

Uso de geomantas para refuerzo de vegetación (TRMs) en manejo de torrentes.

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA)

Oficina de Aguas, Washington, D.C.

Documento EPA 832-F-99-002

Septiembre de 1999

DESCRIPCIÓN

Esta Hoja Técnica describe el uso de mantas para el refuerzo de la vegetación (TRMs: turf reinforcement mats). Los TRMs combinan el crecimiento de la vegetación con los materiales sintéticos para formar una manta de gran resistencia que previene la erosión del suelo en áreas de drenaje y sobre taludes inclinados. Los TRMs se clasifican como “prácticas ingenieriles livianas”, por contraposición al hormigón y al enrocado, a quienes pueden reemplazar en algunas situaciones de control de erosión.

El escurrimiento del agua torrencial de gran volumen y alta velocidad puede erosionar al suelo dentro de canales a cielo abierto, cunetas de drenaje, y zanjas, y en taludes muy inclinados y expuestos, incrementando el transporte de sedimentos hacia los cuerpos receptores de agua. El incremento en la carga de sedimentos impacta sobre la calidad de las aguas al conducir nutrientes y pesticidas contaminantes, al perturbar el desove en los peces, y al generar obstáculos en el hábitat acuático.

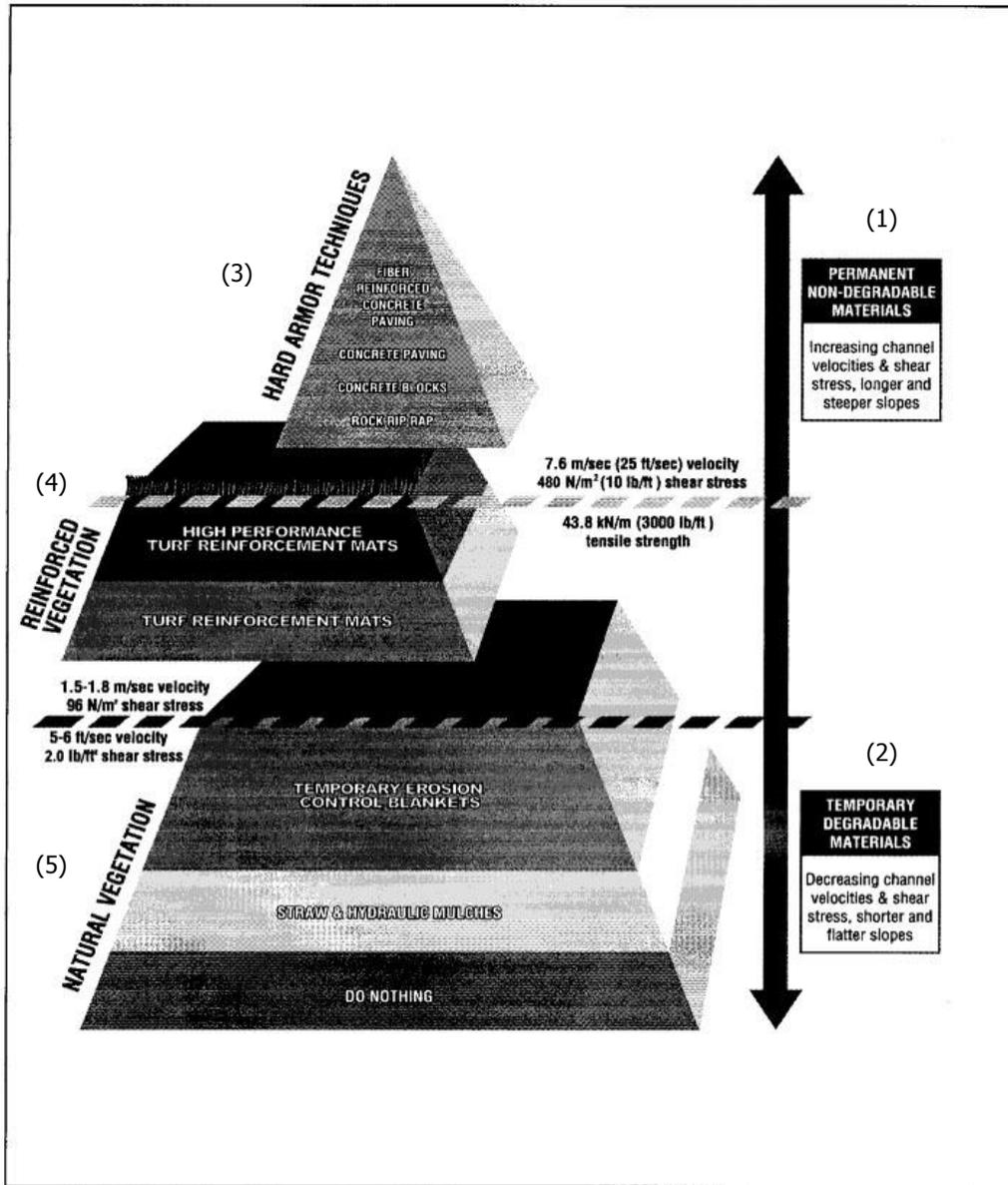
Tradicionalmente se han utilizado técnicas de blindaje para el control de erosión, como bloques de hormigón, enrocado y sistemas de pavimentos reforzados, para prevenir la erosión del suelo en estas áreas de gran erosividad. A pesar de que estas medidas de carácter permanente pueden soportar una gran fuerza hidráulica, son costosas, y no poseen la capacidad de remoción de contaminantes de los sistemas vegetales.

Los TRMs potencian la habilidad natural de la vegetación para proteger al suelo de la erosión. Están compuestos por capas entrelazadas de materiales geosintéticos no degradables como redes de polipropileno, nylon y cloruro de polivinilo (PVC), cosidas entre sí para formar una matriz tridimensional. Son gruesos y suficientemente porosos como para poder ser rellenados con suelo, y retenerlo. Además de proveer protección contra la socavación, la red de los TRMs está diseñada para promover el desarrollo de tallos y raíces. Al proteger al suelo de las fuerzas de socavación y promover el crecimiento de la vegetación, los TRMs pueden elevar el umbral de la vegetación natural para soportar fuerzas hidráulicas superiores al estabilizar taludes, terraplenes y canales. Además de reducir las velocidades del flujo de agua, el uso de la vegetación natural permite particularmente remover los contaminantes a través de la sedimentación y su infiltración en el suelo, mejorando también la estética del sitio.

Los TRMs ofrecen una alta resistencia al corte, resistencia a la degradación por rayos ultravioletas (UV), y resultan inertes a los elementos químicos que se encuentran en el suelo. La Figura 1 ilustra la aplicabilidad de los TRMs dentro del espectro de las técnicas disponibles para el control de erosión. Las mantas y mallas para el control temporario de la erosión, que también se muestran en la Figura 1, dejan eventualmente a la vegetación sin protección y sin refuerzo, y sólo deberían ser utilizadas para establecer vegetación en situaciones hidráulicas de baja exigencia.

Contrariamente a los productos para el control temporario de la erosión, los TRMs han sido diseñados para permanecer en su lugar de modo permanente, a fin de proteger a las semillas y a los suelos, y fomentar la germinación. Los TRMs pueden incorporar materiales con fibras naturales para fomentar el establecimiento de la vegetación. Sin embargo, la estructura de refuerzo permanente de los TRMs está compuesta en su totalidad por materiales sintéticos no degradables. La estructura típica de un TRM se ilustra en la Figura 2. Una amplia variedad de anclajes puede ser utilizada para asegurar a los TRMs, incluyendo grampas de alambre en forma de U, anclajes metálicos y estacas de madera o plástico. Los dispositivos para el anclaje al suelo se eligen en base al suelo específico del sitio y las condiciones del talud.

La selección de especies vegetales se basa en la región geográfica del proyecto, y en problemáticas específicas del sitio. Las fuentes de información para la selección de las semillas pueden ser: el Servicio Nacional de Conservación de los Recursos Naturales (NRCS: Natural Resource Conservation Service), centros de extensión universitaria y Departamentos de Transporte Estatales. El área a proteger puede sembrarse antes o después de la instalación del TRM, dependiendo de la construcción de la manta, y de las recomendaciones del fabricante.



Source: Synthetic Industries, 1998.

FIGURA 1: Técnicas de control de erosión
Fuente: Synthetic Industries, 1998.

(1)

MATERIALES NO DEGRADABLES

En los canales, aumentan las velocidades y la tensión de corte, los taludes son más largos y más empinados

(2)
MATERIALES DEGRADABLES Y TEMPORARIOS

En los canales, se reducen las velocidades y la tensión de corte, los taludes son más cortos y más planos

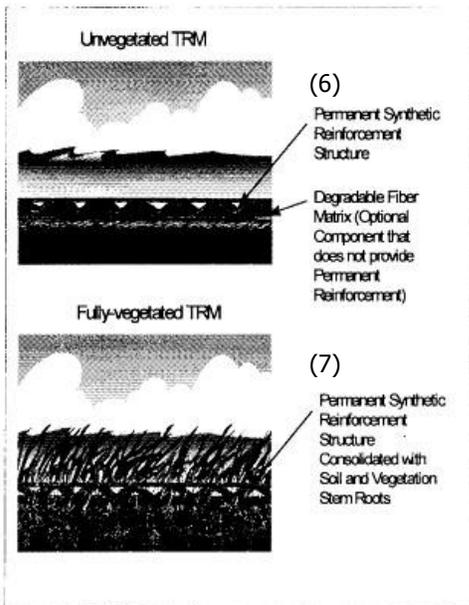
(3)
TÉCNICAS DE BLINDAJE:
PAVIMENTOS DE HORMIGÓN REFORZADOS CON CABLES
PAVIMENTOS DE HORMIGÓN
BLOQUES DE HORMIGÓN
ENROCADOS

7,6 m/s (25 pies/s) de velocidad de flujo
480 N/m² (10 libras/pie²) de tensión de corte
43,8 kN/m (3000 libras/pie) de fuerza de tensión

(4)
VEGETACIÓN REFORZADA:
MANTAS DE DESEMPEÑO ÓPTIMO PARA EL REFUERZO DE LA VEGETACIÓN
MANTAS PARA EL REFUERZO DE LA VEGETACIÓN

1,5-1,8 m/s de velocidad de flujo
96 N/m² de tensión de corte
5-6 libras/s de velocidad de flujo
2 libras/pie² de tensión de corte

(5)
VEGETACIÓN NATURAL:
MANTAS PARA EL CONTROL TEMPORARIO DE LA EROSIÓN
PAJA Y PASTAS DE CELULOSA DE APLICACIÓN HIDRÁULICA
NO HACER NADA



Source: Modified from North American Green, Inc., 1998.

FIGURA 2: La estructura de una típica manta de refuerzo de la vegetación

Fuente: Modificado de North American Green, Inc., 1998.

(6)
TRM sin vegetación.
Estructura sintética de refuerzo permanente
Matriz de fibras degradables (componente opcional que no proporciona refuerzo permanente)

(7)
TRM completamente vegetado.
Estructura sintética de refuerzo permanente, consolidada con suelo y tallos y raíces vegetales



Source: Synthetic Industries, 1998.

FIGURA 3: LOS TRMs COMO REVESTIMIENTOS PROTECTORES EN CANALES

APLICABILIDAD

La tecnología de refuerzo de la vegetación puede ser utilizada conjuntamente con medidas temporarias de control de sedimentos y de erosión, para restablecer y proteger a la vegetación en los sitios de construcción. Las medidas de control de sedimentos y de erosión, las cuales forman típicamente parte de planes de prevención de la contaminación debida a aguas torrenciales, se diseñan para mitigar los impactos de la construcción en los cuerpos receptores de agua. Las medidas de control de erosión y sedimentos comúnmente aplicadas incluyen a las mantas de fibras naturales bio y foto degradables, y a las pastas de celulosa de aplicación hidráulica. El uso de los TRMs permite que la cobertura vegetal se extienda a áreas donde las condiciones del sitio serían de otro modo limitantes. Esto ayuda al establecimiento y el mantenimiento de una cobertura vegetal a través del área de aplicación. Los TRMs pueden instalarse en la mayoría de los sitios o estructuras donde se requiere un control de erosión permanente. Esta tecnología ha sido utilizada tanto en zonas urbanas como rurales, y bajo una gran variedad de condiciones climáticas. A pesar de que los TRMs alcanzan su mayor efectividad en áreas completamente vegetadas, también se los ha utilizado para prevenir la erosión aun en regiones áridas, semiáridas y de gran altitud, donde el crecimiento vegetal es limitado. En estas áreas, el establecimiento de la vegetación es lento o difícil, y la matriz de TRM se rellena habitualmente con suelo nativo para su protección (mientras que la manta actúa previniendo la erosión de modo permanente).

Bajo la mayoría de las condiciones climáticas o ambientales, la vegetación reforzada puede proteger:

- Sistemas de conducción del agua superficial (vea el revestimiento del canal en la Figura 3).
- Erosión superficial de taludes
- Entradas y salidas de alcantarillas
- Costas y márgenes

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Los TRMs se usan para controlar la erosión y estabilizar el suelo, al controlar la escorrentía proveniente de las actividades que alteran al suelo en taludes empinados, y al prevenir la socavación en estanques de retención de aguas torrenciales, estanques de almacenamiento de agua, pequeños canales a cielo abierto, cunetas de drenaje, y sistemas de conducción por banquetas en estacionamientos, y a lo largo de líneas costeras y márgenes de arroyos.

Además de utilizarse en proyectos nuevos de construcciones, los TRMs se han utilizado para reconvertir a los sistemas existentes de estructura armada. Por ejemplo, en el año 1994, la Ciudad de Chatanooga (Tennessee), inició un programa para mejorar la calidad del agua, protegiendo al hábitat acuático y reduciendo el transporte de sedimentos hacia los cuerpos receptores de agua. La Ciudad eligió reconvertir los canales existentes para aguas torrenciales revestidos con hormigón, transformándolos en cunetas vegetadas. En función de las condiciones hidráulicas de la aplicación, la Ciudad eligió utilizar tanto productos biodegradables en rollo para el control de la erosión, como mantas para refuerzo de la vegetación. La Ciudad reconvirtió 32 kilómetros (20 millas) de sistemas de conducción de aguas torrenciales, utilizando esta técnica.

Además de mejorar la calidad del agua, los TRMs pueden mejorar la estética, especialmente en áreas donde no crecen plantas. En la ciudad de Louisville (Kentucky), se utilizan los TRMs para estabilizar el suelo a fin de establecer vegetación en el Parque Waterfront, un área industrial abandonada que se convirtió en un área de esparcimiento (North American Green, 1998). En este Parque desarrollado en un sitio sobre una colina adyacente al río Ohio, los TRMs no sólo controlan la erosión, sino que también permiten que crezca la vegetación en el lugar de emplazamiento del parque.

Los TRMs presentan un buen comportamiento solamente dentro del marco de las limitaciones de diseño especificadas. Algunas condiciones hidráulicas y ambientales indican que las técnicas de blindaje constituyen la solución más apropiada. En general, los TRMs no deberían ser utilizados en los siguientes casos:

- Para prevenir fallas circulares en taludes debidas a causas diferentes de la erosión superficial
- Cuando las condiciones hidráulicas esperables superan los límites de los TRMs y de la vegetación natural
- Directamente debajo de la descarga de alcantarillas, para disipar la fuerza del impacto (aunque pueden ser utilizados en los alrededores de la zona de impacto)
- Cuando la altura de las olas pueda superar los 30 centímetros (1 pie) (aunque pueden ser utilizados para proteger las áreas más altas del talud donde no impactan las olas)

Para desempeñarse adecuadamente, el TRM debe estar correctamente instalado y conservar un adecuado contacto con el suelo. Cuando se los utiliza en sistemas de conducción y pierden su anclaje, las zonas de superposición entre mantas, los límites proyectados para el agua superficial, y los fondos de canal constituyen puntos críticos. El Consejo Tecnológico para el Control de Erosión (ECTC) publica lineamientos para la instalación de productos en rollo para el control de erosión tanto permanentes como temporarios (Lutyens, 1997).

CRITERIOS DE DISEÑO

Muchos manuales de control de erosión y sedimentos, tanto estatales como locales, especifican lineamientos para el uso de TRMs y sus aplicaciones. Estos manuales son utilizados por los desarrolladores para cumplir con los programas tanto estatales como locales del Sistema Nacional de Eliminación de Descargas Contaminantes (NPDES). La Administración de Autopistas Federales de Estados Unidos (Chen y Cotton, 1988), y la Asociación Americana de Oficiales de Autopistas Estatales y Transporte (AASHTO, 1992) han desarrollado procedimientos de diseño adicionales para el uso de TRMs. La mayoría de los Departamentos de Transporte estatales poseen una lista de productos aprobados que cumplen con sus estándares mínimos de desempeño. Estos estándares se basan generalmente en propiedades físicas del producto, como peso por unidad de área, espesor, resiliencia, porosidad y rigidez.

DESEMPEÑO

Los TRMs proporcionan beneficios en la calidad del agua, al permitir el crecimiento de la vegetación en áreas donde en otras circunstancias se habrían utilizado sistemas impermeables de conducción del agua. En general, el desempeño de los TRMs está estrechamente relacionado con el crecimiento y establecimiento de la vegetación. En un caso de laboratorio, Clary et al. (1996) demostraron que la presencia de vegetación herbácea aumentaba la deposición de sedimentos y aceleraba el proceso de restauración del canal, en sistemas de arroyuelos. A pesar de que los experimentos realizados en canales de pequeños arroyos simulados, Thornton et al. (1997) demostraron que la habilidad de la vegetación para atrapar y retener sedimentos se incrementa con el largo de la hoja y el área basal de la vegetación, con tasas de retención que varían entre 30 y 70%. El desempeño de la vegetación para remover sedimentos y otros contaminantes depende de condiciones hidrológicas específicas del sitio, así como los tipos de suelo subyacentes, el tipo de vegetación, la altura y la densidad de crecimiento, y la selección e instalación adecuadas del TRM.

El desempeño de los sistemas de conducción revestidos con TRMs depende de la duración del evento de escorrentía al cual está sometido. En el caso de eventos cortos, los TRMs son generalmente efectivos con velocidades de flujo de hasta 50 metros por segundo (15 pies por segundo), y tensiones de corte de hasta 380 Newtons por metro cuadrado (8 libras por pie cuadrado) (Cabalka y Trotti, 1996). Sin embargo, los TRMs específicos de óptimo desempeño pueden ser efectivos bajo condiciones hidráulicas más severas.

Los TRMs proporcionan beneficios de largo plazo en la calidad del agua, al permitir el crecimiento de la vegetación en áreas donde en otras circunstancias se habrían utilizado sistemas impermeables de conducción del agua. Aun cuando quizá reduzcan la velocidad del agua, las técnicas de blindaje no capturan contaminantes como sí lo hace la vegetación natural. Los TRMs pueden ser utilizados conjuntamente con medidas temporarias de control de erosión y sedimentos, para ayudar a las comunidades a cumplir con los requisitos del NPDES tanto estatales como locales. Además, los TRMs proporcionan un sustrato más frío que el de las estructuras armadas tradicionales, reduciendo los aumentos de temperatura del agua que podrían de otro modo impactar sobre la vida acuática. Asimismo, la vegetación en sí misma proporciona hábitats tanto para la vida silvestre como para la vida acuática. Los beneficios en la calidad del agua que pueden ofrecer los TRMs dependen de las condiciones del sitio y del tipo y densidad de la vegetación.

COSTOS

En general, el costo de instalación de los TRMs varía entre 6 y 8 U\$S por metro cuadrado (5 a 15 U\$S por yarda cuadrada). Los factores que influyen en el costo de los TRMs incluyen:

- El material que constituye el TRM
- Las condiciones del sitio, como los suelos subyacentes, la mayor o menor pendiente del talud, y otros requisitos para su elección
- Factores específicos de la instalación, como los costos de construcción locales.

En la mayoría de los casos, los TRMs cuestan considerablemente menos que las soluciones con hormigón o enrocado. Por ejemplo, un proyecto en Aspen (Colorado), utilizó más de 19.000 metros cuadrados (23.000 yardas cuadradas) de TRMs para revestir canales en un proyecto de desarrollo de un rancho de caballos (Theisen, 1996). Los TRMs se instalaron a un costo de 9,90 U\$S por metro cuadrado (8,25 U\$S por yarda cuadrada) (en dólares de 1996). Este valor era sustancialmente menor al de 24 U\$S por metro cuadrado (20 U\$S por yarda cuadrada) estimado para la alternativa con enrocado.

REFERENCIAS

1. Asociación Americana de Oficiales de Autopistas Estatales y Transporte, 1992. *Lineamientos para el drenaje en autopistas*, Washington D.C.
2. Cabalka, D., y J. Trotti, 1996. *Más allá del hormigón y el enrocado: los canales revestidos con herbáceas*. Control de erosión.
3. Clary, W.P., C.I. Thornton, y S. Abt, 1996. *Altura de la vegetación ribereña y Recuperación de terraplenes degradados*. Rangelands 18(4).
4. Chen, Y.H. y G.K. Cotton, 1988. *Diseño de canales laterales en rutas con revestimientos flexibles*. Departamento de Transporte de Estados Unidos, Publicación nº FHWA-IP-87-7, HEC-15 de la Administración Federal de Autopistas.
5. Lutyens, Don, 1997. *Lineamientos del ECTC para la instalación de productos en rollo para el control de erosión*. Informe de Materiales Geotécnicos.
6. North American Green, 1998. *Uso de una manta Composite para refuerzo de la vegetación: Seguro contra inundaciones con 50 años de recurrencia en el río Ohio*. Discusión sobre erosión 3(1).
7. Synthetic Industries, 1998a. *La pirámide de desempeño*. Manual de aplicaciones de Landlok. Chattanooga, Tennessee.
8. Synthetic Industries, 1998b. *Revestimientos protectores de canales*. Manual de aplicaciones de Landlok. Chattanooga, Tennessee.
9. Theisen, Mark, 1996. *Cómo hacer que la vegetación resista la presión*. Noticias de Ingeniería Civil.
10. Thornton, C.I., Steven Abt y W.P. Clary, 1997. *Influencia de la vegetación sobre la saltación en pequeños arroyos*. Anales de la Asociación Americana de Recursos del Agua.
11. Trahan, Fred, 1998. *Un establecimiento para el tratamiento de aguas de desecho controla la erosión con un enfoque único*. Informe de Materiales Geotécnicos, 16(6): 37-39.
12. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 1992. *Gestión del agua torrencial en actividades constructivas: desarrollo de planes de prevención de la polución y buenas prácticas de manejo*. EPA 832 R-92-005.

La mención de nombres o productos comerciales no constituye cumplimiento ni recomendación de uso por parte de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.

Para más información, contáctese con:

Sección de Tecnología Municipal
Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
Código de correo 4204
401 Calle M, S.W.

OWM-MTB

Excelencia en cumplimiento a través de soluciones técnicas óptimas
SECCIÓN DE TECNOLOGÍA MUNICIPAL

Traducción a español del documento "Storm Water Technology Fact Sheet-Turf Reinforcement Mats", US EPA, Washington, 1999. Realizada por Ing. Laura Martínez Quijano, Oficina Técnica – Coripa S.A. Buenos Aires, Argentina.

El texto original en inglés puede encontrarse en <http://www.epa.gov/npdes/pubs/turfrein.pdf>