

ARTÍCULO 811 - 07

PRODUCTOS ENROLLADOS PARA CONTROL DE EROSIÓN

811.1 DESCRIPCIÓN

Esta especificación se refiere al uso e instalación de sistemas para control de erosión que faciliten el establecimiento de la vegetación natural en taludes o laderas geotécnicamente estables, con el objetivo de controlar el proceso erosivo. Considera la instalación de productos enrollados para control de erosión (PECE).

811.1.1 Definiciones

Producto enrollado para control de erosión (PECE). Es un material temporal o permanente fabricado en rollos y diseñado para reducir la erosión del suelo y ayudar en el crecimiento, asentamiento y protección de la vegetación. Los productos enrollados para control de erosión podrán tener el carácter de temporales o permanentes.

Producto enrollado para control de erosión temporal. Para aplicaciones donde la vegetación natural (por sí sola) provee suficiente protección contra la erosión. Los productos que se utilizan en estos casos tienen la duración y las propiedades necesarias para establecer la vegetación a corto plazo bajo las condiciones naturales del sitio.

Producto enrollado para control de erosión permanente. Para aplicaciones donde la vegetación natural (por sí sola) no es suficiente para resistir las condiciones de flujo y no provee la protección suficiente para la erosión a largo plazo. Los productos que se emplean en estos casos tienen las propiedades necesarias para reforzar la vegetación bajo las condiciones del sitio a largo plazo.

Los productos enrollados para control de erosión podrán ser de los siguientes tipos:

- Textil de tejido abierto (TTA): Es un PECE temporal integrado por hilos naturales o sintéticos, tejidos dentro de una matriz bidimensional, utilizados para brindar control de erosión y facilitar el establecimiento de la vegetación.
- Mantos para control de erosión (MCE): Es un PECE temporal, degradable, compuesto de fibras naturales o sintéticas unidas mecánica, estructural o químicamente para formar una matriz continua que provee control de erosión y facilita el establecimiento de vegetación.
- Mantos para refuerzo de la vegetación (MRV): Es un PECE permanente a largo plazo, compuestos por fibras sintéticas no degradables estabilizadas UV, hilos y/o filamentos procesados en matrices de refuerzo tridimensionales diseñadas para aplicaciones hidráulicas críticas en donde las descargas proyectadas excedan las velocidades y esfuerzos cortantes soportados por la vegetación natural. Los MRV deben tener el espesor, resistencia y vacíos suficientes para permitir retener partículas de suelo y permitir el desarrollo de la vegetación a través de la matriz.

811.2 MATERIALES

811.2.1 Productos enrollados para control de erosión temporales

Los productos enrollados para control de erosión temporales, que podrán suministrarse, se indican en la Tabla 811.1. La descripción y el campo de utilización de los productos especificados se indica a continuación.

- Tipo 1A. Red para control de paja de ultra rápida degradación. Provee una red para controlar la paja consistente en una malla sintética fotodegradable de rápida degradación o una red tejida de fibras naturales biodegradable con una longevidad funcional típica de tres (3) meses y diseñada para uso en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones hasta de 5H : 1V.
- Tipo 1B. Manto para control de erosión sin red de ultra rápida degradación. Proveen un manto para control de erosión compuesto de fibras sintéticas o naturales de rápida degradación, trabadas mecánicamente o adheridas químicamente para formar una matriz continua con una longevidad funcional típica de tres (3) meses y diseñada para usarse en taludes y laderas geotécnicamente estables con inclinaciones hasta de 4H : 1V.
- Tipo 1C. Textil de tejido abierto y mantos para control de erosión de red simple y ultra rápida degradación. Podrá ser uno cualquiera de los siguientes materiales: (1) Manto para control de erosión compuesto de fibras naturales o sintéticas degradables mecánicamente unidas por una red de fibras naturales o sintéticas de rápida degradación para formar una matriz continua; o (2) Un textil de tejido abierto compuesto de hilos poliméricos o naturales de rápida degradación formando una matriz continua. El material deberá tener una longevidad funcional típica de tres (3) meses y estará diseñado para ser utilizado en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones hasta de 3H : 1V.
- Tipo 1D. Manto para control de erosión de red doble y ultra rápida degradación. Provee un manto para control de erosión compuesto de fibras naturales o sintéticas mecánicamente unidas entre dos redes de fibras naturales o sintéticas de rápida degradación formando un matriz continua, con una longevidad funcional típica de tres (3) meses y diseñado para ser utilizado en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones de hasta 2H : 1V.
- Tipo 2A. Red para control de paja de corto plazo. Provee una red para control de paja consistente en una red sintética fotodegradable o una red tejida de fibras naturales biodegradables con una longevidad funcional típica de doce (12) meses y diseñada para ser utilizado en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones hasta de 5H : 1V.
- Tipo 2B. Manto para control de erosión de corto plazo sin red: Provee un manto para control de erosión compuesto por fibras naturales o sintéticas degradables trabadas mecánicamente o adheridas químicamente para formar una matriz continua con una longevidad funcional típica de doce (12) meses y diseñada para ser utilizado en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones hasta de 4H:1V.
- Tipo 2C. Textil de tejido abierto o manto para control de erosión de red simple de corta duración. Se deberá suministrar uno de los dos materiales que se presentan a continuación: (1) un manto para control de erosión compuesto por fibras degradables naturales o sintéticas procesadas mecánicamente para mantenerlas unidas por una red simple sintética degradable o de fibras naturales para formar una matriz continua. (2) Un textil de tejido abierto compuesto

por hilos naturales o poliméricos en una matriz continua. El material deberá tener una longevidad funcional típica de doce (12) meses y estar diseñado para trabajar en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones inferiores a 3H:1V.

- Tipo 2D. Manto para control de erosión de red doble de corta duración. Se deberá suministrar un manto para control de erosión compuesto por fibras degradables naturales o sintéticas procesadas mecánicamente para mantenerlas unidas entre dos redes sintéticas degradables o de fibras naturales para formar una matriz continua con una longevidad funcional típica de doce (12) meses y estar diseñado para trabajar en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones inferiores a 2H:1V.
- Tipo 3A. Red para control de paja de plazo extendido. Provee una red para control de paja consistente en una red sintética de degradación lenta o una red tejida de fibras naturales con una longevidad funcional típica de veinticuatro (24) meses y diseñada para ser utilizada en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones hasta de 5H 1V.
- Tipo 3B. Textil de tejido abierto o manto para control de erosión de plazo extendido: Se deberá suministrar uno de los dos materiales que se presentan a continuación: (1) un manto para control de erosión compuesto por fibras de degradación lenta, naturales o sintéticas procesadas mecánicamente para mantenerlas unidas entre dos redes sintéticas de degradación lenta o de fibras naturales para formar una matriz continua. (2) Un textil de tejido abierto compuesto por hilos naturales o poliméricos de degradación lenta en una matriz continua. El material deberá tener una longevidad funcional típica de veinticuatro (24) meses y estar diseñado para trabajar en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones inferiores a 1,5H:1V.
- Tipo 4. Textil de tejido abierto o manto para control de erosión de largo plazo. Se deberá suministrar uno de los dos materiales que se presentan a continuación: (1) un manto para control de erosión compuesto por fibras de degradación lenta, naturales o sintéticas procesadas mecánicamente para mantenerlas unidas entre dos redes sintéticas de degradación lenta o de fibras naturales para formar una matriz continua. (2) Un textil de tejido abierto compuesto por hilos naturales o poliméricos de degradación lenta en una matriz continua. El material deberá tener una longevidad funcional típica de treinta y seis (36) meses y estar diseñado para trabajar en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones de hasta 1H:1V.

811.2.2 Productos enrollados para control de erosión permanentes

Los productos enrollados para control de erosión permanentes, que podrán suministrarse, se indican en la Tabla 811.2. La descripción y el campo de utilización de los productos especificados se indica a continuación.

- Tipo 5A. Manto para refuerzo de la vegetación permanente. Se deberá suministrar un manto no degradable para refuerzo de césped con suficiente espesor, resistencia y espacios vacíos para una permanente protección de erosión y refuerzo de vegetación en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones no superiores a 0,5H:1V.
- Tipo 5B. Manto para refuerzo de la vegetación permanente. Se deberá suministrar un manto no degradable para refuerzo de césped con suficiente espesor, resistencia y espacios vacíos para una permanente protección de erosión y refuerzo de vegetación en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones no superiores a 0,5H:1V.

Tabla 811.1
Especificaciones de los productos enrollados para control de erosión

PROPIEDAD	TIPO DE PRODUCTO PARA CONTROL DE EROSIÓN										MÉTODO DE ENSAYO	
	1A (1)	1B	1C	1D	2A (2)	2B	2C	2D	3A (1)	3B		4
Longevidad funcional (meses) (2)	3	3	3	3	12	12	12	12	12	24	36	NA
Resistencia a tensión mínima (3) (KN/m)	0.073	0.073	0.73	1.09	0.073	0.73	0.73	1.09	0.36	1.45	1.82	ASTM D4595
Máximo valor del factor C (4)	0.10 a 5H: 1V	0.10 a 4H:1V	0.15 a 3H:1V	0.20 a 2H:1V	0.10 a 5H:1V	0.10 a 4H:1V	0.15 a 3H:1V	0.20 a 2H:1V	0.10 a 5H1V	0.25 a 1,5H1V	0.25 a 1H:1V	ASTM D6459 u otros ensayos independientes (7)
Mínimo esfuerzo cortante permisible (5)(6) (Pa)	12	24	72	84	12	24	72	84	12	96	108	ASTM D6460 u otros ensayos independientes (7)

(1) La obtención del máximo factor "C" y resistencia al corte permisible se llevará a cabo en conjunto con la paja preaplicado.

(2) La longevidad funcional es solo una guía. La longevidad funcional podrá variar de acuerdo a las condiciones climáticas y microbiológicas del sitio del proyecto.

(3) Los valores numéricos de la Tabla corresponden a valores VMPP en la dirección principal. Indican el Valor Mínimo Promedio por Rollo, calculado como el valor típico menos dos veces la desviación estándar. Estadísticamente, corresponde al 97.7% de probabilidad de confianza, es decir, cualquier muestra tomada durante una prueba de garantía de calidad, excederá el valor divulgado.

(4) Factor "C" calculado como la tasa de pérdida de suelo con un manto para control de erosión que esté protegiendo un suelo con respecto a la tasa de la pérdida de suelo sin protección modelado en un ensayo a gran escala. Estos valores se obtienen a partir de pruebas de desempeño de los productos a pequeña escala utilizando los criterios del método 2 de la ECTC "Erosion Control Technology Council".

(5) La resistencia mínima a esfuerzos cortantes que podrá soportar el producto (sin vegetación) sin tener daño físico o con pérdida de suelo mayor a 12.7 milímetros uniformes a lo largo de la superficie durante una prueba de flujo por 30 minutos en una prueba a escala real. Esta prueba se deberá realizar de acuerdo a los criterios del método 3 del ECTC.

(6) Los niveles de esfuerzo cortante permisibles se establecen para cada categoría con base en experiencias históricas con productos categorizados por el coeficiente de rugosidad de Manning en un rango de 0.01 a 0.05.

(7) Otros métodos de ensayo con pruebas a gran escala pueden ser aceptados.

(8) El límite máximo en términos de longitud del talud para mantos temporales es de quince (15) metros, para longitudes mayores la aplicación del manto deberá venir acompañada de un diseño especializado. Longitud se refiere a la longitud inclinada del talud, cuando el talud presente terrazas la longitud se refiere a la longitud inclinada entre terrazas. En este caso de debe seleccionar un MCV.

- Tipo 5C. Manto para refuerzo de la vegetación permanente. Se deberá suministrar un manto no degradable para refuerzo de césped con suficiente espesor, resistencia y espacios vacíos para una permanente protección de erosión y refuerzo de vegetación en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones no superiores a 0,5H:1V.
- Tipo 5D. Manto para refuerzo de la vegetación permanente. Se deberá suministrar un manto no degradable, ciento por ciento (100%) constituido por fibras sintéticas, para refuerzo de la vegetación con suficiente espesor, resistencia y espacios vacíos para una permanente protección de erosión y refuerzo de vegetación en taludes o laderas geotécnicamente estables. Esta categoría debe ser usada especialmente cuando en el sitio existen condiciones con cargas altas y/o requerimientos de supervivencia altos, para cualquier inclinación de talud, incluso para inclinaciones mayores a 0,5H:1V.

Tabla 811.2
Mantos para refuerzo de la vegetación MRV

PROPIEDADES (1)	TIPO DE PRODUCTO ENROLLADO PARA CONTROL DE EROSIÓN				MÉTODO DE ENSAYO
	5A	5B	5C	5D	
Resistencia a tensión (2) (KN/m)	1.82	2.19	2.55	44	ASTM D6818
Estabilidad UV %	80% @ 500 horas	80% @ 500 horas	80% @ 500 horas	90 @ 1000 horas	ASTM D4355
Espesor mínimo (2) (mm)	6.35	6.35	6.35	6.35	ASTM D6525
Resistencia a esfuerzo cortante mínima (3) (Pa)	288	384	480	575	ASTM D6460 u otros ensayos independientes (4)

(1) MCV que contengan componentes degradables. Se deberán obtener todos los valores de las propiedades establecidas en la Tabla 811.2 únicamente para la parte del manto no degradable.

(2) Los valores numéricos de la Tabla 811.2 corresponden a valores VMPR en la dirección principal. Indican el Valor Mínimo Promedio por Rollo, calculado como el valor típico menos dos veces la desviación estándar. Estadísticamente, corresponde al noventa y siete con siete por ciento (97.7%) de probabilidad de confianza, es decir, cualquier muestra tomada durante una prueba de garantía de calidad, deberá exceder el valor divulgado.

(3) Resistencia mínima a esfuerzo cortante que deberá soportar el producto, (con vegetación totalmente establecida), sin tener daño físico o pérdida de suelo mayor a doce con siete milímetros (12.7 mm) uniformes a lo largo de la superficie, durante una prueba de flujo por treinta (30) minutos en una prueba a escala real. Esta prueba se deberá realizar de acuerdo a los criterios del método 3 del ECTC.

(4) Otros métodos de ensayo con pruebas a gran escala podrán ser aceptados.

811.3 EQUIPO

El Constructor deberá disponer de los equipos y herramientas necesarios para asegurar que los trabajos de protección de los taludes y laderas tengan la calidad exigida y se garantice el cumplimiento de su programa de ejecución.

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

El Constructor deberá 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.

811.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

811.4.1 Preparación de la superficie existente

Para la preparación del sitio rige lo que sea pertinente del numeral 810.4.2 del Artículo 810 “Protección vegetal de taludes” de las presentes especificaciones. En especial, es necesario verificar si el suelo del sitio a revegetalizar 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 presentar las condiciones necesarias, se recomienda la colocación de una capa superficial de suelo, y junto con ella mezclar los fertilizantes, semillas e hidrorretenedores necesarios.

Si el suelo posee las condiciones necesarias para la germinación de las semillas, se deberá proceder 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 pendiente establecidas 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 e 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 deberá 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, después de lo cual se tatará la zanja. Dicha zanja de anclaje deberá ser de quince por quince centímetros (15 x 15 cm) y a una distancia de sesenta a noventa centímetros (60 a 90 cm), medidos desde la corona del talud.

811.4.2 Instalación del manto para control de erosión

- Tal como se indicó en el último párrafo del numeral anterior, a continuación se deberá colocar el rollo a una distancia de sesenta a noventa centímetros (60 a 90 cm) sobre la corona del talud, asegurarlo en la zanja con los dispositivos de anclaje y rellenar y compactar con el material proveniente de la excavación o según lo indique el Interventor.
- Desenrollar el manto hacia abajo del talud, traslapando siete con cinco centímetros (7,5 cm), como mínimo, los rollos adyacentes. Extender el material libremente, manteniendo contacto directo con la superficie del talud o la ladera. En el traslape se colocará una hilera de ganchos separados entre sí una distancia no mayor de cincuenta centímetros (50 cm).
- Asegurar el manto al talud con dispositivos de anclaje, con la frecuencia que se indica en la Tabla 811.3.

Tabla 811.3
Frecuencia de los dispositivos de anclaje

PENDIENTE DEL TALUD (INCLINACIÓN)	FRECUENCIA DEL ANCLAJE ⁽¹⁾
Hasta 3H:1V	1.35 anclajes/metro cuadrado
3H:1V a 2H:1V	2 anclajes/metro cuadrado
2H:1V a 1H:1V	2 a 4.1 anclajes/metro cuadrado
Mayor a 1H:1V	4.1 anclajes/metro cuadrado

(1) Por indicación del Interventor se podrá modificar la frecuencia del anclaje.

Como dispositivos de anclaje para la fijación del manto, se podrán utilizar elementos tipo gancho en “U”, metálicos, de ocho milímetros (8 mm) de diámetro, de 20 x 10 x 20 cm para terrenos blandos y 15 x 5 x 15 cm para terrenos duros. Los ganchos se deberán colocar en un ángulo aproximado de 30° con respecto a la superficie del talud y en el sentido de la pendiente.

A discreción del Interventor, se podrá rellenar un MRV, cuando éste se encuentre diseñado para tal fin, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Después de sembrar, se deberá esparcir sobre el manto, rastrillando ligeramente, de doce a veinte centímetros (12 a 20 cm) de tierra fina para llenarlo completamente.
- Esparcir semillas adicionales sobre el manto relleno y regar con agua.

811.4.3 Riego y mantenimiento

No se deberá 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 con cinco centímetros (7.5 cm). La altura de corte no deberá ser menor a siete con cinco centímetros (7.5 cm). Durante la etapa de ejecución, el Constructor será responsable por el mantenimiento de la vegetación establecida. Adicionalmente, el Constructor deberá regar las áreas sembradas tan frecuentemente como sea necesario, para ayudar a establecer satisfactoriamente la vegetación y propiciar su crecimiento.

811.4.4 Limitaciones en la ejecución

No se permitirán los trabajos de colocación de productos enrollados para control de erosión en momentos en que haya lluvia o fundado temor que ella ocurra, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a dos grados Celsius (2°C).

Los trabajos se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquél. Si el Constructor no ofrece ésta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá 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.

811.4.5 Manejo ambiental

Todas las labores de instalación de sistemas para control de erosión se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.

811.4.6 Reparaciones

Todas las áreas que se erosionen antes de la aceptación definitiva de los trabajos, deberán ser reparadas por cuenta del Constructor, incluyendo la reparación o sustitución de los PECE, la resiembra y el riego.

811.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

811.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, el Interventor adelantará los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento del equipo empleado por el Constructor para la ejecución de los trabajos.
- Comprobar que los materiales cumplan los requisitos de calidad exigidos en el inciso que corresponda del numeral 811.2, según el tipo de protección por utilizar.

- Verificar que el trabajo se ejecute de acuerdo con los documentos del proyecto y las exigencias del presente Artículo.
- Verificar el cumplimiento de todas las medidas ambientales y de seguridad requeridas.
- Vigilar que el Constructor efectúe un mantenimiento adecuado del área protegida, hasta su recibo definitivo.
- Medir, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado.

811.5.2 Condiciones específicas para el recibo de los trabajos

El Interventor no recibirá las obras antes de noventa (90) días de concluidos los trabajos de protección. Igualmente, el Interventor tampoco recibirá la obra antes de que el setenta por ciento (70%) del área sembrada se encuentre cubierta por vegetación específica y sin lugares desnudos mayores a un metro cuadrado (1 m²). El Constructor deberá mantener el riego, si es necesario, para ayudar en el establecimiento de la vegetación, hasta el momento del recibo definitivo de la obra.

En el momento del recibo definitivo, el área protegida no podrá presentar irregularidades o desperfectos.

811.6 MEDIDA

La unidad de medida del producto enrollado para control de erosión será el metro cuadrado (m²), aproximado al decímetro, de área protegida de acuerdo con los documentos del proyecto y las indicaciones del Interventor, a plena satisfacción de éste. La medida se hará sobre la proyección inclinada de la superficie del talud.

Si al medir el trabajo aceptado se obtiene una medida con una fracción igual o superior a cinco centésimas de metro cuadrado (≥ 0.05 m²), la aproximación al decímetro se realizará por exceso. En caso contrario, se aproximará al decímetro inferior.

No se incluirán en la medida áreas con protección vegetal por fuera de los límites establecidos en los documentos del proyecto o autorizados por el Interventor.

811.7 PAGO

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con los planos y esta especificación, y aceptada a satisfacción por el Interventor. El precio unitario deberá incluir todos los costos de preparación de la superficie existente, salvo que dicha labor forme parte de otra partida de trabajo del mismo contrato; el suministro en el lugar y la colocación de todos los materiales requeridos para la protección, incluidos los anclajes; la compactación o escarificación de la superficie tratada, cuando corresponda; la excavación y relleno de las zanjas requeridas para asegurar los mantos para control de erosión; el riego y poda periódicos del área tratada; el suministro y aplicación de fertilizantes, insecticidas y demás materiales requeridos para la conservación del área protegida hasta su recibo definitivo; los desperdicios y el manejo adecuado de ellos y, en general, todo costo adicional relacionado con la correcta ejecución de los trabajos

especificados; la señalización preventiva de la vía y el control del tránsito público durante la etapa de ejecución de los trabajos.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

ÍTEM DE PAGO

811.1 Producto enrollado para control de erosión
del tipo _____

Metro cuadrado (m²)