

## ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE Y REFUERZO DE CAPAS GRANULARES CON GEOMALLAS

### ARTÍCULO 233 – 13

#### 233.1 DESCRIPCIÓN

---

Este trabajo consiste en el suministro y la instalación de geomallas sobre la subrasante o entre capas granulares del pavimento, en los sitios y con las dimensiones señalados en los planos del proyecto o indicados por el Interventor.

La función de estabilización es apropiada para suelos de subrasante con CBR entre uno y tres por ciento ( $1 \leq \text{CBR} < 3 \%$ ), determinado con el ensayo descrito en la norma INV E-169 “Relación de soporte del suelo en el terreno” o tener un valor de resistencia al corte entre treinta y noventa kilopascales (30-90 kPa). La determinación de la resistencia al corte se podrá realizar con uno cualquiera de los siguientes ensayos: norma INV E-152 “Compresión inconfiada en muestras de suelos” o INV E-170 “Ensayo de corte sobre suelos cohesivos, usando la veleta”. Los sitios para hacer las determinaciones serán los previstos en los planos del proyecto o los indicados por el Interventor.

En el caso de estabilización de suelos de subrasante con geomallas, los documentos del proyecto pueden indicar que se coloque un geotextil de separación entre la subrasante y la geomalla; en este caso, la instalación del geotextil de separación estará cubierta por el Artículo 231, “Separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil”.

Esta especificación no aplica para el refuerzo de terraplenes donde las condiciones de esfuerzos puedan causar fallas globales de la fundación o del cuerpo del terraplén.

#### 233.2 MATERIALES

---

##### 233.2.1 Geomalla

La geomalla deberá ser biaxial o multiaxial y deberá ser capaz de mantener su estabilidad dimensional durante su instalación y el tránsito normal de construcción.

Debe resistir el daño durante la construcción, incluyendo la degradación ultravioleta y debe tener resistencia a largo plazo a la degradación química y biológica.

El tipo y las propiedades requeridas de la geomalla serán los establecidos en los documentos del proyecto en función de las condiciones y los procedimientos de instalación, de las condiciones geomecánicas del suelo de subrasante, de la granulometría y demás características del material de cobertura y de las cargas impuestas por los equipos durante la ejecución de los trabajos. En este numeral se indican las propiedades mínimas que deberá tener la geomalla.

Varias de las propiedades de las geomallas se expresan en términos de valores mínimos promedio por rollo (VMPR). El valor mínimo promedio por rollo (VMPR) es una herramienta de control de calidad que le permite a los fabricantes establecer los valores en sus certificados de manera que el comprador tenga un nivel de confianza del 97.7 % de que las propiedades, medidas sobre el producto que compra, cumplen con los valores certificados. Para datos que tengan una distribución normal, el valor VMPR se calcula como el valor típico menos dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores mínimos, o más dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores máximos.

Los valores promedio de los resultados de los ensayos practicados a cualquier rollo deberán satisfacer los requisitos establecidos en este Artículo.

#### **233.2.1.1 Propiedades mecánicas**

Las propiedades de la geomalla serán las establecidas en los documentos del proyecto, según las condiciones particulares del mismo y la clase de supervivencia que en ellos se defina, a partir de la siguiente guía de la FHWA:

- FHWA-NHI-08-092, *Geosynthetic Design and Construction Guidelines* (Guías para el diseño y la construcción con geosintéticos)

En las Tablas 233 – 1 y 223 – 2 se indican las propiedades mínimas que deberá tener la geomalla, para las aplicaciones

de estabilización de subrasante y refuerzo de las capas granulares, respectivamente.

Tabla 233 - 1. Propiedades mecánicas de la geomalla para estabilización de la subrasante

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO	REQUISITO SEGÚN LA CLASE POR SUPERVIVENCIA		
		CLASE 1 (Alta)	CLASE 2 (Moderada-1)	CLASE 3 (Moderada-2)
<b>Propiedades de refuerzo</b>				
Resistencia última a la tensión en prueba con costillas múltiples, VMPR (kN/m)	ASTM D 6637	Según lo establecido en los documentos del proyecto, para cada una de las direcciones principales		
Área abierta, como % del área total	Medido	50 a 90		
Tamaño de abertura, mm (Notas 3 y 4)	Medido	12.5 a 75 mm ≥ D 50 del agregado encima de la geomalla ≤ 2D 85 del agregado encima de la geomalla		
<b>Propiedades de supervivencia</b>				
Resistencia última a la tensión en prueba de con costillas múltiples, VMPR (kN/m)	ASTM D 6637	18	12	12
Resistencia de las uniones o nodos, VMPR (N)	GRI GG2 (Nota 1)	110	110	35
Estabilidad ultravioleta: resistencia retenida después de 500 horas de exposición, valor mínimo (%)	ASTM D 4355	50		

Nota 1: GRI método de ensayo del Geosynthetic Research Institute

Nota 2: Los requisitos para las propiedades de resistencia por supervivencia representan el sentido principal más débil de la geomalla

Nota 3: la abertura de la geomalla se medirá con un calibrador tipo Vernier, con precisión de 0.01 mm; se medirán las dimensiones internas (entre costillas) en cada dirección principal, en 5 sitios escogidos aleatoriamente

Nota 4: D 50 (D 85) corresponde a la abertura del tamiz de menor abertura por el cual pasa el 50 % ( 85%) del material, en masa, con respecto a la masa total del mismo

Tabla 233 - 2. Propiedades mecánicas de la geomalla para refuerzo de capas granulares

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO	REQUISITO SEGÚN LA CLASE POR SUPERVIVENCIA		
		CLASE 1 (Alta)	CLASE 2 (Moderada-1)	CLASE 3 (Moderada-2)
<b>Propiedades de refuerzo</b>				
Resistencia última a la tensión en prueba con costillas múltiples, VMPR (kN/m)	ASTM D 6637	Según lo establecido en los documentos del proyecto, para cada una de las direcciones principales		
Módulos secantes a la tensión para el 2 % y el 5 % de elongación, VMPR (kN/m)	ASTM D 6637	Según lo establecido en los documentos del proyecto, para cada una de las direcciones principales		
Coefficiente de interacción geosintético/suelo por extracción para el tipo de relleno contemplado en el proyecto, mínimo	ASTM D 6706	Según lo establecido en los documentos del proyecto, para cada una de las direcciones principales		
Coefficientes de deslizamiento pico y residual en la interfaz geosintético/suelo, para el tipo de relleno contemplado en el proyecto, mínimo	ASTM D 5321	Según lo establecido en los documentos del proyecto, para cada una de las direcciones principales		
Área abierta, como % del área total	Medido	50 a 90		
Tamaño de abertura, mm (Nota 3)	Medido	Según lo establecido en los documentos del proyecto		
<b>Propiedades de supervivencia</b>				
Resistencia última a la tensión en prueba de costillas múltiples, VMPR (kN/m)	ASTM D 6637	18	12	12
Resistencia de las uniones o nodos, VMPR (N)	GRI GG2 (Nota 1)	110	110	35
Estabilidad ultravioleta: resistencia retenida después de 500 horas de exposición, valor mínimo (%)	ASTM D 4355	50		

Nota 1: GRI método de ensayo del Geosynthetic Research Institute

Nota 2: Los requisitos para las propiedades de resistencia por supervivencia representan el sentido principal más débil de la geomalla

Nota 3: la abertura de la geomalla se medirá con un calibrador tipo Vernier, con precisión de 0.01 mm; se medirán las dimensiones internas (entre costillas) en cada dirección principal, en 5 sitios escogidos aleatoriamente

En reemplazo del requisito de resistencia de las uniones o nodos, el fabricante podrá documentar la supervivencia de las uniones a la instalación mediante pruebas a escala real, según la norma ASTM D 5818, que demuestren la integridad de las mismas bajo las condiciones del proyecto (suelo de apoyo, espesor de capas, materiales de relleno, equipo de construcción). La geomalla se cubrirá con una capa de material de relleno de 15 cm de espesor mínimo y será sometida al paso repetido de una volqueta cargada hasta producir un ahuellamiento de 10 cm; el informe de la pruebas deberá incluir un registro fotográfico de la geomalla recuperada, que muestre claramente que las uniones no se han desplazado ni sufrido deterioro alguno durante el proceso de instalación.

#### **233.2.1.2 Control de calidad de la producción**

El fabricante de las geomallas deberá contar con un proceso de producción que cuente con un sistema de gestión de la calidad certificado bajo la norma ISO 9001. El laboratorio, propio o externo, que se use para realizar los ensayos de control de la calidad de la producción, deberá estar acreditado bajo la norma ISO/IEC 17025 o contar con una acreditación GAI-LAP del Instituto de Acreditación de Geosintéticos, GAI.

El fabricante o proveedor deberá suministrar el programa de control de calidad y los datos de soporte, donde se indiquen los requisitos de ensayos, los métodos de ensayo, la frecuencia de los ensayos, los criterios de aceptación en la fabricación y el tamaño del lote para evaluación de cada producto.

#### **233.2.2 Geotextil de separación**

En el caso de estabilización de suelos de subrasante, si los documentos del proyecto indican que se debe colocar un geotextil de separación entre la subrasante y la geomalla, sus propiedades deberán cumplir con los requisitos establecidos en el numeral 231.2.3 del Artículo 231.

Normalmente se requiere un geotextil de separación cuando no se cumple con el siguiente requisito:

D 85 de agregado sobre la geomalla &lt; 5 D 85 del suelo de subrasante [233.1]

Siendo: D 85: Abertura de tamiz de menor abertura por el cual pasa el 85% del material, en masa, con respecto a la masa total del mismo.

### **233.2.3 Material de cobertura**

Este material deberá cumplir con todo lo especificado para afirmado, subbase granular o base granular en los Artículos 311, 320 y 330 respectivamente, según sea el caso, de acuerdo con los planos del proyecto o las instrucciones del Interventor.

### **233.2.4 Materiales accesorios**

Los materiales accesorios, tales como grapas, arandelas, elementos de fijación y demás elementos necesarios para la instalación de la geomalla deberán cumplir los requisitos establecidos por el fabricante de la geomalla.

## **233.3 EQUIPO**

---

Se deberá disponer de los equipos necesarios para instalar la geomalla correctamente, así como de elementos de corte y costura y, además, de todos aquellos que se requieran para explotar, procesar, transportar, extender y compactar el material que deba ser colocado sobre la geomalla, de conformidad con la especificación correspondiente y los planos del proyecto o las instrucciones del Interventor.

## **233.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

---

### **233.4.1 Generalidades**

Los trabajos se deberán efectuar con una adecuada coordinación entre las actividades de preparación de la subrasante y de las capas inferiores del pavimento si es el caso, la colocación de la geomalla y la colocación, conformación y compactación del material de cobertura, de manera que la geomalla quede expuesta el menor tiempo posible.

Durante el transporte y el almacenamiento, las geomallas deberán tener empaques que las protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo, y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.

#### **233.4.2 Preparación de la subrasante o de la capa granular de apoyo**

La colocación de la geomalla sólo será autorizada por el Interventor cuando la subrasante o la capa granular de apoyo se haya preparado adecuadamente. En el caso de la subrasante natural, su preparación deberá estar de acuerdo con las indicaciones del Artículo 210, "Excavación de la explanación, canales y préstamos".

#### **233.4.3 Colocación de la geomalla**

##### **233.4.3.1 Extensión**

La geomalla se deberá extender en la dirección de avance de la construcción, directamente sobre la superficie preparada; la geomalla se deberá alinear, templar manualmente y asegurar a la superficie para mantener la tensión. La sujeción a la superficie se deberá hacer según las recomendaciones del fabricante, por medio de grapas o pequeñas pilas de agregado de cobertura.

Si es necesario colocar rollos adyacentes de geomalla, éstos se deberán traslapar de acuerdo las recomendaciones del fabricante.

En el caso de subrasantes muy blandas ( $CBR < 1\%$ ), la geomalla se deberá extender en forma perpendicular a la vía, salvo que los documentos del proyecto indiquen otra cosa.

La geomalla no podrá estar expuesta, sin cubrir, por más de 3 días

##### **233.4.3.2 Empalmes**

Las geomallas podrán ser traslapadas o podrán ser conectadas por medio de sujetadores mecánicos.

Los traslapos serán los recomendados por el fabricante y aceptados por el Interventor y dependerán tanto del CBR de

la subrasante, cuando se coloque sobre ésta, como del tránsito que vaya a circular sobre la vía durante la construcción, pero no serán inferiores a los indicados en la Tabla 233 - 3.

Tabla 233 - 3. Traslapo mínimo

CONDICIÓN	TRASLAPO MÍNIMO
$CBR \geq 3\%$	30 cm
$1 < CBR < 3\%$	60 cm
$0.5 < CBR \leq 1\%$	90 cm
$CBR \leq 0.5$	Unión mecánica
Todo final de rollo	0.90 m

Los traslapos se deberán asegurar con uniones plásticas según las recomendaciones del fabricante, separadas no más de 6 m en las uniones longitudinales o 1.5 m en las uniones transversales; en el caso de subrasantes muy blandas ( $CBR < 1\%$ ), los traslapos se deben amarrar con cable de nylon para mantener sus dimensiones.

En el caso de conexiones mecánicas, los elementos que se usen y los procedimientos de instalación deberán acogerse a las recomendaciones del fabricante de la geomalla. La durabilidad de estos elementos deberá ser, como mínimo, igual a la durabilidad de la geomalla.

Salvo que los documentos del proyecto indiquen otra cosa, la resistencia última a la tensión de las uniones mecánicas, medida en la dirección perpendicular al empalme, deberá ser, como mínimo, igual a la resistencia última de la geomalla a la tensión en prueba con costillas múltiples especificada en la Tabla 233 - 1; la medición de la resistencia de la unión se realizará con el mismo procedimiento de ensayo que se utiliza para medir la resistencia última a la tensión en prueba con costillas múltiples de la geomalla.

#### 233.4.4 Colocación del material de cobertura

El material de cobertura se descargará en un lugar previamente escogido y autorizado por el Interventor. Luego, el material se extenderá cuidadosamente, empleando un método que no dé lugar a daños en la geomalla.

Sobre la geomalla no podrán transitar directamente los equipos de construcción de orugas; deberá haber una cobertura mínima de 15 cm para permitir su circulación. Los equipos de llantas podrán transitar sobre la geomalla, siempre y cuando el material de apoyo lo permita, a una velocidad máxima de 5 km/h.

No se permitirá el giro de maquinaria sobre la primera capa de dicho material de cobertura.

El espesor de la primera capa compactada de material de cobertura sobre la geomalla deberá estar definido en los documentos del proyecto, en función de la granulometría del material, de las características del geosintético y del equipo de construcción. En general, para materiales pétreos de tamaño máximo igual o mayor a treinta milímetros ( $\geq 30$  mm), el espesor de la primera capa compactada de material de cobertura deberá ser de veinte centímetros como mínimo ( $\geq 20$  cm). Para materiales pétreos de tamaño máximo menor de treinta milímetros ( $< 30$  mm), el espesor de la primera capa compactada deberá ser de quince centímetros como mínimo ( $\geq 15$  cm).

El material de cobertura se compactará con el equipo adecuado, hasta lograr el grado de compactación exigido para el material en la especificación respectiva o el solicitado por el Interventor, antes de dar paso al tránsito temporal sobre la vía o comenzar las labores de colocación de la siguiente capa. El relleno se llevará a cabo hasta la cota indicada en los planos o la ordenada por el Interventor.

#### 233.4.5 Control del tránsito

El Constructor deberá instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, los cuales deberán garantizar la permanente seguridad, tanto del personal y de los equipos de construcción, como de usuarios y transeúntes.

**233.4.6 Limitaciones en la ejecución**

Por ningún motivo se permitirá adelantar los trabajos objeto del presente Artículo cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a dos grados Celsius (2° C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

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, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta 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.

**233.4.7 Manejo ambiental**

Al respecto, rige en un todo lo especificado en el Artículo 106, "Aspectos ambientales.

**233.4.8 Reparaciones**

Todos los defectos que se presenten en la extensión, en los traslajos, en las uniones, en los elementos de sujeción, en los cortes de la geomalla; en la extensión y compactación del material de cobertura; así como los que se deriven de un incorrecto control del tránsito recién terminados los trabajos, deberán ser corregidos por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

**233.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

---

**233.5.1 Controles**

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción;
- Verificar que la subrasante o la capa de apoyo estén preparadas adecuadamente y que se cumplan las dimensiones y cotas señaladas en los planos o las ordenadas por el Interventor, antes de autorizar la colocación de la geomalla;
- Verificar que cada rollo de geomalla tenga en forma clara la información del fabricante, el número del lote y la referencia del producto, así como la composición química del mismo;
- Comprobar que durante el transporte y el almacenamiento, las geomallas tengan los empaques que las protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo, y otros materiales que puedan afectar sus propiedades;
- Verificar que el sistema de almacenamiento garantice la protección de las geomallas contra cualquier tipo de deterioro;
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado, en cuanto a la preparación de la subrasante o capa granular de apoyo, la colocación de la geomalla y la construcción de las capas de material de cobertura;
- Efectuar ensayos de control sobre la geomalla, en un laboratorio independiente al del fabricante o proveedor, y los ensayos pertinentes al material de cobertura;

El Interventor medirá, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas a satisfacción.

## **233.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**

### **233.5.2.1 Calidad de la geomalla**

Por cada lote de rollos que llegue a la obra, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante de la geomalla, donde se establezca el nombre del producto, la composición química y toda la información que describa la geomalla, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras

representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer todas las condiciones establecidas en los documentos del proyecto o en la Tabla 233 - 1, según los que prevalezcan. El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de geomalla que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Dicha constancia no evitará, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega.

Además, el Interventor deberá escoger al azar un número de rollos equivalente a la raíz cúbica del número total de rollos que conformen el lote. Se evaluarán rollos estándar con un área entre cuatrocientos y seiscientos metros cuadrados ( $400$  y  $600 \text{ m}^2$ ) cada uno. En el caso de rollos con áreas diferentes, el total de metros cuadrados se deberá convertir a unidades de rollos equivalentes de quinientos metros cuadrados ( $500 \text{ m}^2$ ).

De cada rollo se deberán descartar las dos primeras vueltas de geomalla para el muestreo. Posteriormente, se deberá tomar una muestra, como mínimo de un metro lineal ( $1 \text{ m}$ ) por el ancho correspondiente al rollo, verificando que esté totalmente seca y limpia. Tales especímenes, debidamente identificados (número de lote, referencia del producto, etc.), se deberán empacar y enviar a un laboratorio distinto al del fabricante o proveedor, para que les sean realizadas las pruebas especificadas en los documentos del proyecto o en la Tabla 233 - 4, según lo que prevalezca.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos.

Tabla 233 - 4. Pruebas de verificación de la calidad de la geomalla

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO
<b>Propiedades de refuerzo</b>	
Resistencia última a la tensión en prueba con costillas múltiples (kN/m) <i>(Nota 3)</i>	ASTM D 6637

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO
Módulos secantes a la tensión para el 2 % y el 5 % de elongación (kN/m)	ASTM D 6637
Área abierta, como % del área total	Medido
Tamaño de abertura, mm (Nota 2)	Medido
<b>Propiedades de supervivencia</b>	
Resistencia de las uniones o nodos, VMPR (N)	GRI GG2 (Nota 1)
Estabilidad ultravioleta: resistencia retenida después de 500 horas de exposición (%)	ASTM D 4355

Nota 1: GRI método de ensayo del Geosynthetic Research Institute

Nota 2: la abertura de la geomalla se medirá con un calibrador tipo Vernier, con precisión de 0.01 mm; se medirán las dimensiones internas (entre costillas) en cada dirección principal, en 5 sitios escogidos aleatoriamente

Nota 3: Para aplicaciones de refuerzo de capas granulares

### 233.5.2.2 Calidad del producto terminado

La geomalla colocada deberá presentar una superficie uniforme y templada. Se deberá verificar, además, que:

- La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la geomalla no sea inferior a la señalada en los planos o la definida por Interventor;
- Los traslajos, las uniones y las sujeciones cumplan con los requisitos establecidos en este Artículo.

## 233.6 MEDIDA

La unidad de medida será el metro cuadrado (m<sup>2</sup>), aproximado al entero, de geomalla colocada a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo exigido por la presente especificación. El área se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje de la vía, por el ancho especificado en los planos u

ordenado por el Interventor. No se medirá ningún área por fuera de tales límites, ni se considerarán, para efecto del pago, los traslapos.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

### 233.7 FORMA DE PAGO

---

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por metro cuadrado (m<sup>2</sup>), para todo trabajo ejecutado de acuerdo con la presente especificación y aceptado a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir el suministro, almacenamiento y transporte de la geomalla; la colocación de la geomalla, con sus uniones y elementos de fijación; los traslapos; los desperdicios; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período posterior en que se deba impedir o controlar, de acuerdo con las instrucciones del Interventor; así como toda labor, mano de obra, equipo o material necesario para la correcta ejecución de los trabajos especificados.

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

El material de cobertura se pagará de acuerdo a la especificación que corresponda al material utilizado, según se indica en el numeral 233.2.3.

La instalación del geotextil de separación, si se requiere, se pagará según el Artículo 231, "Separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil".

### 233.8 ÍTEM DE PAGO

---

233.1	Geomalla para estabilización de suelos de subrasante	Metro cuadrado (m <sup>2</sup> )
233.10	Geomalla para refuerzo de capas granulares	Metro cuadrado (m <sup>2</sup> )

*Nota: Se deberá elaborar un ítem de pago diferente para cada tipo de geomalla que se especifique en el contrato.*