

ESTADO DEL ARTE DE LOS GEOSINTETICOS EN COLOMBIA

DIEGO ORLANDO HERRERA DELGADO

WILDER DANILO MALAVER HERNANDEZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO – MECANICAS

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

BUCARAMANGA

2013

ESTADO DEL ARTE DE LOS GEOSINTETICOS EN COLOMBIA

DIEGO ORLANDO HERRERA DELGADO

WILDER DANILO MALAVER HERNANDEZ

Trabajo de grado para optar al título de

Ingeniero(a) Civil

Director:

Ing. Mario H. Ramirez C.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO – MECANICAS

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

BUCARAMANGA

2013

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	9
INTRODUCCIÓN	15
1. OBJETIVOS	16
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	16
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
2 RESEÑA HISTÓRICA	17
2.1 NORMATIVIDAD.....	19
2.1.1 NORMAS DE ENSAYO ADAPTADAS POR EL INVÍAS SEGÚN LA ASTM:.....	20
3 SECTOR COMERCIAL	22
3.1 ANÁLISIS DE MERCADO.....	24
3.1.1 Las demás placas, láminas, hojas y tiras, de plástico no celular y sin refuerzo, estratificación ni soporte o combinación similar con otras materias: 39.20.10.00.00 de polímeros de etileno.....	24
3.1.2 De polímeros de cloruro de vinilo: 39.20.43.00.00 Con un contenido de plastificantes superior o igual al 6% en peso.....	29
3.1.3 Las demás placas, láminas, hojas y tiras, de plástico: 39.21.90.90.00 las demás. ...	34
4 ESTUDIO TÉCNICO	39
4.1 GEOMEMBRANAS.....	40
4.2 GEOTEXTILES.....	41
4.2.1 Ventajas.....	41
4.3 GEOMALLA.....	43
4.4 GEODREN.....	44
4.5 GEOCELDAS.....	45

4.6 Principales usos de los geosintéticos	47
5. CONCLUSIONES	48
6. BIBLIOGRAFIA	49
ANEXOS	51

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Métodos de ensayo ASTM.....	20
Tabla 2 Materiales disponibles en el mercado nacional	23

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Exportaciones materiales a base de polímeros de etileno	25
Figura 2 Porcentaje materiales geosintéticos periodo 2000-2012	25
Figura 3 Participación de productos geosintéticos por año	26
Figura 4 Países destino de exportaciones periodo 2000-2012.....	26
Figura 5 Importaciones materiales a base de polímeros de etileno.....	27
Figura 6 Porcentaje materiales geosintéticos periodo 2000-2012.	28
Figura 7 Participación de productos geosintéticos por año.	28
Figura 8 Cantidades en Kg. importadas por año.	29
Figura 9 Exportaciones materiales con un contenido de plastificantes superior o igual al 6 % en peso.	30
Figura 10 Porcentaje materiales geosintéticos periodo 2002-2012.	30
Figura 11 Participación de productos geosintéticos por año.	31
Figura 12 Países destino de exportaciones periodo 2002-2012.....	31
Figura 13 Importaciones materiales con un contenido de plastificantes superior o igual al 6 % en peso.	32
Figura 14 Porcentaje materiales geosintéticos periodo 2002-2012.	32
Figura 15 Participación de productos geosintéticos por año	33
Figura 16 Cantidades en Kg. importadas por año.	33
Figura 17 Exportaciones de productos celulares.	34
Figura 18 Porcentajes materiales geosintéticos periodo 2007-2012.	35
Figura 19 Participación de productos geosintéticos por año.	35
Figura 20 Países destino de exportaciones periodo 2007-2012.....	36
Figura 21 Importaciones productos celulares.....	36
Figura 22 Porcentaje materiales geosintéticos periodo 2007-2012.	37
Figura 23 Participación de productos geosintéticos por año.	37
Figura 24 Cantidades en Kg. importadas por año	38
Figura 25 Ubicación geográfica de las experiencias.	39
Figura 26 Porcentaje de geosintéticos más utilizados.....	40

Figura 27 Porcentaje uso de geomembranas.	41
Figura 28 Porcentaje uso de geotextiles no tejidos.	42
Figura 29 Porcentaje uso de geotextiles tejidos.	43
Figura 30 Porcentaje uso de geomallas.	44
Figura 31 Porcentaje uso de geodr�enes.	45
Figura 32 Porcentaje uso de geocelda.	46
Figura 33 Principales usos de los geosintéticos - campos de aplicación.	47

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Clases de polímero.	51
ANEXO B. Polímeros más empleados en la fabricación de geotextiles	53
ANEXO C. Clasificación de los geotextiles	54
ANEXO D. Funciones de los geosintéticos	55

RESUMEN

TÍTULO: ESTADO DEL ARTE DE LOS GEOSINTÉTICOS EN COLOMBIA*

AUTORES: DIEGO ORLANDO HERRERA DELGADO **

WILDER DANILO MALAVER HERNANDEZ**

PALABRAS CLAVES:

Materiales geosintéticos, sector comercial, estudio técnico, estado actual.

DESCRIPCIÓN:

De acuerdo al crecimiento de las necesidades presentadas por la humanidad, resultado de la continua evolución; la ingeniería continua creando y proponiendo herramientas que faciliten nuestro desarrollo, como solución a las diferentes problemáticas presentes a la hora de estabilizar un terreno hay una tendencia que define lo que hoy conocemos como ingeniería estructural; gracias a la constante y rápida evolución en tecnología de materiales de construcción es posible crear estructuras cada vez más seguras, durables y al mismo tiempo amigables con el medio ambiente, muchos materiales de construcción han sido reemplazados con el paso de los años hecho que seguramente continuara presentándose. Este trabajo presenta los resultados de una búsqueda y recopilación de información acerca del desarrollo e implementación de materiales geosintéticos en nuestro país. Gran parte de esta información fue suministrada por las entidades más representativas en el mercado nacional. Basados en esta documentación, la primera parte de este artículo contiene una reseña histórica e introducción a los materiales geosintéticos disponibles en el mercado. La segunda parte comprende un análisis del sector comercial, y, posteriormente, un estudio técnico del uso que se les está dando a estos materiales en el territorio nacional, de tal manera que se permita concluir cuál es el estado actual de los geosintéticos en Colombia y generar un conocimiento crítico del tema en nuestro país.

*proyecto de grado.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Mario H. Ramirez C.

ABSTRACT

TITLE: STATE OF THE ART IN COLOMBIA GEOSYNTHETICS *

AUTHORS: DIEGO ORLANDO HERRERA DELGADO **

WILDER DANILO MALAVER HERNANDEZ**

KEYWORDS:

Geosynthetics materials, commercial sector, technical study, current state.

DESCRIPTION:

According to the growth of needs presented by the humanity, Result of the continuing evolution; The engineering continues creating and proposing tools that facilitate our development, how solution to the different problematic present to the hour of to stabilizing a terrain there is a tendency that defines what we know today how structural engineering; Thanks to the constant and fast evolution in technology of materials of construction is possible to create structures increasingly secure, durable and at the same time friendly with the environment, much materials of construction have been to replacing With the passage of the years fact that surely will continue presenting. This paper presents the results of a search and collection of information about the development and implementation of geosynthetics materials in our country, much of this information was provided by the most representative institutes in the country. Based on this documentation the first part of this article contains a brief history and introduction to geosynthetics materials available in the market. The second part does an analysis of the commercial sector and then a technical study of the use given to this materials in the country, therefore we will be able to conclude the current state of geosynthetics in Colombia and generate critical knowledge on the issue in our country.

*proyecto de grado.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Mario H. Ramirez C.

INTRODUCCIÓN

Para el buen entendimiento de lo que se expone en el presente artículo es necesario que el lector presente de antemano un buen conocimiento de conceptos y terminología referentes a los geosintéticos; pese al relativo corto tiempo de la existencia de estos materiales, ya se cuenta con una bibliografía bastante extensa, que se resume en libros, artículos e informes documentados de experiencias sobresalientes que marcaron un hito en el proceso evolutivo de los geosintéticos.

Generar un estado del arte implica realizar una exhaustiva búsqueda y recopilación de información como punto fundamental en el estudio. Con el ánimo de recuperar y trascender el conocimiento acumulado hasta la actualidad en un ámbito nacional, se recurre, en primera instancia, a una herramienta muy práctica que facilita el intercambio de datos. La información dispuesta en la web resume casi en su totalidad la bibliografía existente sobre el tema, las entidades directamente relacionadas con su producción y distribución, actualmente consideradas las más sobresalientes en el medio disponen de gran parte de la documentación, registros e información electrónica de uso público y de fácil acceso. Adicionalmente, existen entidades reguladoras que buscan normalizar el sector comercial y, en cierta medida, su implementación en el proceso constructivo a través de especificaciones técnicas que más adelante serán citadas y revisadas.

Proveniente de diversas fuentes, la información recolectada necesaria para establecer un balance de la situación del país, básicamente será clasificada de forma categorial dividiendo el estudio en tres líneas principales para su análisis: 1. Historia, introducción y contextualización 2. Análisis del sector comercial y 3. Estudio técnico para el uso de los geosintéticos en Colombia.

1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Construir un estado del arte del uso y aplicaciones de materiales geo sintéticos en Colombia.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Recopilar y clasificar información existente sobre el estado actual en el uso de geosintéticos utilizados en obras civiles y proyectos geotécnicos en territorio colombiano.
- ✓ Organizar y caracterizar el funcionamiento de cada uno de los diferentes tipos de geosintéticos disponibles en el mercado respecto a los diversos campos de aplicación principalmente en la construcción de proyectos viales.
- ✓ Analizar el acelerado crecimiento del sector comercial; tipos de geosintéticos más utilizados y producidos en el país con el fin de orientar el desarrollo nacional hacia ambientes y suelos tropicales característicos.

2 RESEÑA HISTÓRICA

Como respuesta a la constante evolución de la humanidad y sus crecientes necesidades el avance en tecnología de materiales de construcción contribuye notablemente al desarrollo de la ingeniería estructural. No obstante, la idea de reforzar suelos data de tiempos muy remotos cuando los materiales utilizados resultaban no ser los más apropiados, y la falta de tecnificación y metodologías en los procesos era evidente; pese a esto, la idea permaneció vigente hasta principios del siglo pasado, cuando se realizan los primeros intentos de reforzar una estructura de pavimento con el uso de fibras sintéticas; dirigido por el Departamento de Vías de Carolina del Sur, en Estados Unidos, en 1926 se realiza el primer experimento, que consistía en poner sobre una capa de base del pavimento flexible una gruesa capa de algodón, verter uniformemente asfalto caliente sobre la fibra y posteriormente protegerlo con una delgada capa de arena. Los resultados del ensayo se dieron a conocer en 1935, y evidenció un mejor comportamiento al disminuir significativamente el desgaste del pavimento, lo que garantizaba una aceptable condición de servicio de la estructura antes de que la fibra se deteriorara completamente.

Motivados por los resultados positivos obtenidos con los primeros ensayos, los estudios en el tema continuaron, tanto así que a finales de 1950 los intentos de Robert J. Barrett, considerado por varios autores como el padre de los geotextiles, quien se da a la lucha de implementar el uso de geotextiles como reemplazo de los filtros granulares utilizados como revestimientos de control de erosión. En 1958 se ejecuta una estructura de muelle construida en Florida, conocida como uno de los primeros casos documentados. Los campos de aplicación comenzaron a explorarse y se utilizaron como protección para evitar el lavado de finos detrás de bloques de concreto en zonas costeras; aunque en estos primeros años no se contaba con varios tipos de geotextiles y el diseño se basaba, principalmente, en ensayo y error, el uso de estos materiales en lugar de filtros granulares de hasta un metro de espesor representaba una

reducción de costos; y el interés por desarrollar e implementar geosintéticos alcanzó su punto máximo. El uso de materiales compuestos a base de polímeros como tejidos plásticos comenzó a incrementarse exitosamente en posteriores proyectos; surgió de esta manera la industria de los geotextiles.

Años más tarde, a mediados de los años 60, los avances se siguen presentando y los campos de aplicación comienzan a definirse. Materiales con estructura de malla tejida utilizados para control de erosión, el invento del primer geocompuesto de drenaje prefabricado, utilizado para acelerar el proceso de consolidación en suelos blandos y la fabricación del primer geotextil no tejido de poliéster en Francia, utilizado en la construcción de la primera represa reforzada con geotextiles; marcan a 1970 como fecha de partida de los geosintéticos. A partir de este momento la investigación y desarrollo del campo se fortalece gracias a aportes al tema con publicaciones técnicas enfocadas a los procedimientos de diseño, métodos de prueba, procedimientos de instalación y especificaciones de los materiales.

Surge así la fabricación de fibras sintéticas para la producción de geomateriales con aplicaciones específicas, como una búsqueda para satisfacer las necesidades; predominando inicialmente sobre este hecho la función que el producto en sí. Los avances mostrados en los últimos 25 años son significativos y el desarrollo de normas que tecnifican su fabricación y uso son desarrolladas por organizaciones a nivel mundial, especialmente en Norteamérica por la ASTM (American Society for Testing Materials) que estableció los procedimientos estándar de ensayo, además de otras organizaciones en Europa, Australia y Japón donde se registran los mayores avances. Resultado de las investigaciones realizadas por estas organizaciones reguladoras, actualmente existen diversas metodologías de diseño adaptadas al campo de aplicación. «La ASTM (1997) ha definido un geosintético como un producto plano, fabricado a partir de un material polímero utilizado con el suelo, roca, tierra u otro material geotécnico relacionada como una parte integral de un proyecto de ingeniería civil, estructura o sistema».

La incursión de los geosintéticos en Colombia se registra a principios de los años 80, diez años después de consolidada la industria en países desarrollados. Con este hecho comienzan a surgir las primeras empresas productoras de textiles compuestos a base de polímeros, pioneras en tecnología con geosintéticos para obras viales, de infraestructura, ambientales y civiles. Desde su entrada al ámbito nacional, nuestro país se une a una creciente corriente de innovación en las metodologías tradicionales de diseño y construcción, principalmente, de proyectos viales, lo que poco a poco lo va posicionando en el mercado. Luego de varios años de experiencias se hace notoria la necesidad de investigar y analizar su uso y comportamiento en un contexto más característico, se adopta entonces la responsabilidad de conocer sus limitaciones dentro de ambientes colombianos y se asume la responsabilidad de optar por una red vial de mejor calidad.

2.1 NORMATIVIDAD

En 1994 inicia labores el Instituto Nacional de Vías —INVÍAS— «con el objetivo de ejecutar las políticas y proyectos relacionados con la infraestructura vial a cargo de la nación» en un afán por regularizar el progresivo mercado. El 27 de junio de 2002 se publican las especificaciones para la normalización de materiales geosintéticos, se adoptan normas de instalación basadas en la AASHTO (1998) que mejor se adaptan a las condiciones geomorfológicas y suelos tropicales y normas de ensayo desarrolladas por la ASTM.

En Colombia se han desarrollado las especificaciones del Invías basadas en la AASHTO M288-05 para la construcción de:

- Separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil (Artículo 231).
- Estabilización de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil (Artículo 232).
- Pavimentación y repavimentación con geotextiles (Artículo 464).

- Subdrenes con geotextil y material granular (Artículo 673).
- Productos enrollados para control de erosión (Artículo 811).

Para garantizar el comportamiento del geosintético en los diferentes campos de aplicación se realizan ensayos de laboratorio que ayudan a predecir el comportamiento del material en funciones específicas.

2.1.1 NORMAS DE ENSAYO ADAPTADAS POR EL INVÍAS SEGÚN LA ASTM:

Tabla 1. Métodos de ensayo ASTM

NORMAS DE ENSAYO	REFERENCIAS
METODO PARA LA DETERMINACION DE LA CARGA DE ROTURA Y LA ELONGACION DE GEOTEXILES (METODO GRAB) ASTM D-4632, INV E – 901	ASTM D 4632-901 ICONTEC 1998 (C16.1 05/83)
METODO PARA LA DETERMINACION DEL INDICE DE RESISTENCIA AL PUNZONAMIENTO DE GEOTEXILES, GEOMEMBRANAS Y PRODUCTOS RELACIONADOS ASTM D-4833, INV E – 902	ASTM D 4833 ICONTEC 3299 (C16.168/91)
METODO PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA AL RASGADO TRAPEZOIDAL DE GEOTEXILES ASTM D-4533, INV E – 903	ASTM D4533 ICONTEC 2003 (C16.113/84)
METODO PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA AL ESTALLIDO DE GEOTEXILES (METODO DEL DIAFRAGMA HIDRAULICO-MULLEN BURST) ASTM D-3786, INV E – 904	ASTM D 3786-87 ICONTEC 2 678 (C31.051/87)
METODO PARA LA DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD AL AGUA DE LOS GEOTEXILES POR MEDIO DE LA PERMITIVIDAD ASTM D-4491, INV E - 905	ASTM D4491 -92 ICONTEC 2002
METODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA DETERMINAR EL ESPESOR NOMINAL DE GEOTEXILES Y GEOMEMBRANAS ASTM D-5199, INV E – 906	ASTMD 5199-91
METODO ESTANDAR PARA LA DETERMINACION DEL TAMAÑO DE ABERTURA APARENTE (TAA) DE UN GEOTEXTIL ASTM D-4751, INV E – 907	ASTM D4751 - 95ICONTEC
METODO DE MUESTREO DE GEOSINTETICOS PARA ENSAYOS ASTM D-4354 Y 4439, INV E - 908	ASTM D 4354 - 89 ASTM D 4439
PRACTICA PARA ESTABLECER LA CONFORMIDAD DE ESPECIFICACIONES DE GEOSINTETICOS ASTM D- 4759 Y 4439, INV E – 909	ASTM D 4759 - 88 (Reaprobada 1992) ASTM D 4439
METODO DE ENSAYO PARA MEDIR EL DETERIORO DE GEOTEXILES A LA EXPOSICION DE LUZ ULTRAVIOLETA Y AGUA, (APARATO DEL TIPO ARCO XENON) ASTM D-4355, INV E – 910	ASTM D 4355-92
METODO ESTANDAR PARA DETERMINAR LA RETENCION DE ASFALTO DE GEOTEXILES USADOS EN REPAVIMENTACIONES ASFALTICAS ASTM D-6140, INV E - 911	ASTM D 6140-00
METODO ESTANDAR PARA MEDIR LA MASA POR UNIDAD DE AREA DE GEOTEXILES ASTM D-5261, INV E – 912	ASTM D 5261-92
METODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA AL PUNZONAMIENTO ESTATICA DE GEOTEXILES USANDO UN PISTON DE PRUEBA DE 50 MM DE DIAMETRO ASTM D-6241 , INV E - 913	ASTM D 6241 – 99
METODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE DE FRICCION SUELO – GEOSINTETICO Y GEOSINTETICO -GEOSINTETICO POR EL METODO DE CORTE DIRECTO ASTM D 5321 – 02	ASTM D 5321-02 ASTM D 698 ASTM D 1557 ASTM D 3080
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA TASA DE FLUJO Y LA TRANSMISIVIDAD HIDRAULICA DE UN GEOSINTETICO UTILIZANDO UNA CABEZA CONSTANTE ASTM D 4716 – 03	ASTM D 4716 – 03
MEDIDA DEL POTENCIAL DE COLMATACION DE UN SISTEMA SUELO - GEOTEXTIL POR LA VARIACION DEL GRADIENTE HIDRAULICO ASTM D 5101 -90	ASTM D 5101- 90

Fuente: Autores

Como respuesta a la constante evolución de la humanidad y sus crecientes necesidades el avance en tecnología de materiales de construcción contribuye Comprometidos con la regularización y promoción de la calidad de la infraestructura vial del país, el Instituto nacional de vías en el 2007 publica la actualización de normas de ensayo y especificaciones generales de construcción de carreteras que complementan la actualización parcial realizada en el 2002. Se actualizaron doscientas y una normas de ensayo e incorporaron cuarenta y ocho nuevas normas; estas en su mayoría se actualizaron tomando como referencia las normas aprobadas por la AASHTO en 2005 y en concordancia con las más recientes versiones de entidades como la ASTM y el Comité Europeo de Normalización (CEN). Las especificaciones generales de construcción se complementan con dieciséis nuevos artículos, sumando un total de noventa y cinco artículos. Esta actualización fue adoptada formalmente por el Ministerio de Transporte el 15 de agosto de 2007.

Otra entidad que ha intentado regular la ejecución de obras de infraestructura vial es el Instituto de Desarrollo Urbano IDU entidad creada en 1972. Con el correr de los años se le asignaron nuevas tareas convirtiéndola en la única entidad encargada del desarrollo de planes viales y de infraestructura de servicios. Dentro de las especificaciones se contemplan puntos referentes al correcto uso de materiales geosintéticos en obras desarrolladas en la capital de la república. Entre estas tenemos:

- ✓ “Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción para proyectos de infraestructura vial y de espacio público en BOGOTÁ D.C. –IDU ET 2011”
- ✓ “separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil 2.0”
proceso acto administrativo: 4880
Sección: 330-11
INV E-908-07, INV E-909-07 e INV E-909-07
- ✓ "por la cual se adopta la guía para el buen uso de los geosintéticos. GU-GE-007 v_01" resolución número 4218 del 10 oct de 2011.
- ✓ "por la cual se adoptan las siguientes especificaciones técnicas geomallas en capas asfálticas_v.1.0. Aplicación del grano de caucho en mezclas asfálticas

den caliente (vía húmeda _v.1.0.) y parcheo de pavimento con mezclas asfálticas prefabricadas almacenadas” resolución número 3649 del 16 septiembre de 2009.

3 SECTOR COMERCIAL

Previos estudios de mercado resaltan la gran oferta de estos materiales en el país, varias empresas se han enfocado en la producción y comercialización para mejorar continuamente sus procesos y tecnología al desarrollar una gran variedad de tipos de fibra y estilos de tejido.

La fabricación puede darse a base de diferentes tipos de resina:

- Polipropileno 92 %
- Poliéster 5 %
- Polietileno 2 %
- Poliamida (nylon) 1 %

Del tipo de polímero utilizado en el proceso de fabricación depende directamente el comportamiento químico y mecánico del geosintético. Los dos primeros son los más utilizados en la industria colombiana, como materia prima en la producción. Es común que al referirnos a la composición de materiales geosintéticos los relacionemos directamente con el uso de fibras sintéticas poliméricas, y son estas las más utilizadas; pero, como consecuencia de los diversos campos de aplicación, también se pueden utilizar fibras naturales y artificiales. Lo anterior nos muestra una clara y directa relación entre materia prima, tipo de fibra utilizada, proceso productivo y campo de aplicación para el cual está destinado el material; esto da como resultado diferentes tipos de geosintéticos.

A continuación citaremos los principales geomateriales más comúnmente utilizados en la ejecución de obras de infraestructura vial, obras civiles, geotécnicas y ambientales:

- Geotextiles

- Geomallas
- Geomembranas

La capacidad tecnológica adquirida por las empresas nacionales deja claro que este no es un impedimento para cumplir con la demanda al producir materiales certificados, que se posicionan gracias al nombre y reconocimiento adaptado durante años por el mercado objetivo.

La producción nacional se centraliza en geotextiles tejidos y no tejidos que se exportan a varios países de Latinoamérica, mientras que gran parte de materiales, como geomembranas y geomallas, provienen de países como Italia, Chile, Estados Unidos y varios países europeos. Lo anterior no limita la presencia de un amplio portafolio de materiales disponibles en nuestro país.

Un considerable número de reconocidas marcas internacionales se abren paso cada vez más apoyados en entidades dedicadas exclusivamente a la comercialización:

Tabla 2 Materiales disponibles en el mercado nacional

Material	Empresa			
Geomembranas	• Pavco	• Geopolimeros	• Productos Químicos Andinos S.A	• Filmtex
	• Durman	• Geomembranas	• Gerfor	
Geotextil tejido	• Pavco	• Durman	• Syntex	• Geomembranas
	• Geomatrix	• Geopolimeros	• Filmtex	• Gerfor
Geotextil no tejido	• Pavco	• Syntex	• Geopolimeros	• Filmtex
	• Geomatrix	• Durman	• Geomembranas	• Gerfor
Geoceldas	• Pavco	• Syntex		
Geomalla	• Pavco	• Syntex	• Geopolimeros	
	• Geomatrix	• Durman	• Geomembranas	
Geodren	• Pavco	• Geopolimeros	• Geomembranas	

Fuente: Autores

Determinar un acertado balance del mercado colombiano con cifras concretas de producción y comercialización resulta una tarea muy compleja ante la existencia de políticas internas que se manejan en las empresas y que limitan la obtención de este tipo de información.

Según la nomenclatura que utiliza la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales —DIAN— para designar las mercancías que entran y salen de nuestro país, se realiza un estudio al comportamiento para algunos productos geosintéticos del mercado nacional en los últimos años. Esta clasificación se realiza con partidas arancelarias que aplican para todos los países, aunque cada país puede designar subpartidas diferentes al mismo producto. Es importante resaltar que algunas subpartidas comprenden productos compuestos a base de la misma materia prima, en este caso, el tipo de polímero.

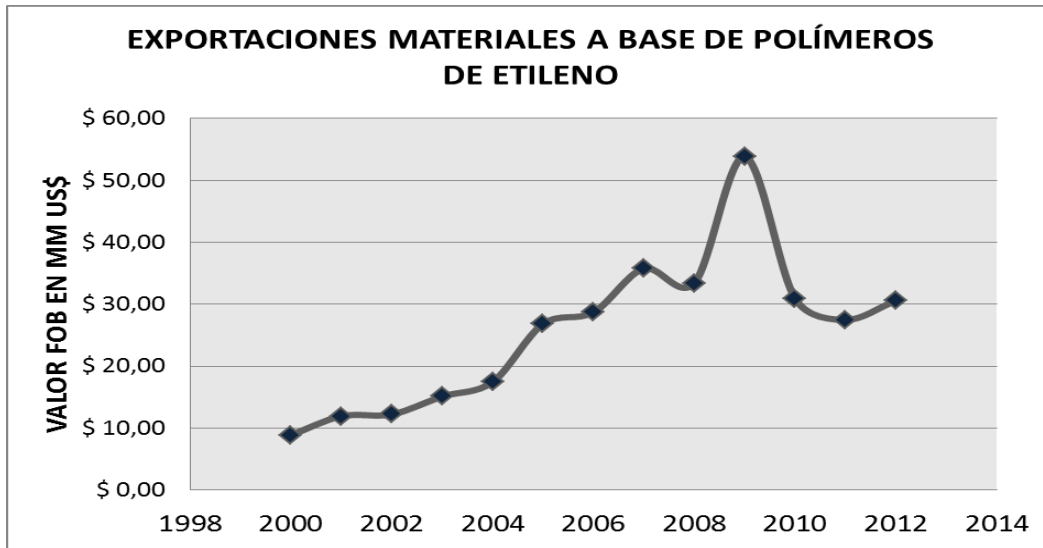
3.1 ANÁLISIS DE MERCADO

A partir de tres partidas arancelarias se realizó un seguimiento a las exportaciones e importaciones de materiales geosintéticos registradas en la última década.

3.1.1 Las demás placas, láminas, hojas y tiras, de plástico no celular y sin refuerzo, estratificación ni soporte o combinación similar con otras materias: 39.20.10.00.00 de polímeros de etileno.

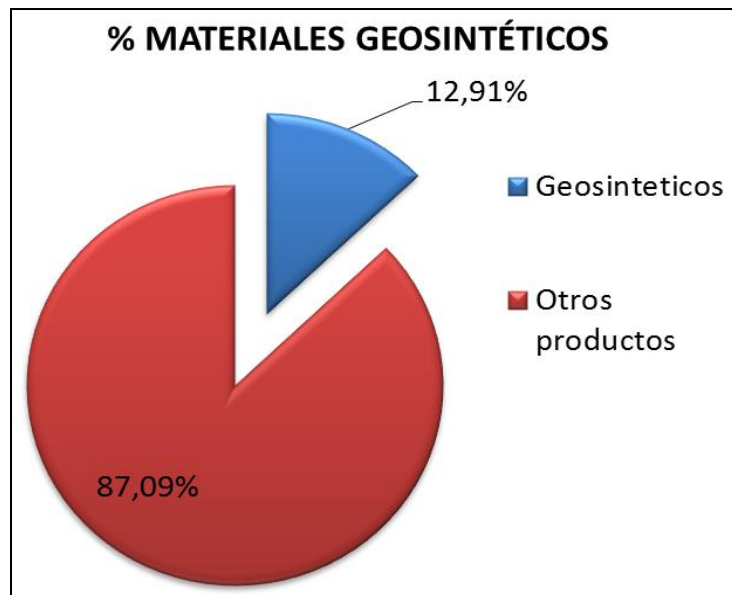
Exportaciones:

Figura 1 Exportaciones materiales a base de polímeros de etileno



Fuente: Cámara de Comercio.

Figura 2 Porcentaje materiales geosintéticos periodo 2000-2012



Fuente: Cámara de Comercio.

Figura 3 Participación de productos geosintéticos por año



Fuente: Cámara de Comercio.

Figura 4 Países destino de exportaciones periodo 2000-2012

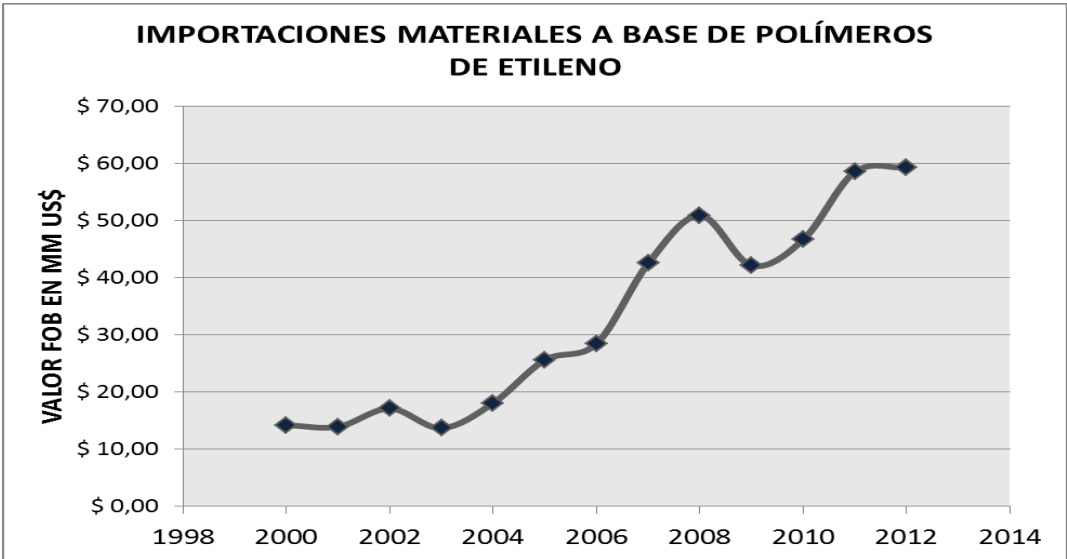


Fuente: Cámara de Comercio.

El crecimiento que se observa en la comercialización para productos a base de polímeros de etileno, reafirma las características técnicas que este material posee y se mantiene dentro del mercado de varios países latinoamericanos con progresivas exportaciones. La participación de productos geosintéticos por año Figura 3 evidencia este hecho; incrementando progresivamente en las exportaciones realizadas en este periodo.

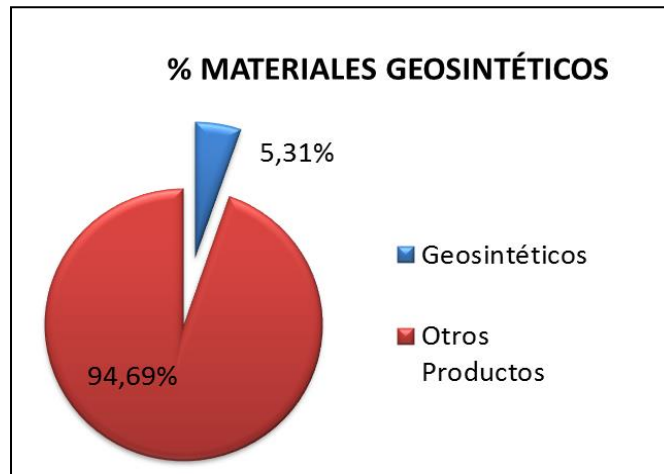
Importaciones:

Figura 5 Importaciones materiales a base de polímeros de etileno



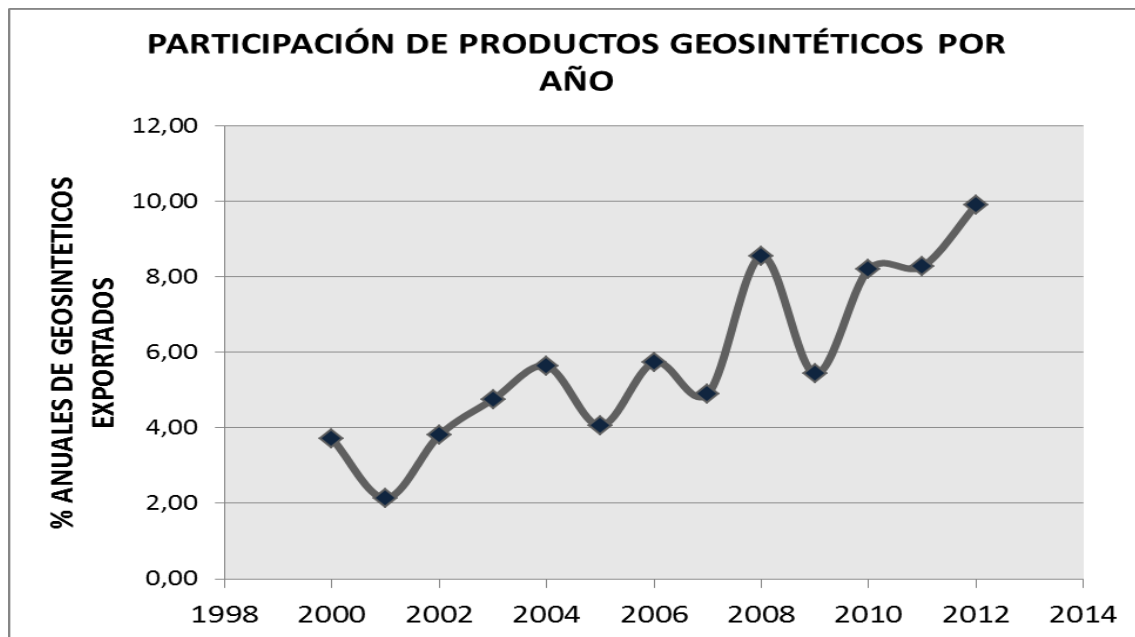
Fuente: Cámara de Comercio.

Figura 6 Porcentaje materiales geosintéticos periodo 2000-2012.



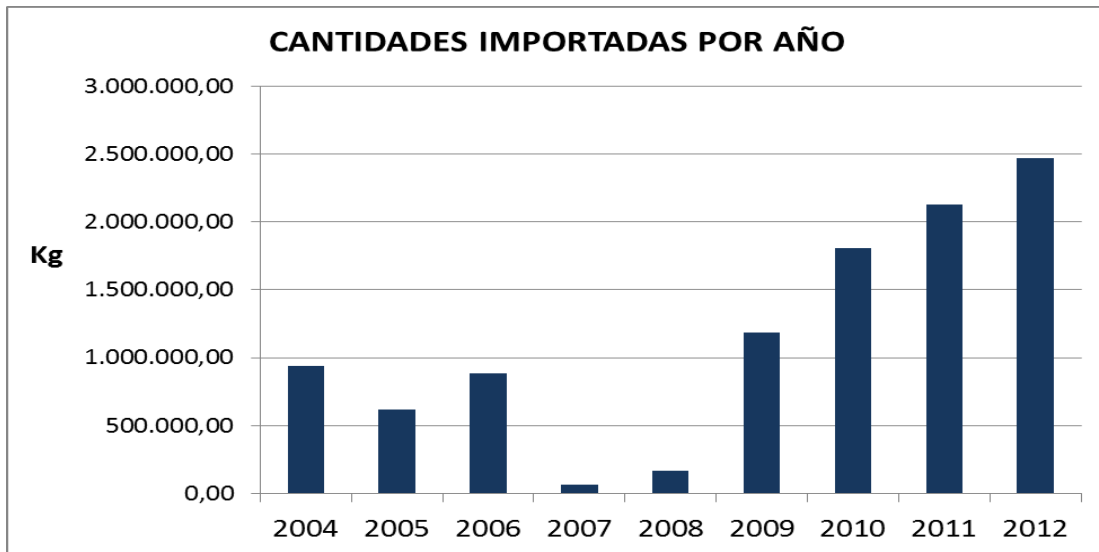
Fuente: Cámara de Comercio

Figura 7 Participación de productos geosintéticos por año.



Fuente: Cámara de Comercio.

Figura 8 Cantidades en Kg. importadas por año.



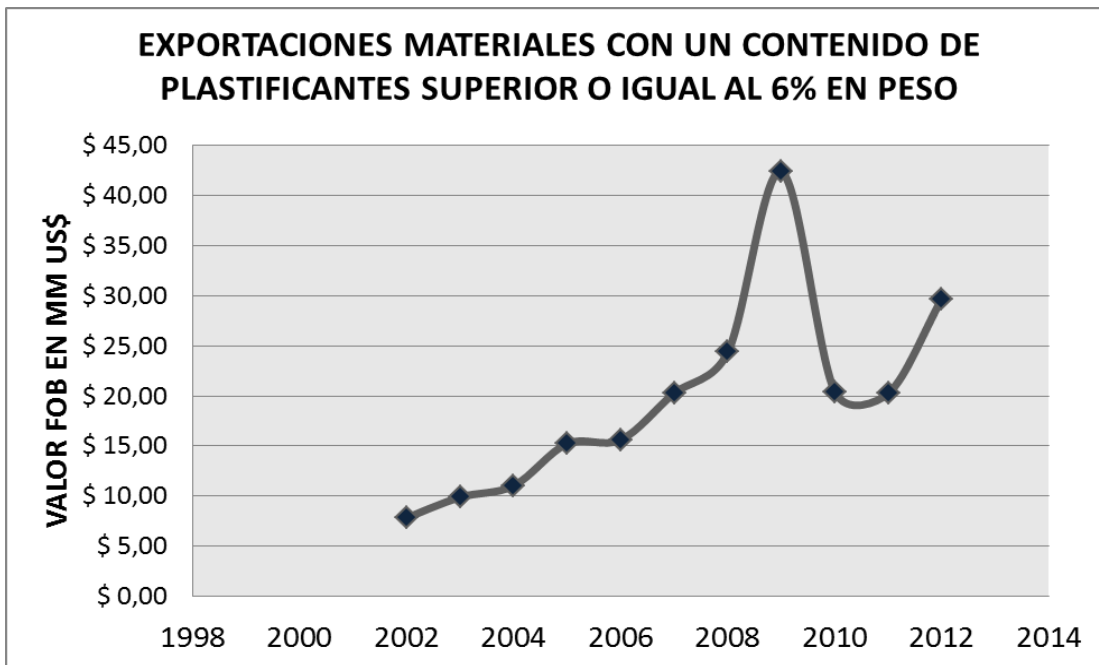
Fuente: Cámara de Comercio.

Las cantidades importadas por año para materiales geosintéticos de polímeros de etileno en los últimos años aumentan notoriamente, lo que resalta el uso de esta materia prima en la producción materiales geosintéticos.

3.1.2 De polímeros de cloruro de vinilo: 39.20.43.00.00 Con un contenido de plastificantes superior o igual al 6% en peso

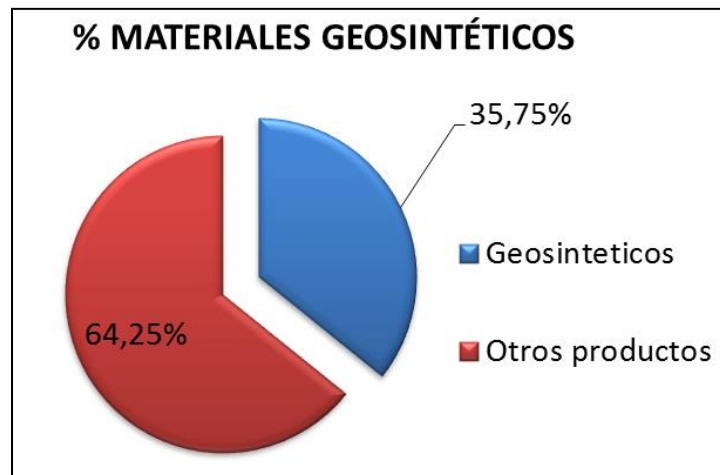
Exportaciones:

Figura 9 Exportaciones materiales con un contenido de plastificantes superior o igual al 6 % en peso.



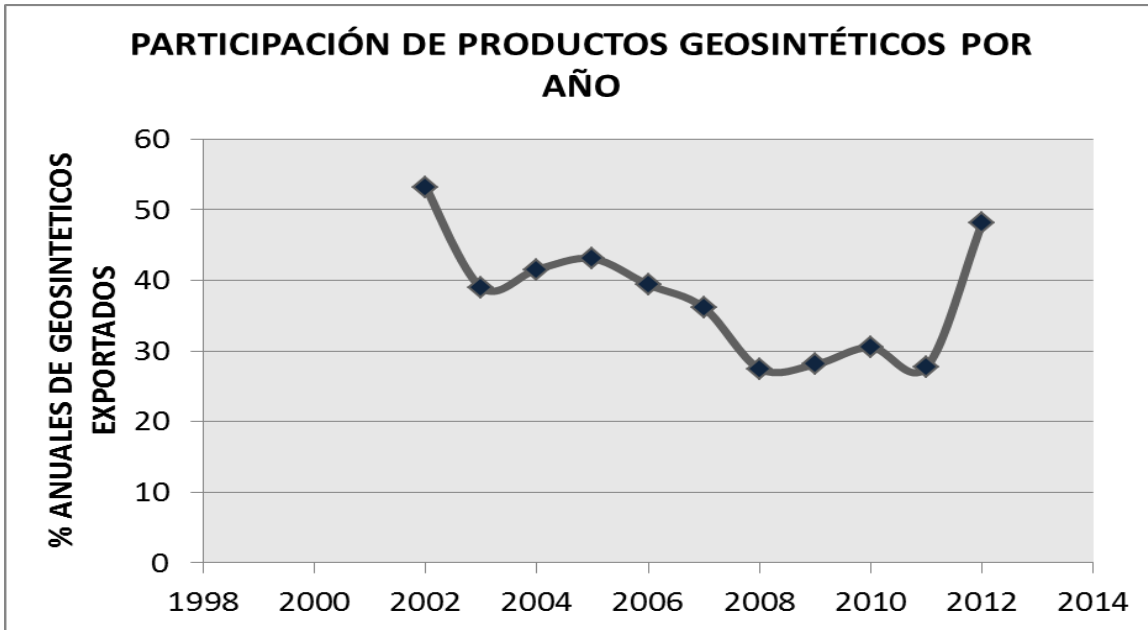
Fuente: Cámara de Comercio.

Figura 10 Porcentaje materiales geosintéticos periodo 2002-2012.



Fuente: Cámara de Comercio.

Figura 11 Participación de productos geosintéticos por año.



Fuente: Cámara de Comercio.

Figura 12 Países destino de exportaciones periodo 2002-2012.



Fuente: Cámara de Comercio.

Estas partidas clasifican los productos de acuerdo a la materia prima, esto quiere decir que las cifras de exportaciones incluyen productos ajenos al objetivo, la

Figura 12 resalta la baja participación que ha venido presentando en los últimos años esta resina en la producción de geosintéticos.

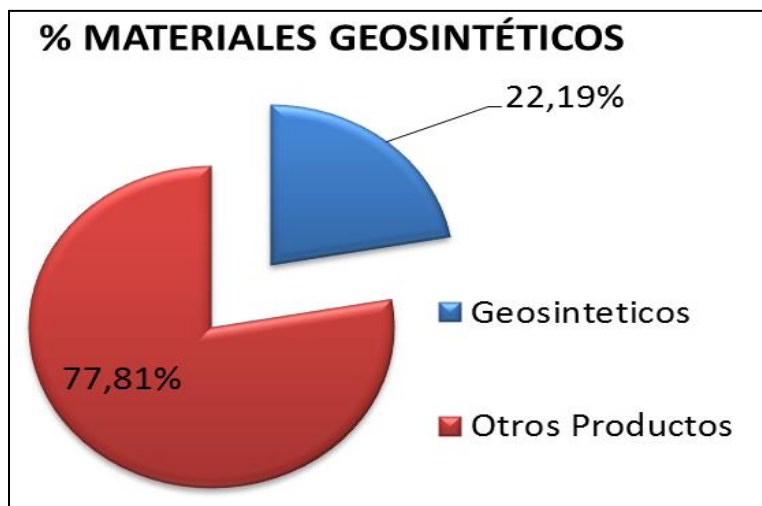
Importaciones:

Figura 13 Importaciones materiales con un contenido de plastificantes superior o igual al 6 % en peso.



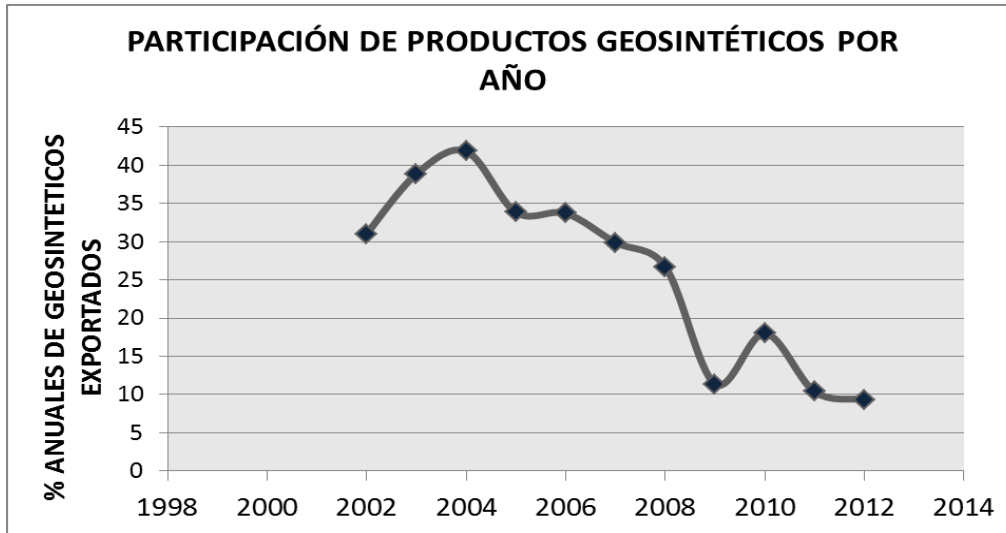
Fuente: Cámara de Comercio.

Figura 14 Porcentaje materiales geosintéticos periodo 2002-2012.



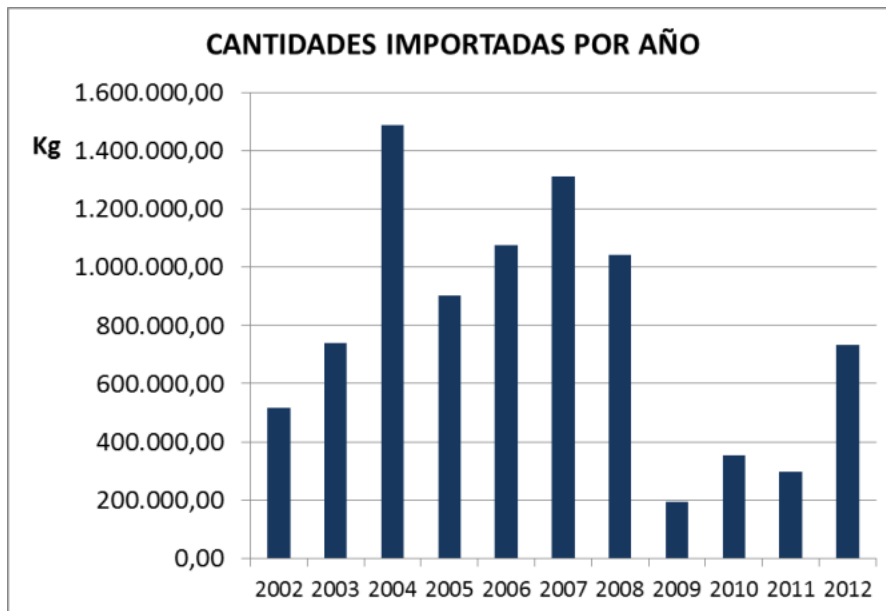
Fuente: Cámara de Comercio.

Figura 15 Participación de productos geosintéticos por año



Fuente: Cámara de Comercio.

Figura 16 Cantidades en Kg. importadas por año.



Fuente: Cámara de Comercio.

El uso de materiales a base de polímeros de cloruro de vinilo para la fabricación de geomateriales muestra una tendencia hacia la sustitución por otros polímeros que presentan mejores características mecánicas y tiempos de durabilidad mayores.

3.1.3 Las demás placas, láminas, hojas y tiras, de plástico: 39.21.90.90.00 las demás.

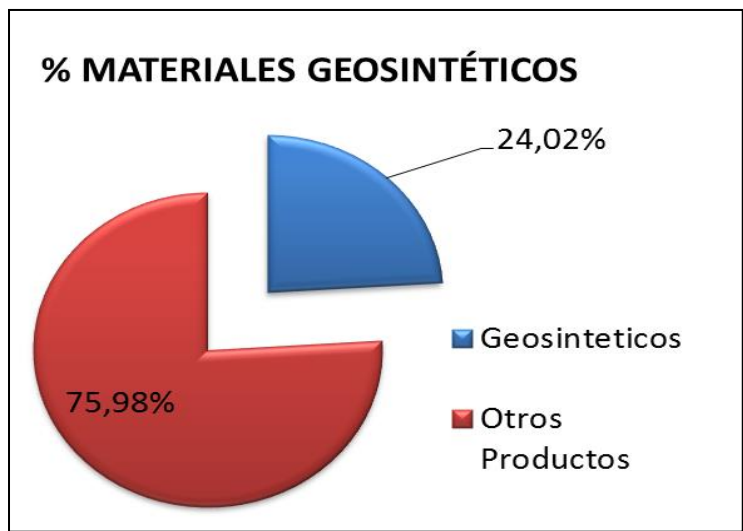
Exportaciones:

Figura 17 Exportaciones de productos celulares.



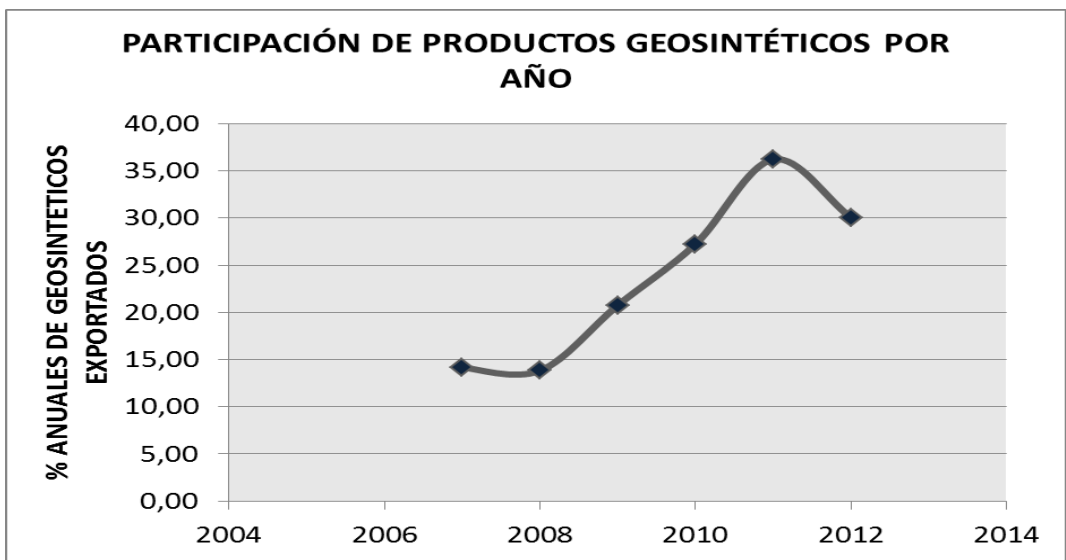
Fuente: Cámara de Comercio.

Figura 18 Porcentajes materiales geosintéticos periodo 2007-2012.



Fuente: Cámara de Comercio.

Figura 19 Participación de productos geosintéticos por año.



Fuente: Cámara de Comercio.

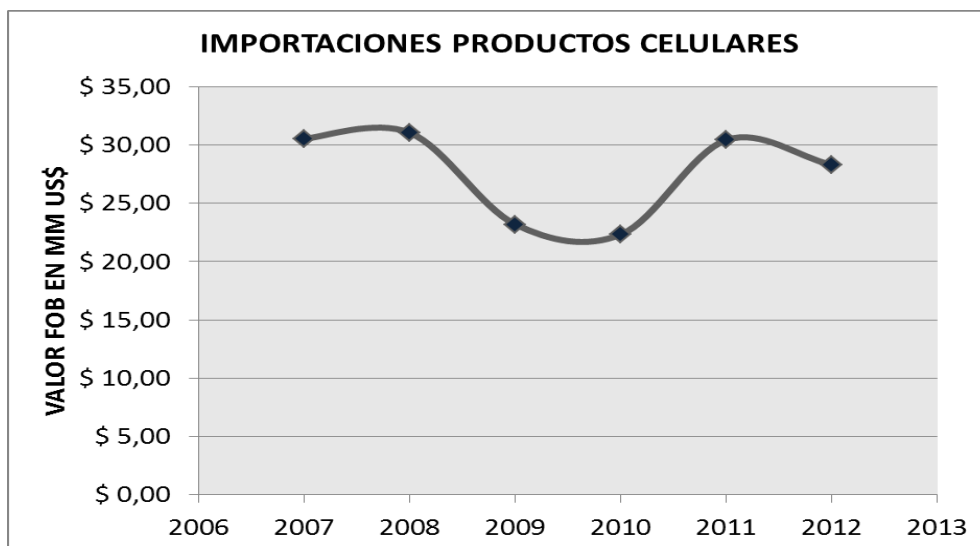
Figura 20 Países destino de exportaciones periodo 2007-2012.



Fuente: Cámara de Comercio.

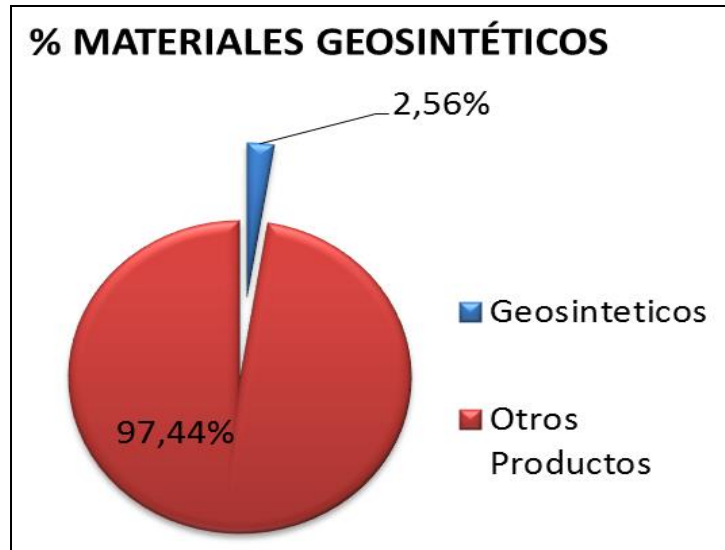
Importaciones:

Figura 21 Importaciones productos celulares.



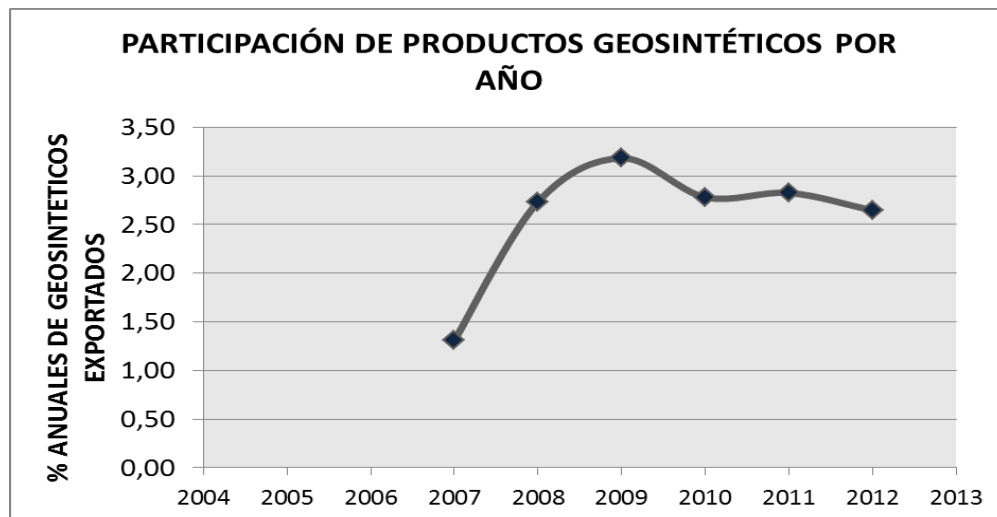
Fuente: Cámara de Comercio.

Figura 22 Porcentaje materiales geosintéticos periodo 2007-2012.



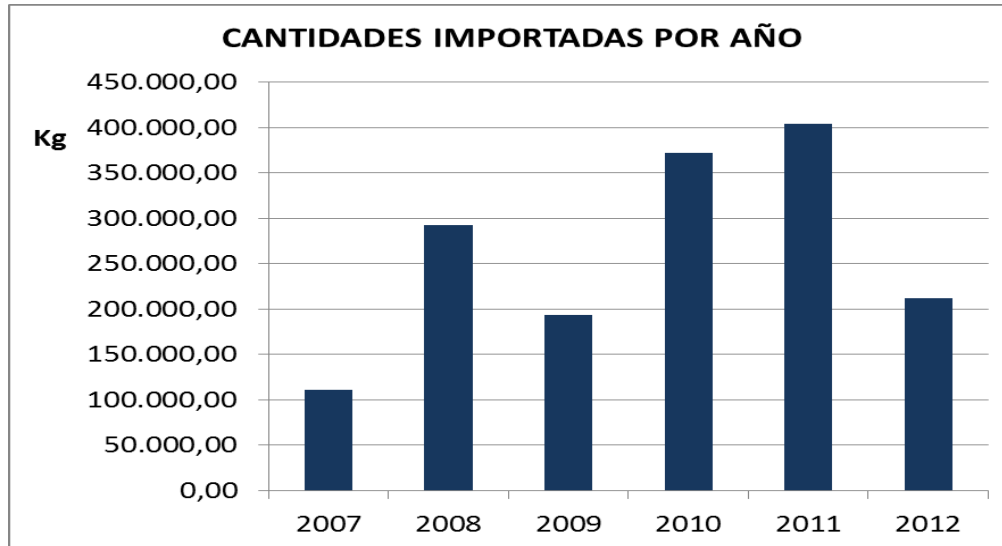
Fuente: Cámara de Comercio.

Figura 23 Participación de productos geosintéticos por año.



Fuente: Cámara de Comercio.

Figura 24 Cantidades en Kg. importadas por año

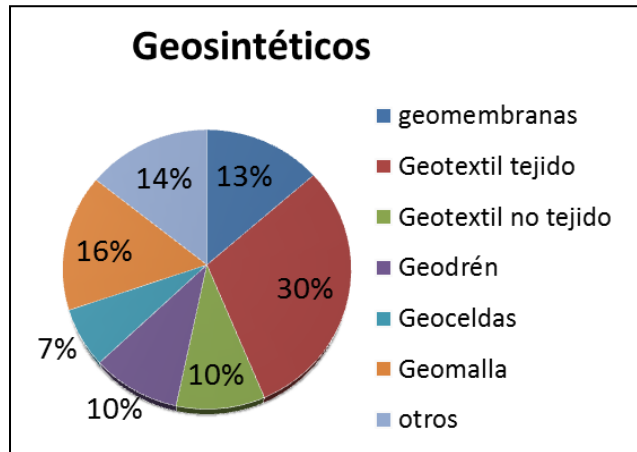


Fuente: Cámara de Comercio.

La entrada potencial de nuevos competidores hace que la principal estrategia entre empresas competidoras sea el precio, dependiendo directamente de la materia prima utilizada. Esto ha llevado a que en Colombia se pacten acuerdos entre productores y proveedores de resinas de polipropileno, principalmente con el objetivo de ser más competitivos; en contraparte, el uso de materias como el polyester implica precios más bajos por el proceso de fabricación. El precio de las resinas de polipropileno y polyester materias primas de fabricación dependen de las variaciones del precio del petróleo; los países occidentales que dependen económicamente de la importación de este se ven sometidos a los precios que impone un mercado mundial imprevisible.

A continuación se presenta una breve definición de cada uno de los geomateriales usados en el país y sus principales campos de aplicación obtenidos para la muestra:

Figura 26 Porcentaje de geosintéticos más utilizados.



Fuente: Empresas colaboradoras.

La figura 26 muestra en proporción al número total de proyectos estudiados cuáles son los geosintéticos más utilizados en los últimos años en el territorio nacional. Teniendo en cuenta previos estudios realizados, se observa que los geotextiles tejidos mantienen su posición a medida que los sectores comercial y constructor se fortalecen.

4.1 GEOMEMBRANAS

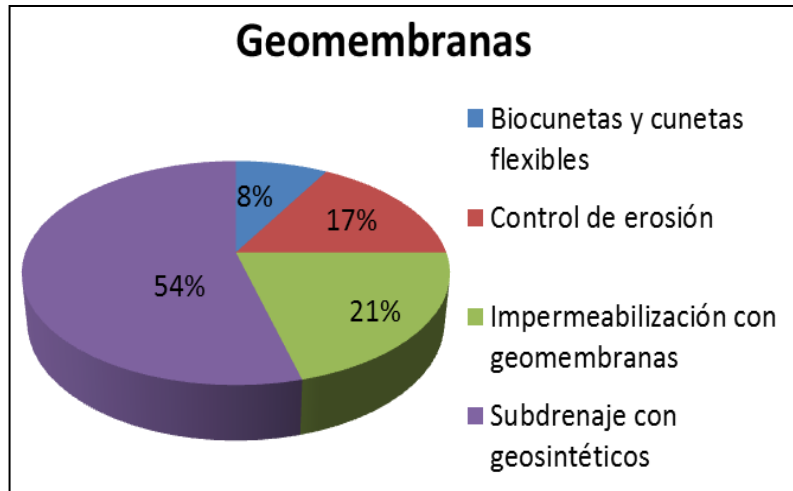
Las geomembranas se definen como un revestimiento o barrera de líquidos y vapores las cuales, por lo general, son fabricadas a partir de combinaciones de polímeros termoestables o termoplásticos.

Las geomembranas son utilizadas comúnmente para el revestimiento de canales y en áreas sujetas a infiltración donde protegen e impermeabilizan dichas estructuras.

- Diques
- Presas
- Rellenos sanitarios

- Cubiertas y terrazas

Figura 27 Porcentaje uso de geomembranas.



Fuente: Empresas colaboradoras

4.2 GEOTEXTILES

Los geotextiles son textiles permeables sintéticos, en su gran mayoría resistentes a la tensión, al punzonamiento y con excelentes propiedades hidráulicas.

Los principales usos de los geotextiles tejidos son la conformación de estructuras en suelo reforzado, la separación y estabilización de subrasantes en vías y cimentaciones. Geotextiles no tejidos se utilizan en separación, drenaje y filtración, protección de geomembranas y repavimentación.

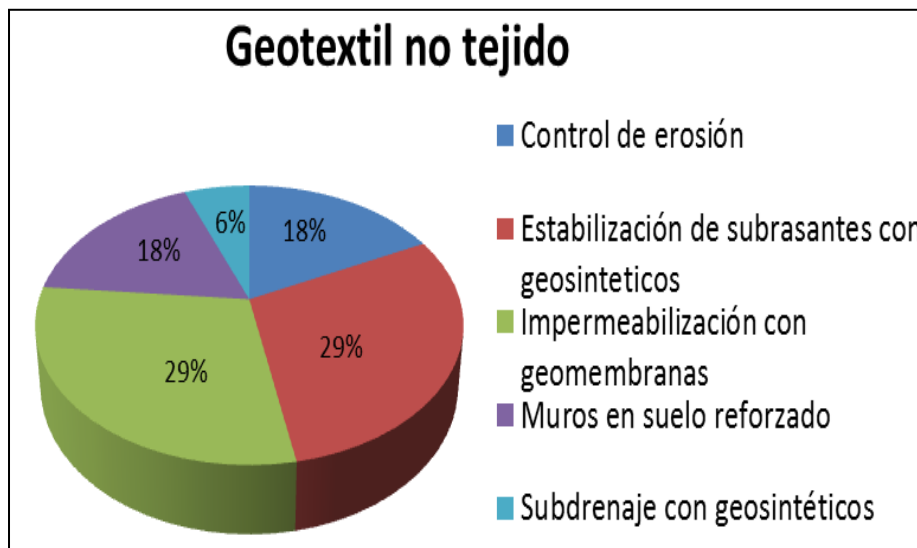
Se caracterizan por tener altas resistencias y bajas deformaciones, por lo que su aplicación está orientada al refuerzo de vías, muros, terraplenes y cimentaciones.

4.2.1 Ventajas

- Reducción de espesores de material granular, al reemplazar parte del aporte estructural de estos por el aporte a la tensión del geotextil.
- Aumento de la vida útil de las estructuras.

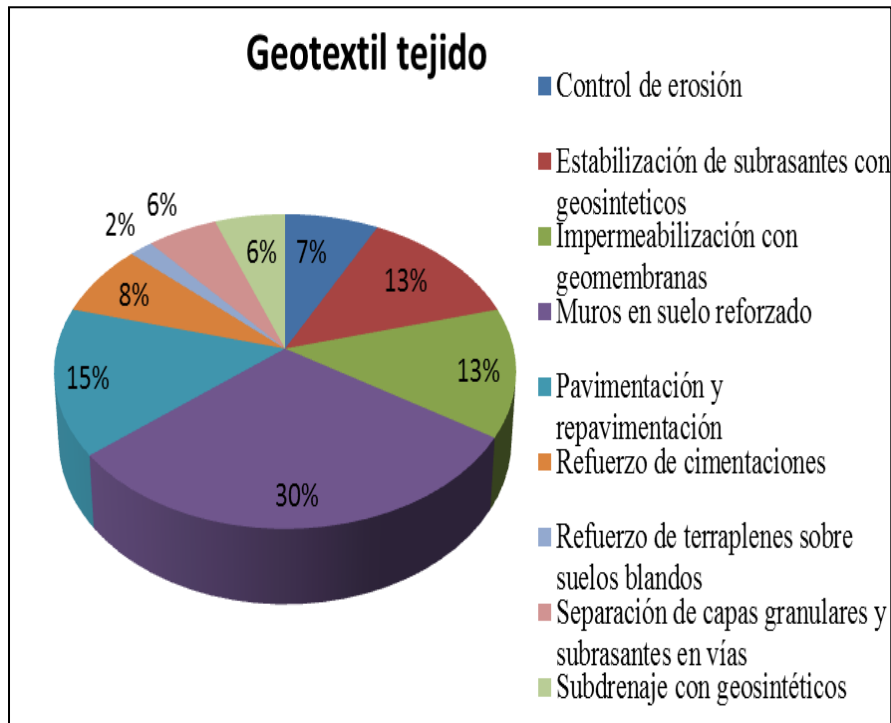
- Incremento de la capacidad portante.
- Para absorber diferencias de rigidez en la base de estructuras asfálticas.
- Posee múltiples alternativas de fachada: revegetados, en bloque de concreto, mampostería, piedra pegada, entre otros.

Figura 28 Porcentaje uso de geotextiles no tejidos.



Fuente: Empresas colaboradoras.

Figura 29 Porcentaje uso de geotextiles tejidos.



Fuente: Empresas colaboradoras.

Los campos de aplicación para geotextiles tejidos y no tejidos se demarcan claramente por las propiedades mecánicas e hidráulicas que estos brindan a la estructura tratada, la diversidad de campos evidencia las ventajas técnicas. Los muros de suelo reforzado con geotextiles tejidos se siguen presentando como una solución muy eficaz para las deficiencias en la capacidad portante de suelos de fundación características en los suelos tropicales de la región.

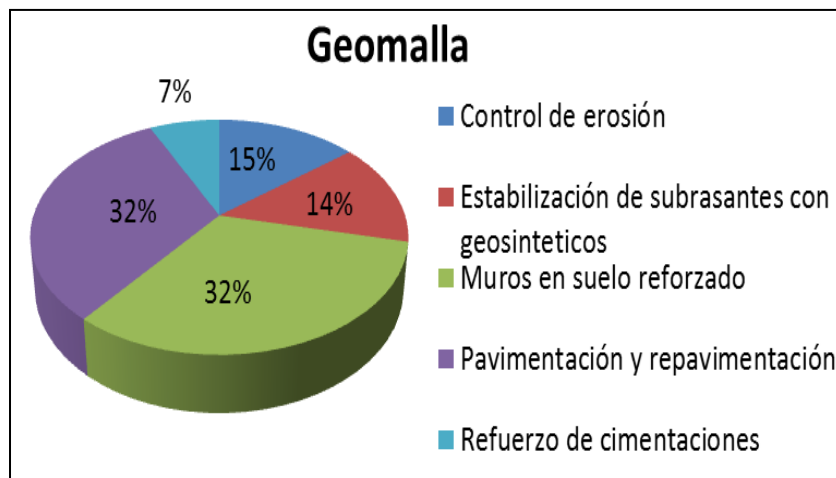
4.3 GEOMALLA

Son estructuras bidimensionales que se elaboran en diferentes polímeros para que interactúen con el suelo, de tal manera que complementen la resistencia a la tensión de este, para así crear una resistencia geomalla-suelo competente para recibir cargas y distribuirlas uniformemente.

- Para estabilización de suelos blandos.

- Como refuerzo de capas granulares en terraplenes y pavimentos.
- Reduce al mínimo el agrietamiento reflexivo.
- Aumenta la resistencia a la fatiga del pavimento.
- Incrementa la vida útil del pavimento.
- Reduce el mantenimiento periódico de los pavimentos.
- Como refuerzo de muros y taludes.
- Para el refuerzo de terraplenes.

Figura 30 Porcentaje uso de geomallas.



Fuente: Empresas colaboradoras.

4.4 GEODREN

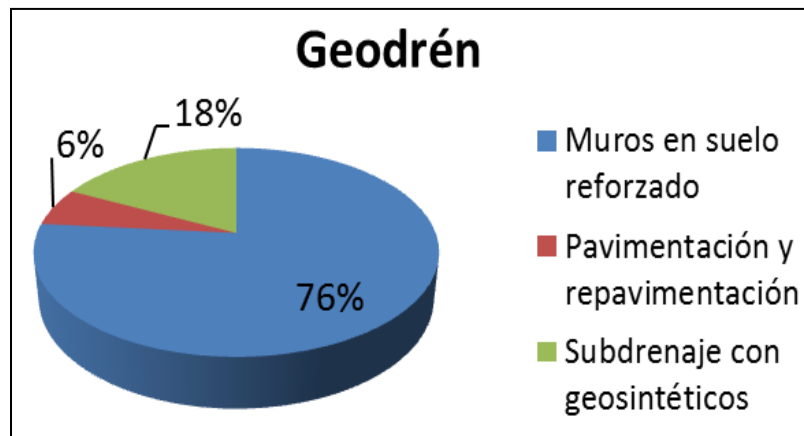
El geodrén planar es un sistema conformado por geotextiles no tejidos punzonados por agujas y geored de polietileno de alta densidad (HDPE). El geotextil cumple la función de filtración, retiene las partículas del suelo y permite el paso de los fluidos.

El geodrén es un sistema integral de captación, conducción y evacuación de fluidos que está compuesto por un geodrén planar y tubería corrugada de drenaje. Este sistema es resistente a agentes químicos y biológicos.

- Minimiza el impacto ambiental al reducir la explotación de materiales pétreos no renovables.

- Ofrece altos rendimientos de instalación debido a que es un sistema prefabricado de drenaje.
- Apto para condiciones severas de carga debido a su alta resistencia a la compresión.
- Permite procesos de compactación cuando la cimentación es contráctil.

Figura 31 Porcentaje uso de geodrénes.



Fuente: Empresas colaboradoras.

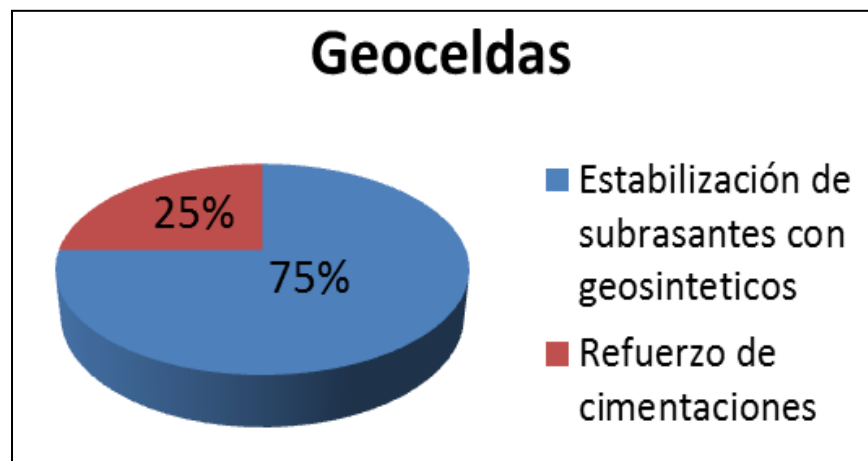
4.5 GEOCELDAS

Como última tecnología para confinamiento de material granular con celdas hechas a partir de un material único denominado Neoloy®, que ofrece estabilidad dimensional hasta por 75 años y rendimiento ajustado a las necesidades presentes de construcción de infraestructura. Sin embargo, la presencia de este material y el éxito que genere para sus distribuidores radica en el proveedor. Actualmente, gobierna su comercialización quien maneja geoceldas producidas con neoloy, material recientemente desarrollado y patentado que presenta mejores respuestas mecánicas y mayor tiempo de vida útil frente a otros materiales.

- Estabilización de subrasantes.
- Refuerzo de estructuras de pavimento.
- Refuerzo de terraplenes sobre suelos blandos.
- Absorción de cambios de rigidez y asentamientos diferenciales.

- Refuerzo de cimentaciones.
- Muros en suelo reforzado.
- Revestimiento de canales.
- Revestimiento de taludes.
- Control de erosión.
- Reemplazo de materiales granulares de alto módulo por materiales granulares de sitio.
- Reducción de espesores de carpeta asfáltica.
- Reducción de espesores de material granular.
- Disminución en los ciclos de mantenimiento de la vía.

Figura 32 *Porcentaje uso de geocelda.*

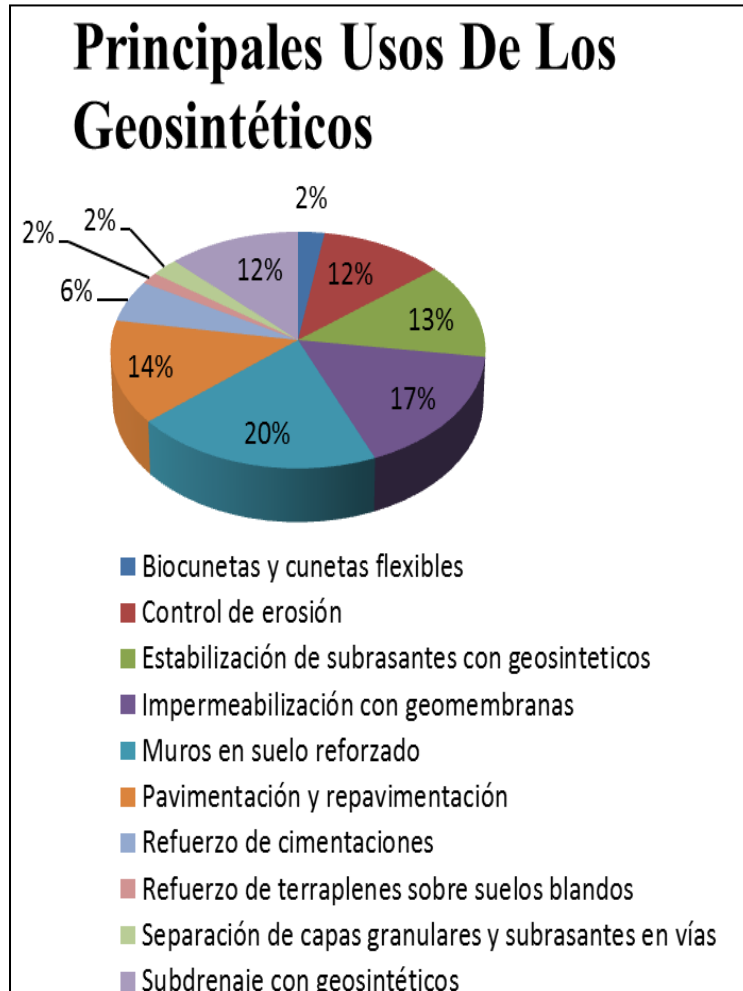


Fuente: *Empresas colaboradoras.*

Los beneficios que ofrecen las geoceldas son mayores para la estabilización de subrasantes y dentro de un contexto nacional la disminución de costos iniciales en el proyecto, generada por reducción de espesores de material granular y espesores de carpeta asfáltica; lamentablemente, tienen más peso que la funcionalidad en la estructura reforzada.

4.6 Principales usos de los geosintéticos

Figura 33 Principales usos de los geosintéticos - campos de aplicación.



Fuente: Autores

Como resultado del ejercicio, se obtiene que en los últimos años los geosintéticos más utilizados sean los geotextiles tejidos, usados principalmente en el refuerzo de muros armados. Las características climatológicas e hidrológicas propias de nuestra región sugieren adoptar una tendencia hacia el control de fluidos que aumentan directamente la probabilidad de falla.

5 CONCLUSIONES

El uso que se está dando a los materiales geosintéticos en nuestro país resalta la existencia de diferentes enfoques hacia lo que se busca como desarrollo. Es de vital importancia que todas las partes involucradas, en especial productores y comercializadores, asuman un compromiso inmediato en cambiar la objetividad de la verdadera razón por la cual surgen estos materiales. Comercialmente las posibilidades ofrecidas siguen llegando, y nos mantienen a la vanguardia en productos disponibles, con especificaciones técnicas que amplían cada vez más sus funcionalidades. Lo anterior, necesariamente tiene que complementarse con un mayor conocimiento por parte de quienes realicen diseños con geosintéticos o busquen dar soluciones a sus problemas de ingeniería y a las particularidades que presente cada caso apoyados en criterios propios fruto de investigaciones y experiencias; naturalmente, el mayor conocimiento se encuentra en manos de las empresas que invierten enormes cantidades de dinero en laboratorios que certifican sus productos, hecho que acrecienta la tendencia a reservar el conocimiento adquirido.

Los profesionales involucrados en su implementación deben considerar una serie de factores característicos de la obra y previo conocimiento del entorno regional, todo esto justifica el planteamiento de soluciones únicas que mejor respondan al problema presentado y se haga a un lado la idea de optar por soluciones propuestas por las comercializadoras, que muy seguramente están acomodadas a su conveniencia.

Con lo anterior revalidamos puntos de vista de autores que en previos estudios enfatizan la necesidad de establecer academia en nuestro país. Actualmente, la investigación que se genera en universidades e instituciones educativas en el país es mínima, la falta de asignaturas que promuevan un conocimiento al menos generalizado y la ausencia de laboratorios con fines educativos, no contribuye en la formación de profesionales con capacidad crítica.

6. BIBLIOGRAFIA

- Koerner, R.M. (1998). Designing with Geosynthetics. Fourth Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Koerner, R. M. (2005). Designing With Geosynthetics, 5th edition, Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Husan, Y. G, Schoroeder, H. F, Rowe, K. Muller, W. Greenwood, J. Cazzuffi, D. Koerner, R. M. LONG-TERM PERFORMANCE AND LIFETIME PREDICTION OF GEOSYNTHETICS, EuroGeo, Heriot-Watt University de Edimburgo, Escocia, Reino Unido, September 09 07 al 10, 2008.
- Leiro, A. Geosintéticos. Geosintéticos y productos relacionados con geotextiles, laboratorio central de estructuras y materiales del CEDEX. Mayo-junio 2009, pp 1-12.
- Mejia, L. E. Caro, S. Factores que determinan el uso de geosintéticos en proyectos de pavimentación en Colombia, Universidad de los Andes, 2005.
- PAVCO Departamento de ingenierías GEOSISTEMAS, Manual de diseño con geosintéticos, Novena edición, Bogotá D.C Colombia 2012.
- Renken, K. Mchaina, D.M. Yanful, E.K. GEOSYNTHETICS RESEARCH AND APPLICATIONS IN THE
- MINING AND MINERAL PROCESSING ENVIRONMENT. 2007
- ASTM. 1995. ASTM Standards on Geosynthetics. Sponsored by ASTM Committee D-35 on Geosynthetics, Fourth Edition.
- Holtz, R. D. GEOSYNTHETICS FOR SOIL REINFORCEMENT, The Ninth Spencer J. Buchanan Lecture November 2001.
- INVIAS Instituto Nacional de Vías <http://www.invias.go.co> [citado 03 de marzo de 2013].
- PAVCO, <http://www.pavco.com.co/> [citado 21 de marzo de 2013].
- GEOMATRIX, <http://www.geomatrix.com.co/> [citado 21 de marzo de 2013].
- SYNTEx, <http://www.syntex.com.co/> [citado 21 de marzo de 2013].

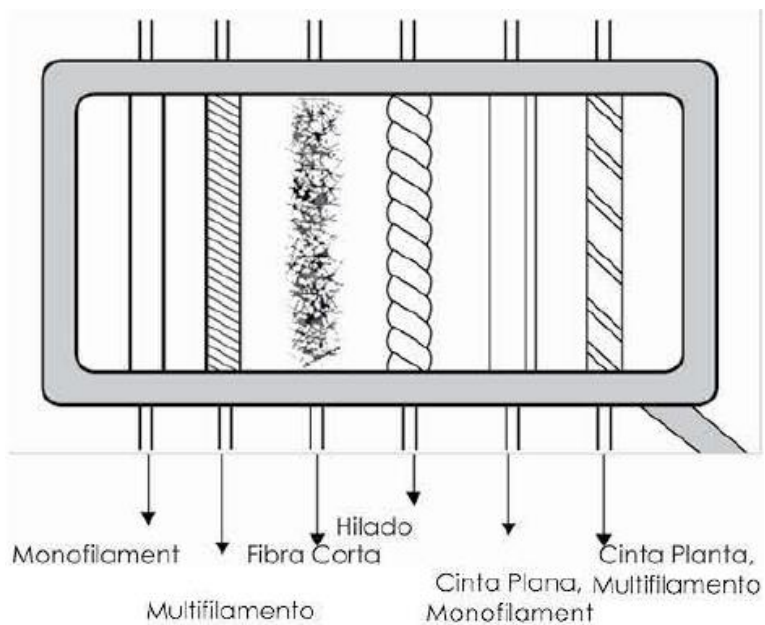
- Durman, <http://www.durman.com.co/> [citado 21 de marzo de 2013].
- Plastextil, <http://www.plastextil.com.co/> [citado 22 de marzo de 2013].
- PQA, productos químicos andinos S.A <http://www.pqa.com.co/> [citado 22 de marzo de 2013].
- GEOpolimeros, <http://www.geopolimeros.net/> [citado 22 de marzo de 2013].
- GEOmembranas, <http://geomembranas.com.co/> [citado 25 de marzo de 2013].
- FILTEX, <http://www.filmtext.com/> [citado 25 de marzo de 2013].
- Gerfor, <http://www.gerfor.com/> [citado 25 de marzo de 2013].
- IGS International Geosynthetics Society, <http://geosyntheticssociety.org/> [citado 28 de febrero de 2013].
- INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO <http://www.idu.gov.co/web/guest/inicio> [citado 21 de mayo de 2013].
- Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales <http://www.dian.gov.co/> [citado 21 de mayo de 2013].
- Camara de Comercio Bucaramanga <http://www.camaradirecta.com/> [citado 21 de mayo de 2013]

ANEXOS

ANEXO A. CLASES DE POLIMERO

El polímero usado en la fabricación de un geotextil puede ser de los siguientes tipos de resina, listados en orden de uso decreciente, según Robert M. Koerner en su libro "Designing With Geosynthetics" Quinta Edición.

- Polipropileno 92%
- Poliéster 5%
- Poli etileno 2%
- Poliamida (nylon) 1%



Fuente: Manual de Diseño con Geosintéticos Novena Edición, Pavco.

Los principales filamentos usados en la construcción de geotextiles son monofilamentos cortados (fibra cortada), multifilamento (filamento continuo), hilos de fibras (fibra cortada), hilos de filamento continuo entrelazados, hilos de multifilamentos entrelazados y cinta plana ranurada.

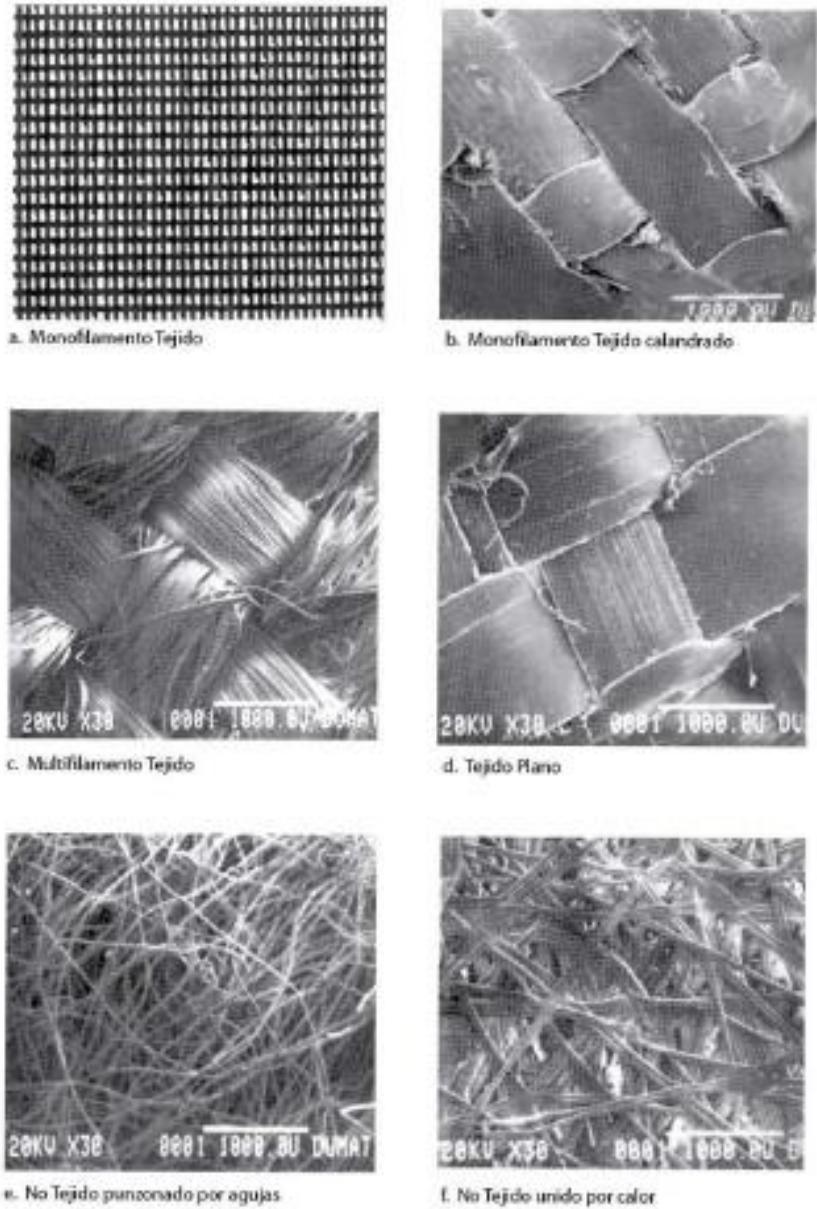


Figura 1.2 Vista microscópica de algunos tipos de geotextiles Tejidos y No Tejidos.

Fuente: Manual de Diseño con Geosintéticos Novena Edición, Pavco.

ANEXO B. POLIMEROS MAS EMPLEADOS EN LA FABRICAION DE GEOTEXTILES

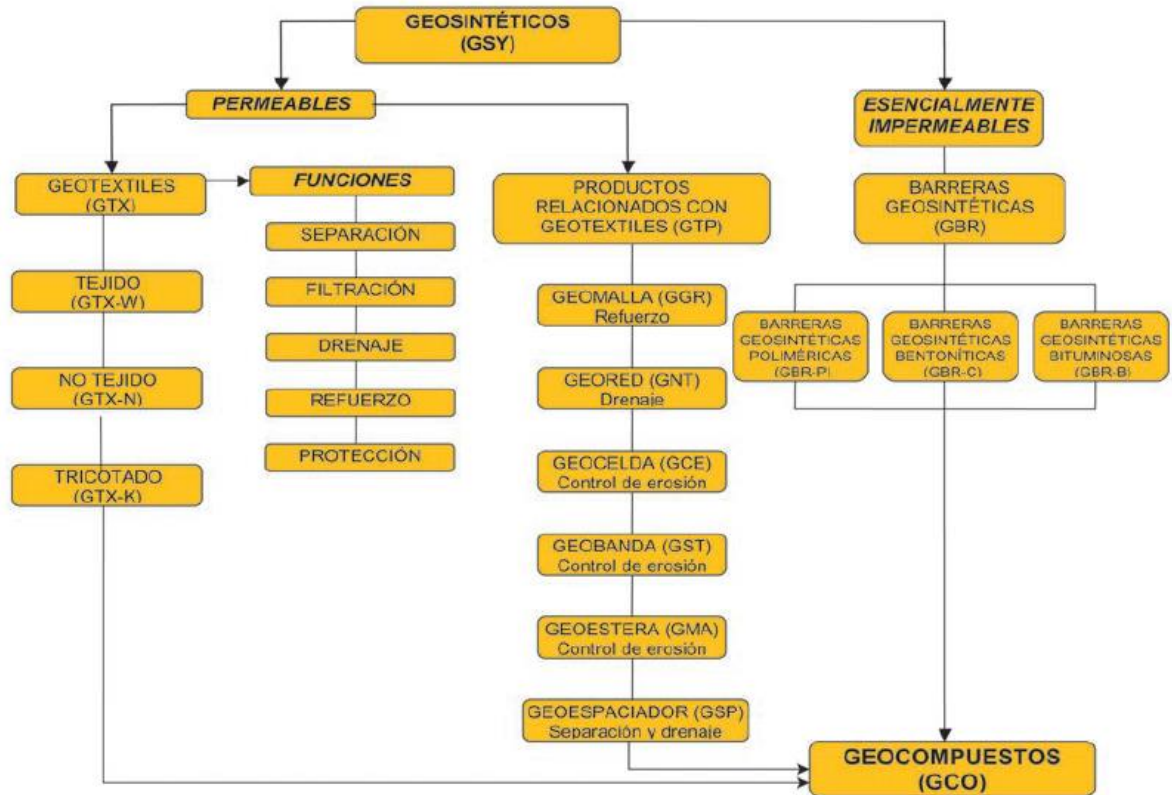
	POLIÉSTER	POLIAMIDA	POLIETILENO POLIPROPILENO
Resistencia tracción	Buena	Buena	Aceptable
Alargamiento en rotura	Pequeño	Pequeño	Grande
Resistencia a la luz UV	Buena	Aceptable	Aceptable
Resistencia a microorganismos	Buena	Buena	Buena
Resistencia a agentes oxidantes	Buena	Aceptable	Aceptable
Resistencia a los ácidos	Buena	(*)	Buena
Resistencia a las bases	(**)	Buena	Buena
Resistencia a fluencia	Buena	Buena	Aceptable

(*) Degradación a pH<3
(**) Degradación a pH>12

Fuente: Ángel Leiro López, Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del
CEDEX

En la tabla se presenta el resumen de las principales propiedades mecánicas y de durabilidad de las diferentes materias primas empleadas en la fabricación de geotextiles y productos relacionados con los geotextiles.

ANEXO C. CLASIFICACION DE LOS GEOSINTETICOS



Fuente: Ángel Leiro López, Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX

En el diagrama se presenta la clasificación de los geosintéticos de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 10318, elaborada en el Comité Europeo de Normalización CEN-TC-189 “Geosynthetics”

ANEXO D. FUNCIONES DE LOS GEOSINTETICOS

	Geotextiles	Geocompuestos	Geomembranas	Geomallas
Separación	X			
Filtración	X	X		
Refuerzo	X			X
Drenaje	X ⁽¹⁾	X		
Protección	X			
Barrera	X ⁽²⁾		X	

(1) *En ciertas aplicaciones de rellenos sanitarios.*

(2) *Cuando está saturada con una capa ligante.*

Fuente: Botasso, Fensel, y Ricci. Caracterización de los Geosintéticos para uso vial.

	FUNCIONES DEL GEOSINTÉTICO					
	Separación	Filtración	Refuerzo	Drenaje	Protección	Barrera
Campos de Aplicación						
Caminos	X	XX	XX	XX		
Reasfaltado			XX			X
Construcciones Ferroviarias	X	X				
Construcciones Hidráulicas	XX	X				
Drenajes	XX	X		XX		
Campos Deportivos	X	X				
Terraplenes	X	XX	XX	XX		
Drenes Verticales		X		X		
Muros de Contención			X	XX		
Túneles				X	X	
Depósitos de Líquidos y Desechos			XX	XX	X	

X : Función principal

XX: Función Secundaria

Fuente: Botasso, Fensel, y Ricci. Caracterización de los Geosintéticos para uso vial.