,25 pulgada, espesor 0,11 pulgada
Cabeza de anclaje	ASTM B240	3,44 pulgada x 1,22 pulgada x 0,81 pulgada
Cable tendón	ASTM A1023	Diámetro 3 mm
Terminación superior	ASTM B240	Diámetro 4,25 pulgada, espesor 0,11 pulgada
Terminación inferior	ASTM B1058	Longitud 12,8 mm, espesor pared 1,5 mm

850.3 Equipo

850.3.1 Biorrollos, biobarreras y geobiomallas

Para la construcción de estas estructuras se necesita herramienta menor tal como: maquina cosedora de sacos de poliéster, rastrillos, palas, estacas, azadones, horcas, elementos de seguridad para trabajos en alturas y todo aquel adicional que sea necesario para la ejecución de los trabajos especificados.

850.3.2 Mantos

Para los mantos se requieren elementos para la aplicación de los riegos periódicos, los cuales deben ser de tipo aspersor u otros similares que apliquen el agua en forma de lluvia fina. Adicionalmente, el constructor debe disponer de rastrillos, azadones, horcas, ganchos para formar surcos, cuerdas, cinturones de seguridad, cascos, estacas, palas, balanzas, envases calibrados y todos los demás elementos que sean necesarios para ejecutar correctamente los trabajos especificados.

850.3.3 Hidrosiembra

El constructor debe disponer de máquinas hidrosiembradoras, certificadas para esta actividad y herramientas necesarias para asegurar que los trabajos de protección de los taludes tengan la calidad exigida y se garantice el cumplimiento de su programa de ejecución.

En particular, la maquina hidrosiembradora debe estar compuesta por agitadores hidráulicos y/o mecánicos que sean capaces de mantener la solución en emulsión constante, mangueras, boquillas para proyectarla vía aspersión sobre el terreno desnudo, asegurando la distribución homogénea de las semillas en las zonas hidrosiembradas.

Los elementos para la aplicación de los riegos periódicos debe ser de tipo aspersor u otros similares que apliquen el agua en forma de lluvia fina.

El constructor debe disponer, además, de las herramientas, rastrillos, azadones, horcas, ganchos para formar surcos, cuerdas, cinturones de seguridad, cascos, estacas, palas, balanzas, envases calibrados y todos los demás elementos que sean necesarios para ejecutar correctamente los trabajos especificados.

850.3.4 Anclajes

La capacidad de los equipos debe ser compatible con el tipo de suelo y los anclajes a instalar. En términos generales se deben contemplar varillas de hincado, martillo percutor, pinzas de tensión dinamométricas, gato de extracción y corta frío.

850.3.5 Sistema compuesto para control de erosión

El constructor debe disponer de las herramientas, rastrillos, azadones, horcas, ganchos para formar surcos, cuerdas, cinturones de

seguridad, cascos, estacas, palas, varillas de hincado, máquina para hacer anclajes, equipos para tensionar el anclaje, gato de extracción, corta frío y todos los demás elementos que sean necesarios para ejecutar correctamente los trabajos especificados.

850.4 Ejecución de los trabajos

Es obligación del constructor, tratar de preservar toda vegetación existente en el talud, siempre y cuando no sea perjudicial para la ejecución de las obras que hacen parte de esta especificación. En caso que por razones se tenga que incurrir en el corte de dicho material vegetal, los residuos deben ser retirados cuando constituyan una capa que pueda dificultar las labores de mantenimiento o reparación.

El constructor debe tener en cuenta las medidas de manejo y protección ambiental propias del proyecto, al igual que las disposiciones vigentes, teniendo especial cuidado con la utilización de insumos tales como semillas y fertilizantes, los cuales deben ser previamente avalados por la interventoría.

850.4.1 Biorrollos

Son contruidos de forma cilíndrica en material tejido, el cual puede ser de fibras orgánicas, polietileno, polipropileno o un material retráctil en HDPE foto degradable, de alta resistencia mecánica, biológicamente inerte y resistente a ácidos, álcalis y condiciones químicas presentes naturalmente en los suelos (ver Figura 850-2).

Esta estructura se llena con material orgánico filtrante al cual se le añade por inyección, material vegetal, semillas de gramínea o leguminosa. El espaciamiento entre rollos depende del tipo de suelo y de la inclinación de la pendiente, pudiendo variar entre los tres metros (3 m) y ocho metros (8 m).



Figura 850–2 Biorrollos

Es ideal que la superficie cuente con una protección vegetal previa, aunque dicho requerimiento no es de cumplimiento obligatorio siempre que así lo establezcan los documentos del proyecto o el interventor.

Todos los materiales deben ser ubicados en una zona próxima al área de intervención. Dicha zona de intervención debe ser un lugar con una pendiente máxima de quince por ciento (15%) donde por sus condiciones se presente un flujo laminar no necesariamente canalizado. En caso de que la pendiente del talud sea mayor, el constructor debe realizar las labores de perfilamiento del talud o ladera de acuerdo a las limitaciones del terreno para el cumplimiento de dicha restricción.

Una vez se tenga lista la superficie donde se va a realizar la instalación del biorrollo, el constructor puede iniciar el procedimiento de instalación, verificando previamente que el terreno a intervenir, cuente con un adecuado encausamiento de aguas superficiales debido a las lluvias que puedan presentarse durante la instalación de este sistema.

Dispuestos los materiales en sitio, se procede a conformar con el tejido retráctil, cociéndolo por uno de sus bordes, un elemento tubular cuyo diámetro promedio sea de veinte centímetros (20 cm) y su longitud total igual a dos metros (2 m). Paralelamente se realiza la

mezcla para el núcleo orgánico filtrante, incorporándole los nutrientes e hidrorretenedores en las dosificaciones recomendadas por el especialista forestal del proyecto, quien a su vez debe considerar las condiciones climáticas de la zona.

Posteriormente, se procede a llenar con el material orgánico, los elementos tubulares hechos con el tejido retráctil, seguido de la instalación de dichos rollos en el suelo.

Para la fijación de los biorrollos ya conformados, se hincarán en el suelo ganchos en acero, con intervalos de máximo tres metros (3 m) de longitud.

A continuación, se presenta el paso a paso para la construcción de los biorrollos:

1. Definir y medir el área o sección donde será instalado el sistema, teniendo en cuenta la pendiente, el flujo de escorrentía y la morfología, de tal manera que los biorrollos intercepten la línea erosiva.
2. Adecuar la línea de instalación, retirando obstáculos.
3. Introducir en los extremos superior e inferior del biorrollo, un cable de poliéster de alta tenacidad y resistente a la intemperie,

para tensionamiento y fijación del mismo.

4. Excavar una zanja de diez (10) a quince centímetros (15 cm) de profundidad siguiendo la línea de instalación previamente seleccionada y marcada.
5. Colocar el biorrollo al interior de la zanja y extenderlo con ayuda de estacas o vigas de madera clavadas en el suelo a una profundidad mayor o igual a cero coma cincuenta metros (0,50 m), asegurándolas alternativamente con pies de amigo. El espaciamiento entre estacas puede variar de un metro (1 m) a tres metros (3 m). Cuando se una un biorrollo con otro, se debe verificar que queden bien asegurados.
6. En el intermedio de los soportes se debe poner un estacón adicional, en donde la

sujeción se debe hacer con grapas industriales de media pulgada (½ pulgada).

7. Clavar las grapas tipo bastón en el intermedio de los estacones (cada uno coma cincuenta metros 1,50 m), en la cara vertical de la zanja realizada, asegurándose de tensionar los biorrollos.
8. Rellenar y compactar con el mismo material proveniente de la excavación, los espacios de la zanja que no fueron ocupados por el biorrollo.
9. Inyectar el biogel en cada biorrollo.

En la Figura 850-3 se resumen las medidas necesarias a considerar para la instalación de los biorrollos.

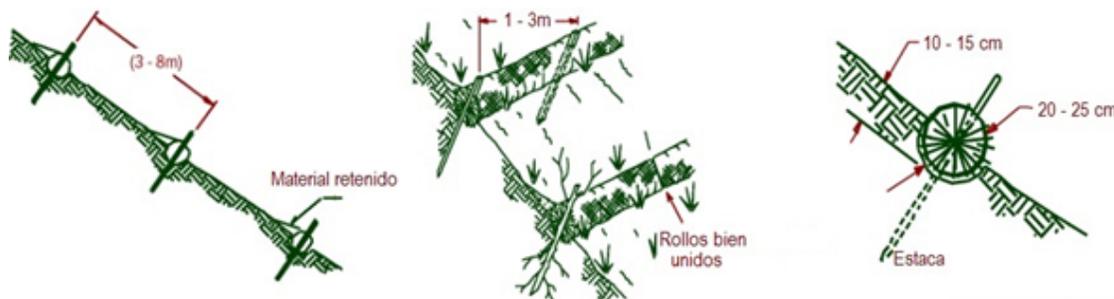


Figura 850-3. Medidas para la instalación de los biorrollos

850.4.2 Biobarreras

Al colocar verticalmente varios biorrollos se obtiene una biobarrera, por tanto, el procedimiento de instalación es similar. Una vez instalado el primer biorrollo en la zanja excavada, se disponen en forma vertical, dos (2) líneas adicionales de estera de biorrollo, los cuales se deben fijar a las estacas clavadas en el suelo y a la malla de retención, mediante tornos de cable de poliéster de alta tenacidad (ver Figura 850-4).

Los postes de madera (estacas) deben ser

hincados en el terreno, siendo establecida la separación entre ellos a partir del largo de las tablas. Una vez fijos y anclados al terreno, se procede a la fijación de las tablas por medio de tornillería.

Posicionada la biobarrera, se procede a cubrir el trasdós de esta con geotextil, con el fin de proteger la madera del material tipo suelo que se ira depositando y reteniendo en esta estructura.



Figura 850-4. Biobarreras

850.4.3 Geobiomallas

Son tiras de un manto retráctil, el cual incluye en su interior un núcleo de sustrato biótico junto a material vegetal de gramíneas y

leguminosas. Dependiendo de la pendiente del terreno, puede también instalarse una malla biaxial. En la Figura 850-5 se observa la instalación de la geobiomalla incluyendo también dicha malla biaxial.



Figura 850-5. Instalación geobiomalla

Primero deben ubicarse todos los materiales en una zona próxima al área de intervención. Dicha zona puede tener cualquier valor de inclinación. Posteriormente se realiza el replanteo del área, seguido de un perfilamiento del talud, buscando que todo el material suelto de la superficie sea retirado. Finalizado el perfilamiento de la ladera o el corete del talud, la ejecución de los trabajos para la instalación de la geobiomalla se debe realizar lo más pronto posible, esto buscando que dicha superficie esté la menor cantidad de tiempo expuesta a

las condiciones ambientales del sitio.

El constructor debe cerciorarse que el terreno a intervenir cuenta con un adecuado encausamiento de aguas superficiales debido a las lluvias que se puedan presentar durante la instalación.

Las tiras del manto retráctil se llenan con un núcleo de material filtrante totalmente orgánico. El lleno y sellado de estas tiras, puede realizarse en el sitio donde van a ser instaladas y

previo a su colocación.

Posteriormente se procede a fijar puntos de anclaje en la parte superior del talud los cuales sirven para posicionar las tiras de la geobiomalla. Dependiendo de la pendiente del talud y las características del suelo, la geobiomalla puede ser sujeta al talud con ganchos de acero cuando este tenga una pendiente menor a treinta y cinco grados (35°) y sea un suelo de consistencia blanda que permita hincar los ganchos. Por el contrario, si el talud tiene una pendiente mayor a treinta y cinco grados (35°) o el suelo es de consistencia dura, la fijación se hace con anclajes y el sistema es complementado con la instalación de una malla biaxial para refuerzo, de tal forma que esté en contacto con la superficie del talud y sobre esta sea instalada el manto que contiene el sustrato orgánico siguiendo el procedimiento de instalación descrito anteriormente. Dicha malla biaxial también se debe fijar desde la corona del talud.

El proceso anteriormente descrito se reproduce con todas las tiras, hasta cubrir toda la superficie sin dejar espacios, garantizando un traslape de al menos diez centímetros (10 cm). Para la unión de las tiras, los operarios deben ir tanto cociéndolas entre sí desde la parte superior hasta la parte inferior del talud, como instalando una hilera de ganchos de acero sobre la franja de traslape. La frecuencia y espaciado de dichos ganchos, no mayor a cincuenta centímetros (50 cm), deben ser establecidos dentro de los documentos del proyecto, aunque siempre garantizando que la instalación de los mismos sea en un ángulo aproximado de treinta grados (30°) con respecto a la superficie del talud y en sentido de la pendiente del mismo.

Con el fin de evitar posibles derrumbes desde la corona del talud, uno de los extremos del rollo de las geobiomallas debe ser enterrado y anclado a una distancia no menor a noventa centímetros (90 cm) del borde de la corona del

talud, mediante la fijación de ganchos al terreno por hincado.

El proceso de anclaje debe realizarse mediante la perforación e instalación de anclajes flexibles de acero con punto de ancla, donde la distribución y longitud de los mismos depende de las características geomecánicas del talud, y por lo tanto deben estar consignadas en los estudios del proyecto.

Al ser un producto que combina elementos biológicos, es necesario que el constructor realice un riego continuo para propiciar la germinación, una vez se dé, requiere un reducido mantenimiento.

El paso a paso para la instalación de las geobiomallas es:

1. Definir y medir el área o sección donde será instalado el sistema.
2. Adecuar el área de instalación, retirando obstáculos.
3. Llenar cada estera de la geobiomalla con el sustrato y hacer el sellado de las mismas.
4. Extender los módulos o tiras de la geobiomalla sobre el talud. Cuando la pendiente o suelo así lo requieran se instalan también la malla biaxial.
5. Clavar las grapas de anclaje cada cincuenta metros (50 m).
6. Inyectar el biogel en cada estera.

850.4.4 Mantos

Es necesario verificar si el suelo del sitio a revegetar posee las condiciones necesarias; es decir, si el talud posee una capa de suelo orgánico que garantice la germinación de las semillas y el sostenimiento de la vegetación a largo plazo. En caso de no ser así, se recomienda la colocación de una capa superficial

de suelo o una biota de suelo certificada y, junto con ella, mezclar los fertilizantes, las semillas y los hidrotenedores necesarios.

Si el suelo posee las condiciones necesarias para la germinación de las semillas, se debe proceder con la preparación de la superficie, tal y como se indica a continuación:

- Remover todas las rocas, raíces, vegetación o cualquier tipo de obstrucción que pueda evitar el contacto del manto con la superficie del suelo.
- Nivelar el área de sembradío de las semillas según el alineamiento y la pendiente establecidos en los documentos del proyecto.
- Preparar el suelo donde se van a sembrar las semillas, escarificando de cincuenta a setenta y cinco milímetros (50 a 75 mm) de profundidad en el área ya preparada.
- Con el fin de evitar derrumbes desde la cima del talud y la infiltración de agua de escorrentía entre el suelo del talud y el manto para control de erosión, el extremo superior del rollo del manto se debe enterrar en una zanja excavada únicamente con dicho propósito, asegurando el manto al extremo superior de la zanja en forma de doble faz y fijándolo al terreno con tres (3) ganchos por metro lineal, para después tapar la zanja. La zanja de anclaje debe ser de quince por quince centímetros (15 x 15 cm) y debe quedar a una distancia entre sesenta y noventa centímetros (60 a 90 cm), medida desde la corona del talud.

Una vez preparada la superficie, el paso a paso para la instalación del manto es el siguiente:

1. Excavar una zanja de treinta por quince centímetros (30 x 15 cm) en la cresta del talud a unos sesenta a noventa

centímetros (60 a 90 cm) del borde, con el fin de anclar el manto.

2. Cubrir la superficie de la zanja con el manto (paso 1), áncelo, coloque el suelo de relleno y compáctelo (paso 2) con el material proveniente de la excavación o según lo indique el interventor. Para mayor claridad de este paso ver la Figura 850-6.
3. Desenrollar el manto hacia abajo del talud traslapando los rollos adyacentes como mínimo diez centímetros (10 cm). Extender el material libremente (sin tensionarlo) manteniendo contacto directo con la superficie del talud o la ladera. En el traslape se coloca una hilera de anclajes separados entre sí a una distancia no mayor a cincuenta centímetros (50 cm).
4. Asegurar el manto al suelo con los elementos de fijación de acuerdo a los requisitos del proyecto. Los elementos tipo gancho en "U", se deben colocar en un ángulo aproximado de treinta grados (30°) con respecto a la superficie del talud y en el sentido de la pendiente. A consideración del interventor o del constructor se pueden usar anclajes de mayores longitudes dependiendo del tipo de suelo e inclinación del talud (Tabla 850-6).
5. Al terminar el rollo ubique el siguiente traslapándolo veinte centímetros (20 cm) y coloque grapas cada treinta centímetros (30 cm).

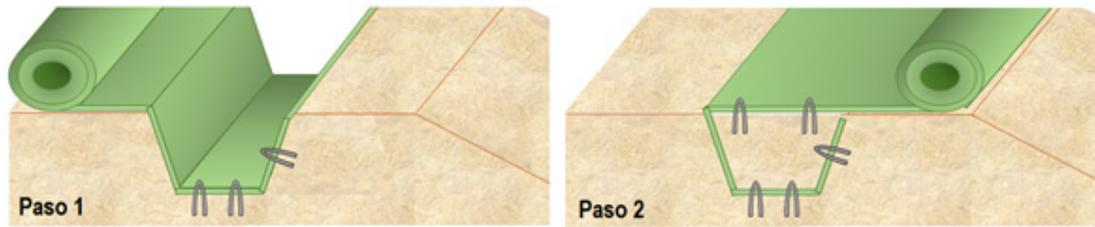


Figura 850–6 Procedimientos 1 y 2 del paso 2 de instalación del manto

A discreción del interventor, se puede rellenar o sembrar en el manto de control de erosión, cuando éste se encuentre diseñado para tal fin. Para lo anterior, se tiene en cuenta lo siguiente:

- Después de sembrar, debe esparcirse sobre el manto de doce a veinte milímetros (12 a 20 mm) de tierra fina para llenarlo completamente, rastrillando ligeramente.
- Esparcir semillas adicionales sobre el manto relleno y regar con agua.
- Se puede usar hidrosiembra controlada.

Si el manto es relleno, no se debe hacer corte a las áreas sembradas antes del establecimiento de una densidad del setenta por ciento (70 %) de la vegetación y con un crecimiento mínimo de las especies de siete coma cinco centímetros (7,5 cm). La altura de corte no debe ser menor de siete coma cinco centímetros (7,5 cm). Durante la etapa de ejecución, el constructor es el responsable por el mantenimiento de la vegetación establecida y debe regar las áreas sembradas tan frecuentemente como sea necesario para ayudar a establecer satisfactoriamente la vegetación y propiciar su crecimiento.

El límite máximo para mantos temporales, en términos de longitud del talud, debe ser establecido en los documentos del proyecto; en general, no debe ser mayor que diez metros (10 m); para longitudes mayores, la aplicación

del manto debe venir acompañada de un diseño especializado. La longitud se refiere a la longitud inclinada del talud, para taludes continuos; cuando el talud presente terrazas, la longitud se refiere a la longitud inclinada entre terrazas.

850.4.5 Hidrosiembra

La hidrosiembra debe realizarse inmediatamente después que cada uno de los cortes o terraplenes esté terminado. Si esto ocurre en época seca se deben realizar riegos periódicos según recomendación del proveedor, con el fin de mantener la humedad adecuada para una buena germinación y la consecuente eficacia de la protección. Si el plazo de ejecución de la obra lo permite y el interventor lo aprueba, la hidrosiembra puede aplazarse para el siguiente período de lluvias.

El paso a paso para ejecutar la hidrosiembra es:

1. Definir el área o sección donde va a ser aplicada la hidrosiembra. En caso de ser necesario, demarque el sitio utilizando cinta de seguridad y conos viales.
2. Inspeccionar el área de aplicación, la cual debe estar libre de todo material contaminante, tales como piedras, trozos de metales, escombros, materiales no orgánicos y cualquier otro material suelto o susceptible de caer sobre la zona que se va a proteger.

3. Si el talud no cuenta con la rugosidad adecuada para la colocación de la protección, esta debe ser mejorada mediante procedimientos de rastrillado paralelo a la horizontal o formación de surcos convenientemente espaciados de acuerdo con la dureza del terreno. Utilizando herramientas manuales, el constructor debe corregir los surcos verticales y otras marcas inconvenientes. Se debe considerar la preparación de surcos horizontales como complemento al escarificado y como una forma de mejorar el desempeño del riego.
4. Una delgada capa de suelo (no mayor a cinco centímetros (5 cm)), puede ser soltada o descompactada con el fin de facilitar el enterramiento de las semillas y el enraizamiento inicial. En caso de que se detecten derrames de material sin compactar, zonas de baja densidad o superficies con excesiva pendiente, no se deben ejecutar trabajos de siembra hasta solucionar las deficiencias del talud. La solución debe ser propuesta por el constructor y ejecutada cuando cuente con la aprobación del interventor.
5. Realizar la proyección hidráulica de manera uniforme sobre la superficie previamente definida.

Se debe tratar de conservar la vegetación espontánea que pueda existir en el talud, salvo que sea perjudicial para la colocación de la protección específica. En caso de que se requiera, el corte se realiza cuando la altura de la vegetación alcance o sobrepase los treinta centímetros (30 cm). Los residuos vegetales del corte deben retirarse cuando constituyan una capa perjudicial para la buena colocación de la hidrosiembra.

Los taludes intervenidos deben tener un adecuado encauce de las aguas, debido a las

lluvias que se pueden presentar durante la instalación y que pueden causar daños al trabajo, los cuales, en caso de que se produzcan, deben ser reparados por el constructor, sin costo adicional para la entidad.

La hidrosiembra debe aportar en una o dos pasadas, todos los elementos al suelo: semillas, fertilizantes, hidromulch y adherente. El riego de instalación se debe hacer uniformemente en toda la superficie. La dosificación de la boquilla debe ser del tipo lluvia fina para no producir daños o erosión.

Un buen resultado depende de que no llueva entre el término de la preparación del suelo y el inicio de la hidrosiembra. Si la lluvia ocurre, se debe repetir el proceso.

850.4.5.1 Trasplante de césped

Sobre la superficie preparada se aplica fertilizante del tipo y en la cantidad que lo indiquen los documentos del proyecto. A continuación, se extienden los bloques de césped haciéndolos casar en la mejor forma posible, evitando traslapos y vacíos y buscando que los extremos del área empradizada empalmen armónicamente con el terreno natural adyacente.

En las uniones de los bloques se coloca tierra orgánica. Una vez plantada la superficie, se debe regar de manera abundante y, en lo sucesivo, diariamente sin limitación o de acuerdo a las indicaciones del interventor. Debe apisonarse con frecuencia con un cilindro manual, con el fin de emparejar la superficie y detectar irregularidades, las cuales deben ser corregidas por el constructor, a satisfacción del interventor. Los bloques de césped deben cumplir con condiciones fitosanitarias según Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) para que no genere propagación de plagas ni enfermedades en los diversos nichos ambientales del proyecto.

850.4.5.2 Protección con tierra orgánica (material de descapote)

Luego de la fase de preparación de la superficie, se esparce en forma uniforme el suelo de descapote produciendo una cobertura de diez a veinte centímetros (10 a 20 cm) de espesor en zonas planas, según se señale en los documentos del proyecto, sobre los taludes por proteger. Este proceso se realiza manualmente.

El nivel de fertilización depende de un análisis agronómico del suelo del terreno, el cual se debe realizar antes de la puesta en marcha del proyecto. Si en el proyecto no se ha especificado el tipo de fertilizante, el constructor lo selecciona a través de su especialista. Este fertilizante debe contar con la aprobación del interventor.

El tratamiento con tierra orgánica se debe emplear, de preferencia, en la protección de zonas planas.

850.4.5.3 Fertilización

Se debe considerar al menos una fertilización principal y una de mantenimiento. La fertilización principal se realiza junto con la siembra de la superficie. Los materiales y las dosificaciones se señalan en los documentos del proyecto.

Durante el proceso de crecimiento, se completa la fertilización según se establezca en los documentos del proyecto, verificando su adaptabilidad en el sitio de los trabajos y en caso de requerirse ajustes se debe contar con la aprobación del interventor. Los niveles anteriores serán considerados como mínimos. Las fertilizaciones se pueden realizar en conjunto con los riegos de agua.

850.4.5.4 Riego y conservación

El riego se realiza exclusivamente por el método de aspersión u otro similar, siempre que resulte en forma de lluvia fina.

El riego se aplica a partir del día siguiente de la colocación de la protección y no hay límite en cuanto a su frecuencia. Solamente se debe cuidar de no provocar escurrimiento superficial, para lo cual se deben efectuar pasadas rápidas, lanzando el agua desde prudente distancia y hacia arriba, de forma tal que las gotas pierdan su energía.

De preferencia, hacer el riego temprano en la mañana y al atardecer teniendo en cuenta las condiciones agroclimáticas de cada zona.

La frecuencia de los riegos depende de las condiciones climáticas y del estado de la cubierta vegetal y debe ser suficiente para asegurar, junto con las fertilizaciones, que durante todo el proceso se presenten los niveles adecuados de germinación y desarrollo de las plantas.

Adicionalmente, se requiere de poda en caso que la vegetación sobrepase la corona de la vía, obstruya algún dispositivo de drenaje o impida una adecuada visibilidad en la vía. Esta actividad se realiza siempre que sea necesario, a juicio del interventor, y en forma permanente hasta el recibo definitivo de los trabajos.

850.4.6 Anclajes

El constructor debe suministrar todos los elementos necesarios, con las dimensiones y características adecuadas, para la correcta instalación de los anclajes. Todas las partes constitutivas del anclaje, sin excepción, deben ser almacenadas y manipuladas en ambientes limpios y secos, cuidando de no causar deterioros, golpes, torceduras o curvaturas excesivas a los elementos, lo cual es causa de rechazo del anclaje.

Los taludes y zonas de anclaje previas a la instalación deben cumplir con las recomendaciones del diseñador en cuanto a estabilidad interna, estabilidad general, nivel de consolidación y nivel de compactación. Se recomienda hacer pruebas de anclajes con anterioridad y corroborar el proceso constructivo conforme al diseño.

El paso a paso para la instalación de los anclajes es el siguiente:

1. Definir el equipo necesario para la instalación y la cantidad necesaria de anclajes, según recomendaciones del diseñador o a partir de pruebas previas de corroboración del proceso constructivo.
2. Medir y marcar con un aerosol de color que resalte sobre el elemento que se requiere anclar: manto de control de erosión, malla biaxial, malla metálica, etc. esto ayudará a identificar claramente el patrón de anclaje y la separación horizontal y vertical.
3. Insertar de manera adecuada la varilla de hincado dentro del encastre del ancla, coloque la varilla perpendicular al plano del talud. Se debe usar la varilla de la longitud, dureza y encastre de acuerdo con el anclaje, para guiar y profundizar el ancla dentro del suelo, hasta la longitud definida en el diseño (ver Figura (a) de la Figura 850–7. Pasos para la instalación del anclaje).
4. La varilla debe ser introducida dentro del suelo del talud mediante el uso de un martillo percutor o en caso de ser hincada dentro de un suelo blando puede hacerse mediante el uso de maseta. Para suelos muy compactos, consolidados o con presencia de detritos o cabezas duras, se recomienda hacer una perforación previa por donde posteriormente se introduce la varilla de hincado (ver Figura (b) de la Figura 850–7 Pasos para la instalación del anclaje).
5. Una vez el ancla ha sobrepasado la profundidad de diseño, remueva la varilla de hincado usando el gato de extracción, en suelos blandos la varilla puede ser extraída de forma manual (ver Figura (c) de la Figura 850–7 Pasos para la instalación del anclaje).
6. Tensionar el cable de acero usando la pinza de tensión o en su defecto nuevamente el gato de extracción hasta que el ancla gire, quede bien empotrado y en posición de trabajo (ver Figura (d) de la Figura 850–7 Pasos para la instalación del anclaje).
7. Poner en posición el equipo adecuado de aplicación de carga sobre el plato del sistema de anclaje, aplicar tensión sobre el cable de acero y asentar bien el plato sobre la estructura de protección y el terreno.
8. Cortar el exceso de cable que sobresale del plato, no se debe cortar a ras, dejar que sobresalga del plato al menos cinco milímetros (5 mm). Se deben dejar anclajes con cables completos si se requiere realizar ensayos por muestreo de la resistencia de trabajo de los anclajes instalados (ver Figura 850–7. Pasos para la instalación del anclaje).

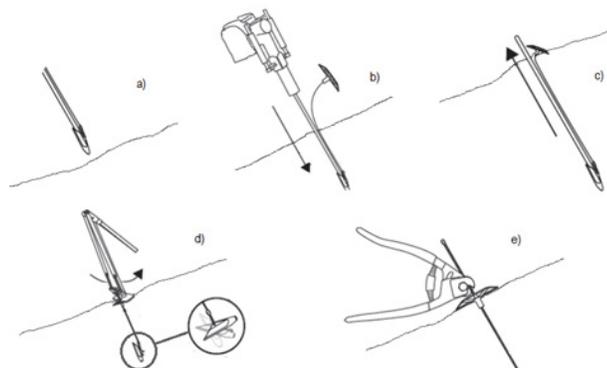


Figura 850-7. Pasos para la instalación del anclaje

850.4.7 Sistema compuesto para control de erosión

Este sistema al ser una solución multimaterial, presenta diferentes configuraciones dependiendo de las características de la zona a proteger.

Zonas con presencia de materiales principalmente arenosos y bajo contenido de finos y sin contenido de materiales superiores a cuatro pulgadas (4 pulgadas) de diámetro, son tratados inicialmente con la colocación de un geotextil no tejido en polipropileno, como elemento de filtro y control de pérdida por arrastre hidráulico de las partículas tamaño arena.

Este geotextil va recubierto y protegido con un manto de control de erosión permanente en polipropileno, el cual genera una protección ante los rayos UV para el geotextil y un refuerzo para la vegetación que crezca posteriormente en la zona tratada.

La selección del geotextil no tejido depende de la granulometría del material de la zona, en la Tabla 850-10 se presentan las propiedades de los geotextiles no tejidos recomendados para granulometrías de arenas finas, medias y gruesas.

por un ingeniero especialista y autorizados por el interventor antes de la ejecución.

Tabla 850-10. Porcentajes mínimos de cobertura de áreas tratadas con hidrosiembra para el recibo de los trabajos

Propiedad	Granulometría	Fina	Media	Gruesa
	Norma de ensayo	Requisito		
Permitividad, valor mínimo (s-1). (Nota 1)	ASTM D4491	1,4	2,0	2,2
Tamaño de abertura aparente (TAA), valor máximo (mm). (Nota 2)	ASTM D4751	0,106	0,150	0,150
Estabilidad ultravioleta después de 500 h de exposición, valor mínimo (%)	ASTM D4355	50	50	50

Notas:
 Nota 1: La permitividad del geotextil deberá ser mayor que la permitividad del suelo ($\psi_g > \psi_s$).
 Nota 2: El valor del tamaño de abertura aparente (TAA) representa el valor máximo promedio por rollo.

Las zonas donde se tenga material matriz soportado, con presencia de partículas de diámetros superiores a cuatro pulgadas (4 pulgadas) requieren el refuerzo de la primera configuración con mallas de retención, las cuales pueden ser mallas biaxiales coextruidas o mallas metálicas.

El tipo de malla de refuerzo depende del tamaño de los clastos a retener, donde materiales entre cuatro pulgadas (4 pulgadas) y diez pulgadas (10 pulgadas) pueden ser retenidos con mallas plásticas coextruidas y materiales con tamaños desde ocho pulgadas (8 pulgadas) en adelante deben ser retenidos con mallas metálicas.

Para la alternativa de utilización de la configuración sin geotextil no tejido, donde solo se requiere la utilización del manto de control de erosión permanente en polipropileno y el refuerzo con malla, se debe tener un terreno principalmente de roca meteorizada, donde la presencia de material tipo arena y materiales finos es escasa.

Antes de iniciar la instalación del sistema, es importante garantizar la estabilidad geotécnica de los taludes. Es necesario verificar si el suelo del sitio a proteger posee las condiciones necesarias para el buen establecimiento de la vegetación, en caso contrario, se recomienda la colocación de una capa de suelo con fertilizantes, semillas e hidro-retenedores.

En el caso que no se pueda realizar la zanja en la corona para la fijación del manto y la malla, es necesario hacer un doblez hacia dentro de máximo cincuenta centímetros (50 cm) e instalar anclajes continuos con el fin de garantizar una completa adherencia del sistema a la superficie, de esta manera se evita el ingreso de agua por debajo de los materiales.

No se debe permitir operar equipos con orugas ni que se realicen maniobras sobre los mantos. Si existe la condición de suelo húmedo o

suelto, evite cualquier tipo de tráfico sobre el manto. No coloque ningún tipo de cobertura en los lugares ya preparados para los mantos. A discreción del diseñador se puede modificar la frecuencia de anclaje.

Se recomienda mezclar varios tipos de semillas características de la zona. Los métodos alternos de instalación deben ser aprobados por un ingeniero especialista y autorizados por el interventor antes de la ejecución.

El proceso de instalación general del sistema compuesto para el control de erosión es el siguiente:

1. Limpiar y descapotar el talud donde se va a instalar el manto, este se debe encontrar libre de todos los elementos que puedan dañarlo, tales como raíces, piedras o cualquier otro elemento que genere el punzonamiento del mismo.
2. Perforar las ubicaciones de los pernos de anclaje de la malla metálica, realizando la colocación de los pernos y llenado de las perforaciones con lechada o epóxico para la fijación del anclaje. En caso de ser anclajes activos, su instalación es bastante sencilla, basta usar una máquina de anclajes.
3. Excavar una zanja de treinta por quince centímetros (30 x 15 cm) en la cresta, a unos sesenta a noventa centímetros (60 a 90 cm) del borde con el fin de fijar el geotextil no tejido y el manto, y evitar el ingreso de agua de escorrentía por debajo del sistema. Se recomienda hacer la excavación antes de colocar el manto para no disminuir el rendimiento de instalación. Los traslajos deben hacerse en el sentido del flujo.
4. Cubra la superficie de la zanja con el manto (paso 1), y posteriormente coloque

el geotextil no tejido, áncelos, coloque el suelo de relleno y compáctelo (paso 2).

5. En caso de que sea necesario, coloque lodo fertilizado junto con las semillas seleccionadas en toda la superficie del canal o talud y posteriormente el geotextil sin que este quede arrugado o tensionado. Para seleccionar el tipo de geotextil a utilizar, se debe considerar el material de la zona a proteger. El geotextil debe ser traslapado mínimo treinta centímetros (30 cm) o cosido para mejor comportamiento. En canales de alta pendiente se recomienda traslapar mínimo sesenta centímetros (60 cm) y utilizar un Triac para sellar por temperatura el geotextil no tejido entre sí, también se recomienda colocar un geotextil de sacrificio en la parte baja de los canales con el fin de tener un factor de seguridad adicional.
6. Encima del geotextil, desenrollar la malla por el talud. La malla debe ser traslapada y unida mediante alambre o cable de acero galvanizado de dos coma dos milímetros (2,2 mm), este alambre se debe enredar alrededor de las mallas a unir. Los traslapes se deben complementar con pines o varillas cada veintiséis centímetros (26 cm) a lo largo de todo el traslapo, colocándolos siempre en la mitad de los anclajes activos garantizando que una los mantos. El traslapo de la malla también debe realizarse conforme al flujo. En lugar de la malla también puede ser colocado un manto, el cual se asegura con grapas en forma de U o en forma de siete (7) (según criterio del diseñador). En este caso, el traslapo entre rollos adyacentes es como mínimo siete coma cinco centímetros (7,5 cm) y se debe grapar cada cuarenta y cinco centímetros (45 cm), en cuanto que el traslapo una vez finalizado el rollo, es de veinte centímetros (20 cm) grapado cada cuarenta y cinco centímetros (45 cm). Otro tipo de configuración incluye además del

geotextil, tanto el manto como la malla, siendo instalado primero el geotextil, luego el manto y por último la malla.

7. En los puntos donde se encuentren los pernos instalados con anterioridad, se debe realizar un corte cuidadoso de los materiales, para realizar el paso de los pernos, los cuales serán el sistema de anclaje de la malla metálica. No se debe presionar el geotextil y el manto contra los pernos para generar una perforación de los materiales por donde pase el perno, puesto que esto causa daños y deformaciones perjudiciales para el funcionamiento y durabilidad del sistema.
8. El anclaje también puede realizarse con pines poliméricos y anclajes tipo B1. Los pines poliméricos presentan una arandela en polipropileno unida al pin en policarbonato. Son hincados en el terreno apriando el manto y el geotextil contra la superficie del suelo generando así una adhesión efectiva. Los anclajes activos son introducidos en el terreno con una varilla, para luego tensionar el cable de acero, provocando que el plato de carga gire, generando con ello una resistencia de anclaje.
9. Para cada proyecto se debe realizar una modulación de los geopines y de los anclajes activos con el fin de cumplir con las cuantías por metro cuadrado (m²).

850.4.8 Limitaciones, reparación, mantenimiento en la ejecución de los trabajos

Todas las actividades deben ser realizadas en condiciones óptimas de luz solar y preferencialmente en tiempo seco. En el caso de requerir realizar trabajos en horas pico de tránsito de público, el interventor puede autorizar la realización de trabajo en horas de

oscuridad, siempre y cuando el constructor pueda garantizar el suministro y operación de sistemas de iluminación artificial adecuados para desarrollar las actividades. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra, el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

Todas las áreas donde se presente erosión o desprendimiento de los materiales instalados antes de la aceptación definitiva de los trabajos, deben ser reparadas por el constructor sin costo adicional a la entidad. Dentro de dichas labores de reparación pueden incluirse según el daño, la sustitución de los elementos.

Durante el periodo anterior a la fecha de entrega, el constructor debe proveer un mantenimiento continuo a los elementos instalados, procurando regar con la frecuencia adecuada, aquellos que cuentan con material vegetal, considerando tanto las condiciones propias de la zona, como las especies de vegetación que se promueven, esto para su arraigo, germinación y crecimiento.

Todas las labores de instalación de elementos comprendidos en la presente especificación, deben ser realizadas teniendo en cuenta lo establecido en el artículo 106 del INVIAS, así como los estudios previos, evaluaciones ambientales y disposiciones ambientales vigentes sobre la conservación del medio ambiente y conservación de los recursos naturales.

En el caso específico de la hidrosiembra, se debe poner especial cuidado a los insumos, fertilizantes e insecticidas utilizados, y al tratamiento de las zonas de las cuales se extraigan los bloques de césped cuando se vaya a emplear este sistema de protección. No se acepta el uso de especies transgénicas sin aprobación del interventor y sin la autorización de las autoridades ambientales competentes.

850.4.9. Manejo ambiental

Este tipo de procesos constructivos se caracteriza por utilizar materiales biodegradables, por lo cual se consideran impactos ambientales son mínimos o nulos. Sin embargo, cualquier procedimiento que se requiera para el diseño, locación y ejecución de trabajos y/o entrega y abandono de obras; debe tener en cuenta lo expuesto en el artículo 106, Aspectos ambientales.

850.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

El interventor y el constructor, deben adelantar controles de verificación del cumplimiento de las especificaciones de los materiales utilizados, procesos y cumplimiento de diseños, tales como:

- Verificar el cumplimiento de las especificaciones y requisitos de calidad de los materiales.
- Realizar seguimiento y comprobación de los trabajos según las especificaciones del presente documento y los diseños propuestos en el área de intervención.
- Cumplir las medidas ambientales y de seguridad y salud en el trabajo.
- El constructor debe efectuar un mantenimiento adecuado del área protegida hasta su recibo definitivo.
- Adicionalmente, en el caso específico de los anclajes, verificar que se hayan efectuado los ensayos de control necesarios a partir de ensayos de capacidad en campo; supervisar la correcta aplicación del método previamente aceptado para el proceso de instalación.

Se deben tener los certificados de calidad

expedidos por laboratorios del fabricante del geotextil que garanticen el cumplimiento de las normas nacionales e internacionales de obligatorio cumplimiento para el material.

Queda a disposición del interventor la realización de pruebas adicionales de laboratorio para la verificación de la calidad del material a trabajar, siempre y cuando estos estudios sean certificados por laboratorios reconocidos que se rijan bajo las normas INVIAS, NTC o ASTM.

Las obras no deben ser recibidas antes que se verifique por parte del interventor que se produzca un arraigo y germinación del material vegetal. El constructor puede realizar las labores que crea pertinentes de riego y mantenimiento con el fin de ayudar al establecimiento del material biótico de los elementos instalados.

En la Tabla 850-11 se presentan los porcentajes mínimos de cobertura de áreas tratadas con hidrosiembra para el recibo de los trabajos.

Tabla 850-11. Porcentajes mínimos de cobertura de áreas tratadas con hidrosiembra para el recibo de los trabajos

Área tratada	Cobertura mínima (Nota 1)
Zona plana	>90%
3H:1V	>85%
2H:1V	>80%
1H:1V	>70%
H:1V	>60%
> 0,5H:1V	>50%

Nota 1: Esta tabla y sus valores de cobertura no aplican en taludes rocosos

En el caso de los mantos permanentes, el constructor debe presentar como documentos esenciales, los siguientes certificados de garantía:

- Acreditación GAI – LAP de todas las propiedades ensayadas de características físicas y mecánicas del manto de control de erosión.
- Certificado ISO 9001 versión 2000 para el sistema de aseguramiento de calidad, en la fabricación de mantos de control de erosión.

Nota: Estos documentos son requisitos insubsanables.

Terminada la obra, el constructor debe retirar del lugar todos los excedentes de material y equipos empleados. En cuanto a los desperdicios, estos deben ser transportados y dispuestos en lugares apropiados a plena satisfacción del interventor.

850.6 Medida

Las unidades de medidas establecidas para los diferentes sistemas son:

- Área medida en metros cuadrados (m²) para la geobiomalla, los mantos, la hidrosiembra y el sistema compuesto para el control de erosión.

- Longitud en metros (m) para los sistemas biorrollo y biobarrera.
- Unidad (u) para los anclajes.

850.7 Forma de pago

El pago debe hacerse al respectivo precio unitario, teniendo en cuenta las unidades establecidas y las dimensiones según planos en planta del proyecto.

El precio debe cubrir el uso de herramienta menor, materiales utilizados, el aporte de mano de obra para realizar las actividades, todos los costos de preparación de la superficie existente, salvo que dicha labor forme parte de otra partida de trabajo del mismo contrato; la compactación o escarificación de la superficie tratada, cuando corresponda; el suministro en el lugar y la instalación de todos los materiales requeridos, la excavación y el relleno de las zanjas requeridas; en el caso de los anclajes, la perforación en caso de requerirse y el tensionamiento de los mismos; el suministro del agua y aplicación del riego periódico del área tratada, la poda periódica cuando se requiera, el suministro y la aplicación de fertilizantes, insecticidas y demás materiales requeridos para la conservación del área protegida hasta su recibo definitivo.

El precio unitario debe considerar la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor y peatonal durante la ejecución de los trabajos y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

No se va a pagar el retiro y reemplazo de los anclajes que no hayan cumplido totalmente y a plena satisfacción del interventor, las pruebas de calidad.

En todos los casos, el precio unitario debe incluir la administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

850.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
850.1	Suministro e instalación biorrollo $\varnothing=18\text{cm}$ revegetado tipo filter drench o similar, para control de erosión y disminución de energía del flujo en áreas de escorrentía	Metro (m)
850.2	Suministro e instalación de biobarreras de amortiguamiento filter drench o similar con fines de control de erosión, sedimentación, filtrado del flujo de escorrentía y remediación	Metro (m)
850.3	Sistema para protección, revegetar, control de erosión y estabilización superficial de taludes y laderas con geobiomalla	Metro cuadrado (m ²)
850.4	Suministro e instalación sistema de geobioestabilización combinado para control de erosión, revegetar y estabilización de taludes. Incluye geobiomalla o similar y malla biaxial 50 kN/m, anclada y arriostrada	Metro cuadrado (m ²)
850.5	Protección de taludes con manto del tipo 1A	Metro cuadrado (m ²)
850.6	Protección de taludes con manto del tipo 1B	Metro cuadrado (m ²)
850.7	Protección de taludes con manto del tipo 2A	Metro cuadrado (m ²)
850.8	Protección de taludes con manto del tipo 2B	Metro cuadrado (m ²)
850.9	Protección de taludes con manto del tipo 2C	Metro cúbico (m ³)
850.10	Protección de taludes con manto del tipo 2D	Metro cuadrado (m ²)
850.11	Protección vegetal con bloques de césped	Metro cuadrado (m ²)
850.12	Protección vegetal con tierra orgánica	Metro cuadrado (m ²)

Ítem	Descripción	Unidad
850.13	Protección vegetal con hidrosiembra controlada para pendientes mayores de 60°	Metro cuadrado (m ²)
850.14	Protección vegetal con hidrosiembra controlada para pendientes menores de 60°	Metro cuadrado (m ²)
850.15	Mantenimiento y riegos adicionales para protección vegetal	Metro cuadrado (m ²)
850.16	Anclaje superficial tipo guaya hincados por percusión	Unidad (u)
850.17	Manto para Control de Erosión	Metro cuadrado (m ²)
850.18	Geotextil no tejido	Metro cuadrado (m ²)
850.19	Malla metálica	Metro cuadrado (m ²)