

NORMA TÉCNICA DE GEOTECNIA

NDC-SE-GE-003/V3.0

GEOSINTÉTICOS



EMCALI

Código	NDC-SE-GE-003
Estado	VIGENTE
Versión	3.0 – 22/06/2026
Fuente	GUENA-EMCALI EICE ESP- DISEÑO - CONSTRUCCIÓN
Tipo de Documento	NORMA TÉCNICA DE SERVICIO
Tema	GEOTECNIA
Comité	TÉCNICO DE APROBACIÓN DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

Título	GEOSINTÉTICOS
---------------	----------------------

ÍNDICE

	Pág.
1.0 PROLOGO	4
2.0 OBJETO	5
3.0 ALCANCE	5
4.0 DEFINICIONES	5
5.0 REFERENCIAS NORMATIVAS	8
6.0 REQUISITOS	10
6.1 REQUISITOS TÉCNICOS	10
6.1.1 Geotextiles	10
6.1.1.1 Requisitos para el uso de geotextiles en filtros y drenajes	11
6.1.1.1.1 Propiedades físicas	11
6.1.1.1.2 Propiedades Mecánicas	11
6.1.1.1.3 Propiedades hidráulicas	11
6.1.1.1.4 Condiciones de Instalación	12
6.1.1.2 Requisitos para el uso de geotextiles en separación y refuerzo	12
6.1.1.2.1 Propiedades Físicas	13
6.1.1.2.2 Propiedades mecánicas	13
6.1.1.2.3 Requerimientos de propiedades hidráulicas	13
6.1.1.2.4 Condiciones de Instalación	14
6.1.2 Geoceldas	15
6.1.2.1 Propiedades físicas	15
6.1.2.2 Propiedades mecánicas	15
6.1.2.3 Requerimientos de propiedades hidráulicas	16
6.1.2.4 Condiciones de instalación.	16
6.1.3 Geocompuestos de drenaje	17
6.1.3.1 Propiedades físicas	17
6.1.3.2 Propiedades mecánicas	17
6.1.3.3 Requerimiento de propiedades hidráulicas	18
6.1.3.4 Condiciones de instalación	18
6.2 MÉTODO DE PRUEBA	18
6.3 ROTULADO	19
7.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

1.0 PROLOGO

La Unidad Estratégica de los Negocios de Acueducto y Alcantarillado - UENAA ha establecido el Área Funcional Sistema de Normas y Especificaciones Técnicas para gestionar el desarrollo y la actualización de las normas y especificaciones técnicas a ser utilizadas por el personal de EMCALI EICE ESP, contratistas, consultores, usuarios y otras partes interesadas. La misión principal del área consiste en la normalización de los procesos, productos y servicios, para estar acorde con el estado del arte tecnológico y las exigencias gubernamentales, en beneficio de los diferentes sectores que participan en el desarrollo de la infraestructura del entorno y de la comunidad en general.

La versión final de esta Norma Técnica fue revisada y aprobada a través de los Comités Técnico y de Aprobación y ordenada su Publicación y Cumplimiento conforme a la resolución de Gerencia General de EMCALI EICE ESP No. GG-001255 del 12 de Julio de 2011.

2.0 OBJETO

Establecer el tipo, características y especificaciones de los geosintéticos de acuerdo con las funciones a desempeñar y campos de aplicación en las diferentes obras de construcción.

3.0 ALCANCE

Cubre los criterios y requisitos físicos, hidráulicos y mecánicos que deben cumplir los geosintéticos para su utilización según su función (separación, filtración, drenaje, refuerzo) en los proyectos u obras de EMCALI EICE ESP.

4.0 DEFINICIONES

4.1. CRITERIO DE PERMEABILIDAD

Es la propiedad de los geotextiles de permitir un adecuado paso de un fluido a través de sí mismo perpendicular a su plano y se define como la tasa de flujo de un líquido o gas bajo un diferencial de presión a través del material. “NTC 3541 Métodos de ensayo para determinar la permeabilidad del agua de los geotextiles por medio de la permitividad” - “INV E 905” — “ASTM D4491 Standard test methods for water permeability of geotextiles by permittivity”

4.2. ELONGACIÓN A LA ROTURA - MÉTODO GRAB

Es la elongación aparente entre una longitud nominal calibrada del espécimen (muestras de laboratorio de geotextil a ensayar) correspondiente a una carga cero y la longitud final de una muestra correspondiente a la carga máxima o de rotura, medidas mediante el método Grab, comúnmente se expresa en porcentaje (%). “NTC 1998 Método de ensayo para la determinación de la carga de rotura y elongación de geotextiles (Método Grab)” - “INV E 901” — “ASTM D4632 Standard test method for grab breaking load and elongation of geotextiles”

4.3. FUNCIÓN DRENAJE

Esta función hace referencia a la capacidad de captar y conducir fluidos a través de los geotextiles.

4.4. FUNCIÓN FILTRACIÓN

Esta función impide el paso a través geotextil de determinadas partículas del terreno (según sea el tamaño de dichas partículas y el del poro del geotextil) sin impedir el paso de fluidos. Las propiedades de filtración del geotextil están en función de la gradación del suelo in situ, la plasticidad y las condiciones hidráulicas.

4.5. FUNCIÓN PROTECCIÓN

Esta función hace referencia a los geotextiles que, colocados en contacto con elementos sintéticos de contención de fluidos, tipo geomembranas, previene o limita un posible deterioro en un sistema geotécnico y son utilizados para evitar el punzonamiento y rasgado.

4.6. FUNCIÓN REFUERZO

En esta función se aprovecha el comportamiento a tracción de los geosintéticos, que al ser incluidos dentro de una masa de suelo o materiales pétreos, para trabajar como complemento de las propiedades mecánicas del suelo con el fin de controlar los esfuerzos transmitidos tanto en la fase de construcción como

en la de servicio de las estructuras. Esta aplicación en todo caso debe tener un diseño a través de métodos de reconocida aceptación técnica.

4.7. FUNCIÓN SEPARACIÓN

Esta función desempeñada por los geotextiles consiste en la separación de dos capas de suelo de diferentes propiedades geomecánicas (granulometría, densidad, capacidad, etc.) evitando permanente la mezcla del suelo natural y un agregado de cobertura o entre dos materiales de características disímiles, donde la infiltración de agua no sea una condición crítica.

4.8. GEOSINTÉTICO

Producto en el que, por lo menos, uno de sus componentes es a base de polímero sintético o natural, y se presenta en forma de filtro, manto, lámina o estructura tridimensional, usada en contacto con el suelo o con otros materiales dentro del campo de la geotecnia o de la ingeniería civil.

4.9. GEOTEXTIL

Geosintético, textil permeable utilizado en fundaciones, suelos, roca, tierra o cualquier otro material relacionado a la ingeniería geotécnica, como parte integral de un proyecto, estructura o sistema hecho por el hombre.

4.10. GEOTEXTIL NO TEJIDO

Geotextil fabricado a partir de fibras o filamentos distribuidos en forma aleatoria, unidos mecánicamente mediante un proceso de punzonado por agujas termosoldados o ligados químicamente (poco uso debido al alto costo).

4.11. GEOTEXTIL TEJIDO

Geotextil conformado por elementos continuos (hilos, cintas, monofilamentos, multifilamentos), entrelazados mediante técnicas de tejido (máquina de tejer) con resistencia mecánica a la tensión en dos direcciones (biaxial).

4.12. GEOCELDA

Estructuras tridimensionales para el confinamiento de material granular y/o concreto, mejorando sus propiedades de desempeño iniciales y garantizando estabilidad dimensional.

4.13. GEOCOMPUESTO DE DRENAJE

Consiste en la combinación de Geotextil No Tejido punzonado por agujas y una geored o lámina drenante, de tal manera que se resuelva en forma óptima la captación y conducción de fluidos.

4.14. INDICE DE RESISTENCIA AL PUNZONAMIENTO

Esta propiedad refleja la resistencia a la rotura de los geotextiles a ser penetrados por un objeto punzonante. "NTC 3299 Determinación del índice de resistencia al punzonamiento de geomembranas y productos relacionados" - "INV E 902" — "ASTM D4833 Standard test method for index puncture resistance of geomembranes and related products".

4.15. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA AL RASGADO TRAPEZOIDAL

Fuerza requerida para iniciar, continuar o propagar un rasgado en un geotextil tejido o no tejido por el método trapezoidal bajo condiciones específicas. Este método de ensayo utiliza el valor máximo de la fuerza de rasgado como la resistencia al rasgado. “NTC 2003 Método de ensayo para determinar la resistencia al rasgado trapezoidal de los geotextiles” - “INV E 903”—“ASTM D4533 Standard test method for trapezoid tearing strength of geotextiles”.

4.16. MÉTODO DE ENSAYO PARA MEDIR EL DETERIORO DE LOS GEOTEXTILES POR EXPOSICIÓN A LA LUZ ULTRAVIOLETA Y A LA HUMEDAD

Este método trata sobre la determinación de la disminución de la resistencia a la tensión de geotextiles expuestos a luz ultravioleta. “NTC 3300 Método de ensayo para medir el deterioro de los geotextiles por exposición a la luz, a la humedad y al calor en un aparato del tipo arco de xenón” - “INV E 910” — “ASTM D4355 Standard test method for deterioration of geotextiles by exposure to light, moisture and heat in a xenon arc-type apparatus”

4.17. NÚCLEO DRENANTE

Elemento geosintético con capacidad de conducir líquidos y gases sobre su plano en mayores cantidades que los que un geotextil puede manejar.

4.18. PERMITIVIDAD

Tasa de flujo volumétrico de agua en condiciones laminares que indica la cantidad de agua que puede pasar a través de un geotextil, medido en la dirección normal al plano del geotextil.

4.19. PROPIEDAD ÍNDICE

Evaluación indirecta de cómo será el desempeño de un geosintético una vez se encuentre instalado. Es un indicador del comportamiento y se establece en condiciones confinadas. No reproduce las condiciones de trabajo, sólo permite evaluar productos entre sí y establecer especificaciones de proyectos.

4.20. RESISTENCIA A LA TENSIÓN MÉTODO GRAB

Es el valor de la carga de rotura (Resistencia Grab) para un geotextil que se determina mediante el estiramiento ejercido por dos mordazas que sujetan el espécimen en forma parcial en sus dos extremos y que se mueven en sentido opuesto y su elongación correspondiente (deformación-elongación Grab). “NTC 1998 Método de ensayo para la determinación de la carga de rotura y elongación de geotextiles (Método Grab)” - “INV E 901” — “ASTM D4632 Standard test method for grab breaking load and elongation of geotextiles”. El geotextil que se coloca en la interfaz subrasante-capas granular, debe cumplir una resistencia mínima para que no falle por tensión.

4.21. RESISTENCIA AL ESTALLIDO (MULLEN BURST)

Presión requerida para producir la rotura de un geotextil debido a una presión aplicada, en el plano del geotextil, por el suelo que trata de empujar el geotextil a través de los vacíos de las partículas de suelo granular que se colocan sobre este. Permite determinar la resistencia a la tensión de un modo multidireccional mediante el ensayo de resistencia al estallido por el Método de Mullen Burst, “INV E 904” — “ASTM D3786 Standard test method for bursting strength of textile fabrics-diaphragm bursting strength tester method”

4.22. RIP RAP

Para fines de esta norma, entiéndase como fragmentos de roca con tamaños máximos de 300 mm colocados sobre la superficie de taludes o como recubrimiento en canales.

4.23. TAMAÑO DE ABERTURA APARENTE (T.A.A.)

Es la propiedad que indica aproximadamente el tamaño máximo de la partícula que puede pasar efectivamente a través del geotextil. “NTC 2255 Método de ensayo para determinar el tamaño de abertura aparente de un geotextil” - “INV E 907” — “ASTM D4751 Standard test methods for determining apparent opening size of a geotextile”

4.24. VALOR MÍNIMO PROMEDIO POR ROLLO (V.M.P.R)

Valor mínimo de los resultados de un muestreo de ensayos de un proceso para dar conformidad a un lote que está bajo comprobación y de las propiedades mecánicas e hidráulicas de aceptación de un producto. Es el valor que garantiza una confiabilidad del 97,7% respecto a los valores registrados y reportados por el fabricante. En todo caso el promedio de los resultados correspondientes de los ensayos practicados a cualquier rollo del lote que se está analizando (VMPP reportados por los proveedores) deben ser mayores o iguales a los valores de aceptación especificados en esta norma.

5.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

Para las siguientes referencias normativas aplica su versión vigente o reglamentación que las modifique, sustituya o adicione.

MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO - MVCT

- La Resolución 799 de 2021, por la cual se modifica el Reglamento Técnico de Agua y Saneamiento (RAS) – Resolución 0330 de 2017 expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009”. Versión vigente y sus posteriores actualizaciones.

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS - INVIAS

- La Resolución 1524 de 6 de mayo de 2022, adopta y actualiza las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 por parte del Ministerio de Transporte, como norma técnica para los proyectos de la Red Vial Nacional de Vías.

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALES

- Standard Specification for Geosynthetic Specification for Highway Applications. Washington: AASHTO. (AASHTO M288-22)

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS.

- Standard test method for index puncture resistance of geomembranes and related products. Philadelphia: ASTM. (ASTM D4833)
- Standard test method for measuring the nominal thickness of geosynthetics. Philadelphia ASTM. (ASTM D5199)
- Standard test method for compressive properties of rigid cellular plastics. Philadelphia: ASTM. (ASTM D1621)

- Standard test method for deterioration of geotextiles by exposure to light, moisture and heat in a xenon arc-type apparatus. Philadelphia: ASTM. (ASTM D4355)
- Standard test methods for determining apparent opening size of a geotextile. Philadelphia ASTM. (ASTM D4751)
- Standard test method for grab breaking load and elongation of geotextiles. Philadelphia ASTM. (ASTM D4632)
- Standard test method for bursting strength of textile fabrics-diaphragm bursting strength tester method. Philadelphia: ASTM. (ASTM D3786)
- Standard test method for trapezoid tearing strength of geotextiles. Philadelphia: ASTM. (ASTM D4533)
- Standard test methods for rubber property-adhesion to flexible substrate. Philadelphia ASTM. (ASTM D413)
- Standard test methods for water permeability of geotextiles by permittivity. Philadelphia ASTM. (ASTM D4491)
- Standard test method for determining the (in-plane) flow rate per unit width and hydraulic transmissivity of a geosynthetic using a constant head. Philadelphia: ASTM. (ASTM D4716).
- Standard Test Method for Determining Tensile Properties of Nonreinforced Polyethylene and Nonreinforced Flexible Polypropylene Geomembranes. Philadelphia: ASTM. (ASTM D6693).
- Standard Practice for Nondestructive Testing (NDT) for Determining the Integrity of Seams Used in Joining Flexible Polymeric Sheet Geomembranes. Philadelphia: ASTM. (ASTM D4437).
- Standard Test Method for Oxidative-Induction Time of Polyolefins by Differential Scanning Calorimetry. Philadelphia: ASTM. (ASTM 3895).
- Standard Test Method for Environmental Stress-Cracking of Ethylene Plastics. Philadelphia: ASTM. (ASTM D1693).
- Standard Test Method for Determining the Shear Strength of Soil-Geosynthetic and Geosynthetic-Geosynthetic Interfaces by Direct Shear. Philadelphia: ASTM. (ASTM D5321).
- Standard Test Method for Tensile Properties of Geotextiles by the Wide-Width Method. Philadelphia: ASTM. (ASTM D4595).

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION

- Geotextiles and geotextile-related products — Strength of internal structural junctions. Ginebra: ISO (ISO 13426).
- Plastics — Determination of dynamic mechanical properties. Ginebra: ISO (ISO 6721-1).

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.

- Determinación del índice de resistencia al punzonamiento de geomembranas y productos relacionados. Bogotá ICONTEC. (NTC 3299)

- Método de ensayo para determinar el tamaño de abertura aparente de un geotextil. Bogotá ICONTEC. (NTC 2255)
- Método de ensayo para determinar la permeabilidad del agua de los geotextiles por medio de la permitividad. Bogotá: ICONTEC. (NTC 3541)
- Método de ensayo para determinar la resistencia al rasgado trapezoidal de los geotextiles. Bogotá: ICONTEC. (NTC 2003)
- Método de ensayo para la determinación de la carga de rotura y elongación de geotextiles (Método Grab). Bogotá: ICONTEC. (NTC 1998)
- Método de ensayo para medir el deterioro de los geotextiles por exposición a la luz, a la humedad y al calor en un aparato del tipo arco de xenón. Bogotá: ICONTEC. (NTC 3300).

6.0 REQUISITOS

Las propiedades que deben cumplir los geosintéticos hacen referencia a las propiedades de alta resistencia a la tensión, excelente comportamiento hidráulico, gran durabilidad, alta resistencia química y biológica, y facilidad de construcción.

A lo largo de la presente norma, cuando en las tablas de características mecánicas de los geotextiles se presenten tipos con elongaciones >50%, se refiere a los geotextiles de tipo no tejido, y cuando sean elongaciones <50%, se refiere a los geotextiles de tipo tejido.

6.1 REQUISITOS TÉCNICOS

6.1.1 Geotextiles

Las fibras usadas en la fabricación de geotextiles y los hilos usados para la unión de los geotextiles mediante costura, deben ser de polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos de por lo menos un 95% en peso de poliolefinas o poliésteres. Deben conformar una malla estable de tal forma que los filamentos o fibras mantengan su estabilidad dimensional en relación con los otros, incluyendo los orillos. El hilo de nylon no debe ser usado.

Todos los valores de las propiedades solicitadas en esta norma deben ser iguales o mayores a los valores V.M.P.R. reportadas por los fabricantes. No se aceptarán geosintéticos que no cumplan con esta condición.

Todos los valores de las propiedades a excepción del Tamaño de Abertura Aparente (TAA) en esta norma, representan los valores mínimos promedios por rollo (VMPR) en la dirección principal más débil. Los valores para el TAA representan los valores máximos promedios por rollo.

Todos los geotextiles deben tener una estabilidad ultravioleta mínima del 50%, después de 500 horas de exposición, evaluada con la norma "NTC 3300 Método de ensayo para medir el deterioro de los geotextiles por exposición a la luz, a la humedad y al calor en un aparato del tipo arco de xenón" - "INV E 910" — "ASTM D4355 Standard test method for deterioration of geotextiles by exposure to light, moisture and heat in a xenon arc-type apparatus".

Todos los geotextiles deben tener empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo, y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.

6.1.1.1 Requisitos para el uso de geotextiles en filtros y drenajes

La función principal del geotextil en aplicaciones de drenaje es la filtración. Las propiedades de filtración están en función de la gradación del suelo in situ, la plasticidad y las condiciones hidráulicas.

6.1.1.1.1 Propiedades físicas

Se usarán geotextiles elaborados con fibras sintéticas, del tipo No Tejidos punzonados por agujas o Tejidos multifilamento. El geotextil escogido en el diseño deberá tener capacidad para dejar pasar el agua, reteniendo el suelo del sitio.

No es aceptado para este tipo de aplicación los geotextiles tejidos fabricados con cintas de forma plana.

Para el diseño y selección de los geotextiles tejidos y no tejidos se tendrá como requisito que entre más fino sea el material de subrasante a filtrar, se usará una mayor densidad por metro cuadrado (gramos/m²) del geotextil.

6.1.1.1.2 Propiedades Mecánicas

Las propiedades de resistencia de los geotextiles especificados en este documento han sido obtenidas considerando condiciones y procedimientos normales de instalación y supervivencia.

Los geotextiles empleados para filtro o drenaje deben cumplir con los requisitos de la Tabla 1.

Tabla 1. Requerimientos mínimos de propiedades mecánicas del geotextil

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO	Valor Mínimo Promedio por Rollo (VMPR) Geotextiles No Tejido	Valor Mínimo Promedio por Rollo (VMPR) Geotextiles Tejidos
(Elongación medida según ensayo INV E-901)		Geotextiles No tejidos — Elongación >50%	Geotextiles Tejidos - Elongación <50%
Resistencia a la tensión (Grab)	“NTC 1998” “INV E-901” “ASTM D4632”	700 N	1100 N
Resistencia al punzonamiento	“NTC 3299” “INV E-902” “ASTM D4833”	250 N	400 N
Resistencia al rasgado trapezoidal	“NTC 2003” “INV E-903” “ASTM D4533”	250 N	400 N
Resistencia al Estallido (Mullen Burst)	“INV E-904” “ASTM D3786”	1300 kPa	2700 kPa

6.1.1.1.3 Propiedades hidráulicas

Los geotextiles empleados para subdrenaje deben cumplir con los requisitos de la Tabla 2.

Tabla 2. Requerimientos mínimos de propiedades hidráulicas del geotextil

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO	Valor Mínimo Promedio por Rollo (VMPR)
Permitividad	“NTC 3541” “INV E-905” “ASTM D4491”	0.5 s-1
Tamaño de Abertura Aparente (*)	“NTC 2255” “INV E-907” “ASTM_D4751”	0.43mm (Tamiz No 40)

(*) Nota 1: los valores de Tamaño de Abertura Aparente (TAA) representan el valor máximo promedio por rollo. Para suelos cohesivos con un índice de Plasticidad mayor a siete (7) el valor máximo promedio por rollo de tamaño de abertura aparente deberá ser de treinta centésimas de milímetro (0.30 mm).

La permeabilidad mínima recomendada para los geotextiles debe ser 10 veces mayor que la permeabilidad del suelo. La permeabilidad para los geotextiles se obtiene mediante valores de Permitividad, (Permeabilidad = permitividad * espesor). Los espesores reportados por los proveedores son espesores nominales, medidos conforme con la norma NTC, INV y ASTM; este espesor se obtiene utilizando una presión sobre el Geotextil de 2 kPa durante 60 segundos el cual puede ser diferente al espesor real de trabajo en campo.

6.1.1.1.4 Condiciones de Instalación

- La excavación de la zanja debe ejecutarse de acuerdo con los detalles de los planos del proyecto. En todos los momentos la excavación debe ser hecha de tal manera que se prevengan grandes vacíos en los lados y el fondo de la zanja. La superficie excavada debe ser suave y libre de escombros.
- Durante la colocación del geotextil para aplicaciones de filtración o drenaje, el geotextil debe colocarse suelto sin arrugas ni dobleces y sin espacios vacíos entre el geotextil y la superficie de contacto con el suelo cubriendo totalmente la parte inferior y las paredes laterales de la excavación, dejando por encima la cantidad de geotextil suficiente para que, una vez se acomode el material drenante, se cubra en su totalidad con un traslapo de 0.30 m como mínimo o mediante la realización de costura industrial. Los rollos de geotextil sucesivos deben traslaparse al menos 300 mm, con la manta de geotextil aguas arriba cubriendo a la manta aguas abajo.
- El geotextil no debe quedar expuesto, sin cubrir, por un lapso mayor a tres (3) días.
- En las zanjas mayores o iguales a los 300 mm de ancho, después de colocar el agregado, el geotextil debe ser doblado sobre la parte superior del agregado de tal forma que se produzca un traslapo mínimo de 300 mm. En zanjas con anchos entre 100 mm y 300 mm, el traslapo debe ser igual al ancho de la zanja. Todas las juntas deben ser aprobadas por EMCALI EICE ESP.
- Puesto que el geotextil podría dañarse durante la instalación o la colocación del agregado para el drenaje o filtración, se debe colocar sobre el área dañada un parche con el mismo geotextil extendiéndose unos 300 mm más allá del área afectada, o el traslapo especificado con costura, cualquiera que sea el mayor.
- La colocación del agregado para drenaje debe seguir inmediatamente después de la colocación del geotextil. El geotextil deberá ser cubierto con un mínimo de 300 mm de agregado suelto antes de la compactación.

6.1.1.2 Requisitos para el uso de geotextiles en separación y refuerzo

La función principal del geotextil en aplicaciones de separación es la de no permitir la mezcla de suelos, manteniendo la integridad y buen funcionamiento de dos suelos adyacentes con propiedades y características diferentes. En algunas instalaciones también puede suministrar la función de refuerzo; en esta función se aprovecha el comportamiento a tensión del geotextil para trabajar como complemento de las propiedades mecánicas del suelo, con el fin de controlar los esfuerzos transmitidos tanto en la fase de construcción como en la de servicio de las estructuras. El geotextil actúa como un elemento estructural y de confinamiento de los granos del suelo, permitiendo difundir y repartir las tensiones locales. Estas acciones aumentan la capacidad portante y la estabilidad de la construcción. Para esta función de refuerzo se utilizan los geotextiles tejidos. Para la función de separación se utilizan tanto los geotextiles no tejidos punzonados por agujas como los tejidos.

6.1.1.2.1 Propiedades Físicas

Se emplearán geotextiles “Tejidos” o “No tejidos” elaborados a partir de polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos con un porcentaje mínimo del 95% en peso de poliolefinas o poliéster. Las propiedades requeridas del geotextil para separación deben estar en función de la gradación del material granular, de las condiciones geomecánicas del suelo de subrasante y de las cargas impuestas por los equipos durante la ejecución de los trabajos, permitiendo en todo momento el libre paso del agua.

Para considerar que la función de separación se dé por parte del geotextil, el suelo a separar deberá presentar un CBR mayor o igual a 3 (CBR > 3, o que la resistencia al corte de este sea mayor a 90 kPa aproximadamente) y estar en condición de no saturación.

6.1.1.2.2 Propiedades mecánicas

Las propiedades de resistencia de los geotextiles dependen de los requerimientos de supervivencia y de las condiciones y procedimientos de instalación. Los requisitos indicados en la Tabla 3 corresponden a condiciones normales de instalación.

Tabla 3. Requerimientos de las propiedades mecánicas del geotextil

PROPIEDAD (Elongación medida según ensayo INV E-901)	NORMA DE ENSAYO	Valor Mínimo Promedio por Rollo (VMPR) Geotextiles Tejidos - Elongación <50%	Valor Mínimo Promedio por Rollo (VMPR) Geotextiles No Tejidos - Elongación >50%
Resistencia a la tensión Grab	“NTC 1998” “INV E-901” “ASTM D 4632”	1100 N	700 N
Resistencia al punzonamiento	“NTC 3299” “INV E-902” “ASTM D 4833”	400 N	250 N
Resistencia al rasgado trapezoidal	“NTC 2003” “INV E-903” “ASTM D 4533”	400 N (3)	250 N
Resistencia al Estallido (Mullen Burst)	“INV E-904” “ASTM D 3786”	2700 kPa	1300 kPa

Nota: el VMPR para la resistencia al rasgado trapezoidal de los geotextiles tejidos monofilamento deberá ser de 250 N.

6.1.1.2.3 Requerimientos de propiedades hidráulicas

Los geotextiles deben cumplir con los requisitos establecidos en la Tabla 4; los valores allí indicados excepto el tamaño de abertura aparente son valores mínimos de aceptación en la dirección principal más débil, el valor del Tamaño de Abertura Aparente (TAA) representa el valor máximo de aceptación por rollo.

La Permitividad del geotextil debe ser mayor que la permitividad del suelo ($P_g > P_s$). El interventor también podrá exigir una permeabilidad del geotextil mayor que la presentada por el suelo ($kg > ks$). ($kg =$ Permitividad * Espesor).

Tabla 4. Requerimientos mínimos de propiedades hidráulicas del geotextil

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO	Valor Mínimo Promedio por Rollo (VMPR)
Permitividad	“NTC 3541” “INV E-905” “ASTM D4491”	0.02 s ⁻¹
Tamaño de Abertura Aparente (*)	NTC 2255” “INV E-907” “ASTM D4751”	0.60 mm

(*) Nota 1: los valores de tamaño

ytde abertura aparente (TAA) representan el valor máximo promedio por rollo. Para suelos cohesivos con un Índice de Plasticidad mayor a siete (7) el valor máximo promedio por rollo de tamaño de abertura aparente deberá ser de treinta centésimas de milímetro (0.30 mm).

6.1.1.2.4 Condiciones de Instalación

El sitio de la instalación debe prepararse mediante la limpieza, eliminación de raíces, bloques de roca, troncos, arbustos y la excavación o llenado del área hasta alcanzar la superficie de subrasante especificada en el diseño. Esto incluye la remoción del suelo de cobertura y la vegetación.

Los puntos blandos y las áreas inadecuadas serán identificados durante la preparación del sitio o durante las subsecuentes pruebas de compactación. Estas áreas deben ser excavadas y rellenadas con material seleccionado y compactadas siguiendo los procedimientos normales.

El geotextil debe ser colocado sobre la subrasante preparada, suelto y libre de arrugas y dobleces en la dirección del tráfico de la construcción. Los rollos adyacentes de geotextil deben traslaparse o coserse según los requerimientos de los planos. El tipo de hilo de la costura deberá ser Kevlar, aramida, polietileno, poliéster o polipropileno. No se permitirán hilos elaborados totalmente con fibras naturales, ni hilos de Nylon. Tampoco se permitirán costuras elaboradas con alambres. Ver la Tabla 5 para los requerimientos de traslajos.

Tabla 5. Requerimiento de los Traslajos

CBR (el Suelo)	Traslape Mínimo
Mayor a 3%	300 — 450 mm
1% < CBR < 3%	0.60 — 1.00 m
0.5% < CBR < 1%	1.00 m o Costura
Menos de 0.5%	Costura
Todos los extremos de rollos	1.00 m o costura

En las curvas el geotextil puede doblarse o cortarse para conformar las curvas. El doblar o el traslajo se realiza en la dirección de la construcción y mantenido en su sitio por pasadores, grapas o con montones hechos con el material de relleno o rocas.

Antes de la cobertura, se debe asegurar que el geotextil no haya sido dañado durante la instalación (agujeros, rasgaduras, uniones descosidas, etc.). La inspección la realizará EMCALI EICE ESP.

Los geotextiles dañados, como se hayan identificado, deben ser reparados inmediatamente. Se debe cubrir el área dañada con un parche de geotextil que se extienda más allá del área afectada en una cantidad mínima igual al traslajo requerido.

El material de cobertura debe colocarse descargando sobre el geotextil, comenzando desde sus bordes o sobre un agregado previamente colocado. No se permite el contacto directo de los vehículos de construcción con el geotextil. El material de cobertura debe ser colocado de tal forma que, en todo momento se tenga por lo menos el espesor mínimo de capa de compactación, entre el geotextil y las llantas de los equipos. No se permitirá el giro de los vehículos sobre la primera capa de compactación por encima del geotextil.

En subrasantes con CBR < 1, el agregado debe extenderse en su espesor total tan pronto como sea posible después del descargue con el fin de minimizar el potencial de una falla localizada de subrasante debido a una sobrecarga sobre la misma.

Si se presentan ahuellamientos durante la construcción, estos deben ser llenados con material granular y compactados hasta una densidad especificada.

Si la colocación del material de relleno causa daños al geotextil, el área dañada debe ser reparada tal como se describió previamente. Los procedimientos de colocación deben ser entonces modificados para eliminar posibles daños adicionales (incrementar el espesor de la capa inicial, disminuir las cargas por equipos, etc.).

6.1.2 Geoceldas

La función principal de las geoceldas es formar una estructura de celdas tridimensionales que al llenarse con suelo, grava o concreto generan un confinamiento del material mejorando sus propiedades de desempeño iniciales garantizando la estabilidad dimensional. Puede ser utilizada en carreteras con material granular compacto como refuerzo de suelos blandos o dentro de una estructura de pavimento distribuyendo las cargas sobre un área mayor. Las geoceldas también pueden usarse como elemento de control de erosión en taludes, canales y márgenes de ríos entre otros.

El tamaño y altura de las celdas varían según la aplicación y el diseño. En la estabilización de subrasantes y refuerzo de granulares se utilizan celdas más altas (generalmente entre 125 mm y 250 mm) para mayor capacidad de confinamiento y para sistemas de control de erosión y canales alturas menores de 75mm o 100 mm.

6.1.2.1 Propiedades físicas

Se emplearán geoceldas elaboradas a partir de polímeros sintéticos compuestos por polietileno de alta densidad (HDPE o PEAD) de cadenas moleculares compactas sin ramificaciones con densidad entre 0.945 gr/cm³ y 0.96 gr/cm³. Las geoceldas deben garantizar espesores de pared de 1.5 mm \pm 10% unidas a través de soldadura por ultrasonido. Las propiedades requeridas de la geocelda estarán en función del uso y diseño del proyecto determinando la altura, dimensiones y áreas expandidas de los paneles, al igual, que de las condiciones geomecánicas del suelo de subrasante y de las cargas de diseño.

Los paneles de geoceldas deben unirse por medio de pines conectores diseñados en material de alta resistencia que garantice la continuidad estructural del sistema.

6.1.2.2 Propiedades mecánicas

Las propiedades de resistencia de las geoceldas han sido obtenidas considerando condiciones y procedimientos normales de instalación y supervivencia.

Las geoceldas deben cumplir los requisitos de la tabla 6.

Tabla 6. Requerimientos de las propiedades mecánicas de geoceldas.

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO	Valor Mínimo Promedio por Rollo (VMPR)
Esfuerzo de fluencia a tensión	ASTM D6693	18 KN/m
Esfuerzo de rotura a la tensión	ASTM D6693	13 KN/m
Resistencia en la unión	ISO 13426 Método B ASTM D4437	1420 (N/100mm altura de célula)
Tiempo de inducción oxidativa OIT Estándar	ASTM D3895	\geq 150 min

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO	Valor Mínimo Promedio por Rollo (VMPR)
Resistencia al agrietamiento por exposición ambiental	ASTM D1693	>5000 Horas
Ángulo de fricción conjunto arena – pared de celda	ASTM D5321	>30°
Eficiencia Soldadura mínima promedio	GRI - GS - 13	100%
Dynamic Viscoelastic Spectrometer (DMA)	ISO 6721-1 ASTM E 2254	>600 Mpa

6.1.2.3 Requerimientos de propiedades hidráulicas

Las propiedades hidráulicas de la geocelda dependen de la aplicación y de las características geotécnicas de los materiales de lleno como: granulometría, permeabilidad, cohesión, plasticidad, etc. En cualquier caso, se deberá usar geoceldas de paneles perforados que permiten mejor circulación de agua entre las celdas disminuyendo la presión de poros y riesgo de saturación generando mejor estabilidad en suelos blandos por la interacción suelo – estructura.

El sistema se puede complementar con geotextiles de separación (numeral 6.2.2) para evitar la migración de finos.

6.1.2.4 Condiciones de instalación.

Se debe realizar una limpieza minuciosa de la superficie de la subrasante, eliminando cualquier material que pueda interferir con la instalación del geosintético; realizar la remoción de maleza, objetos sueltos, sobre tamaños y otros elementos que se encuentren sobre la superficie, esto incluye la remoción del suelo de cobertura y la vegetación.

Los puntos blandos y las áreas inadecuadas serán identificados durante la preparación del sitio o durante las subsecuentes pruebas de compactación. Estas áreas deben ser excavadas y rellenadas con material seleccionado y compactadas siguiendo los procedimientos normales, así mismo, las ondulaciones y depresiones localizadas deben ser rellenadas utilizando material granular adecuado.

Es necesario extender un geotextil como elemento de separación y/o refuerzo, antes de instalar la geocelda siguiendo lo establecido en el presente documento en el numeral 6.2.2.4.

La instalación de las geoceldas debe iniciarse colocándolas de manera paralela a la vía y abriéndolas cuidadosamente. Para ello, se deben utilizar estacas y/o varillas situadas estratégicamente a ambos lados de la vía, las cuales servirán para fijar y estabilizar las geoceldas. Es fundamental estirar y/o abrir completamente el panel, para garantizar que adopte su forma tridimensional óptima antes de proceder al relleno con material seleccionado.

Se deben alinear las secciones de geocelda para posteriormente unir las con el elemento conector. Posteriormente se extiende los paneles de geocelda de manera precisa sobre la superficie previamente preparada, asegurando la cobertura total de la zona definida.

El material de relleno definido por el diseñador del proyecto debe ser depositado cuidadosamente dentro de las celdas, garantizando la ausencia de vacíos o áreas con compactación irregular. Para asegurar una distribución uniforme, se recomienda emplear maquinaria convencional como cargadores, minicargadores, retroexcavadoras o equipo manual.

Para el proceso de compactación del material dentro de las geoceldas se debe garantizar un sobre espesor mínimo de 5 cm antes de permitir el tránsito de cualquier equipo. La compactación del material granular debe realizarse utilizando equipos vibratorios que permitan alcanzar los niveles de densidad requeridos.

6.1.3 Geocompuestos de drenaje

Los geocompuestos de drenaje o geodrenes son geosintéticos prefabricados que cuentan con un núcleo formado por una estructura reticular tipo geored, diseñada para permitir el paso del agua a través de su interior. Este núcleo se encuentra recubierto por un geotextil no tejido, el cual actúa como elemento filtrante, reteniendo las partículas del suelo y facilitando el paso de los fluidos.

Por su parte, la geored funciona como el medio drenante, encargado de conducir el agua que atraviesa el geotextil hacia una tubería perforada de sección circular, ubicada en la parte inferior del sistema. Esta tubería se encarga de transportar y descargar el flujo en el punto definido en el diseño.

Estos elementos son sistemas alternativos a los drenes convencionales para el drenaje longitudinal de intercepción.

6.1.3.1 Propiedades físicas

Se usarán geotextiles elaborados con fibras sintéticas, del tipo No Tejidos punzonados por agujas. El geotextil escogido en el diseño deberá tener capacidad para dejar pasar el agua, reteniendo el suelo del sitio. La geored será fabricada partir de polímeros sintéticos compuestos por polietileno de alta densidad (HDPE o PEAD) y tubería termoplástica en PVC corrugada con micro perforaciones.

Las propiedades requeridas del geodrén estarán en función del uso y diseño del proyecto determinando la atura del sistema, dimensiones y diámetros de tubería.

6.1.3.2 Propiedades mecánicas

Las propiedades de resistencia de los geocompuestos especificados en este documento han sido obtenidos considerando condiciones y procedimientos normales de instalación y supervivencia.

Los geocompuestos de drenaje deben cumplir con los requisitos de la Tabla 7.

Tabla 7. Requerimientos de las propiedades mecánicas del geocompuesto de drenaje

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO	Valor Mínimo Promedio por Rollo (VMPR)
Espesor nominal	ASTM D5199	5-10 mm
Resistencia a la compresión	ASTM D1621	700 kPa
Resistencia a la tensión	ASTM D4595	4,8 kN/m

6.1.3.3 Requerimiento de propiedades hidráulicas

Los geotextiles y geored empleados para subdrenaje con geocompuestos de drenaje deben cumplir con los requisitos de la Tabla 8.

Tabla 8. Requerimientos mínimos de propiedades hidráulicas

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO	Valor Mínimo Promedio por Rollo (VMPR)
Tamaño de apertura aparente	ASTM D4751	0,180 mm (tamiz 80)
Permitividad	ASTM D4491	2,9 s ⁻¹
Permeabilidad	ASTM D4491	46x10 ⁻² cm/s
Tasa de flujo	ASTM D4491	8109 L/min/m ²

6.1.3.4 Condiciones de instalación

Se deberá excavar las zanjas con longitudes, pendientes y secciones acorde a los planos o a las indicaciones del diseñador, interventor o responsable de la obra. La excavación deberá tener una profundidad acorde a la altura del geocompuesto de drenaje y/o diseño y un ancho mínimo de 25 cm.

El fondo de la zanja debe nivelarse de tal forma que se garantice la pendiente del diseño, también permitirá que la tubería quede apoyada y debidamente soportada en toda su longitud. El encamado se realiza con material que cumpla una condición de permeabilidad $K_s \geq 1 \times 10^{-3}$ cm/s (arenas gruesas de río, grava, gravilla, etc.) y una altura de 15 cm.

El geodrén se debe instalar en la mitad de la excavación si el material de relleno es diferente al suelo del sitio, en caso contrario puede instalarse en contacto directo con una de las paredes de la excavación, siempre y cuando, el suelo en contacto tenga una permeabilidad $K_s \geq 1 \times 10^{-3}$ cm/s.

Una vez instalado el geocompuesto de drenaje, se debe rellenar la zanja con material del sitio siempre y cuando tenga permeabilidad $K_s \geq 1 \times 10^{-3}$ cm/s, de lo contrario se deberá rellenar con materiales que cumplan esta condición.

6.2 MÉTODO DE PRUEBA

El Constructor y/o Urbanizador suministrará a EMCALI EICE ESP una certificación expedida por el fabricante del geosintético donde se establezca el nombre del fabricante, el nombre del producto, composición química relevante de los filamentos o cintas y otra información pertinente que lo describa totalmente.

El fabricante es responsable de establecer y mantener un programa de control de calidad. Este deberá estar disponible cuando se requiera, mediante un documento que describa el programa de control de calidad de la producción.

La declaración del fabricante hace constar que el geotextil suministrado ofrece valores mínimos promedio por rollo "VMPR", de acuerdo con lo establecido en su hoja de especificaciones de producto, obtenidos bajo el programa de control de calidad del fabricante. La certificación deberá ser expedida por una persona que tenga el reconocimiento legal, de tal forma que comprometa al fabricante.

Esta declaración del fabricante deberá provenir de un laboratorio acreditado para efectuar ensayos de geosintéticos por la superintendencia de industria y comercio.

Un error en el etiquetado o de presentación de los materiales, será razón suficiente para rechazar estos geotextiles.

6.3 ROTULADO

Debe presentarse la Declaratoria por parte del fabricante y proveedor en el que se incorpore el nombre del producto, composición química relevante de los filamentos o cintas y otra información pertinente que describa totalmente el geosintético.

7.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Sistema de Normas Técnicas de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (SISTEC), 2006.

Normas de Diseño y Construcción de Acueducto y Alcantarillado de Empresas Municipales de Cali, 1999.

Manual de Diseño de Infraestructura con Geosintéticos, Departamento de Ingeniería PAVCO WAVIN, X Edición 2022.

Normas de Acueducto y Alcantarillado de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, 2006.

Normas de Acueducto y Alcantarillado de Aguas de Cartagena S.A. ESP, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Cartagena, 2005.

Normas de Diseño de Acueducto y Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín (EPM) ,2006.

Especificaciones Técnicas Generales ET IC – 01, Instituto de Desarrollo Urbano IDU, Resolución 010910 de 2019.