

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 11-037290-00000-0000

Fecha: 2011-03-28 11:02:15

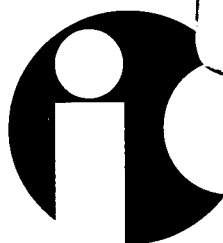
Dep. 2020 DIR.NUEVASCR

Tra. 11 PATENTEIYII

Eve: 378 FASENACIONALI

Act. 411 PRESENTACION

Folios: 98



Industria y Comercio

SUPERINTENDENCIA

PCT

DELEGATURA DE PROPIEDAD INDUSTRIAL

División de Nuevas Creaciones



**SOLICITUD
PATENTE DE INVENCION**

21. EXPEDIENTE No. **11-37290**

54. TÍTULO GEOCELDA PARA APLICACIONES DE SOPORTE DE CARGA

51. CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL _____

71. SOLICITANTE PRS MEDITERRANEAN LTD.

DOMICILIO TEL AVIV, ISRAEL

74. APODERADO LUZ CLEMENCIA DE PAEZ
C.C. 35.456.344 de Usaquén

22. BOGOTÁ, D.C., _____

29-04-2011



Industria y Comercio

SUPERINTENDENCIA

PETITORIO

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 11-037290- -00000-0000

Fecha: 2011-03-28 11:02:15 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 98

FORMULARIO UNICO DE SOLICITUD DE PATENTE
PCT
ENTRADA EN FASE NACIONAL

1

☒ Patente de Invención.
☒ Capítulo I.

☐ Patente de Modelo de Utilidad.
☐ Capítulo II.

SOLICITUD DE:

2

SOLICITANTE
(71)

Nombre: PRS MEDITERRANEAN LTD.
sociedad constituida y existente bajo las
leyes de Israel.

Dirección: Europe-Israel Tower,
2 Weizmann Street,
64239 Tel Aviv,
Israel

Domicilio: Tel Aviv,
Israel

IDENTIFICACIÓN

C.C. ☐ NIT ☐
C.E. ☐ Otro ☐
Cual _____

Número. _____

3

REPRESENTANTE
O APODERADO

Nombre: LUZ CLEMENCIA DE PÁEZ
Dirección: Carrera 4ª. No. 72-35
Teléfono: 347 36 11
Fax: 211 86 50
E-mail: clientes@cavelier.com
Domicilio: Bogotá, Colombia.

IDENTIFICACIÓN

C.C. ☒ NIT ☐
C.E. ☐ Otro ☐
Cual _____

Número 35.456.344 T. P. 23.555

4

INVENTOR (ES)
(72)

1. Izhar HALAHMI
4 Itzhak Ben Zvi,
Hod Hasharon,
Israel

3. Adi EREZ
1 Alenbi Street,
Tel Aviv,
Israel

2. Oded EREZ
10 Berkovich Street,
Tel Aviv,
Israel

5

PCT (86)
Solicitud Internacional No. PCT/US2008/078065 Fecha: 29 de septiembre de 2008
Publicación Internacional No. WO 2010/036270 A1 Fecha: 1 de abril de 2010

6

Título (54)
GEOCELDA PARA APLICACIONES DE SOPORTE DE CARGA

7

Clasificación Internacional (51) E02D 003/000

8

Prioridad
SI ☐ NO ☒

(33) País de Origen

(32) Fecha

(31) Número de Solicitud

9

Comprobante de pago No.: 11-23152**Fecha:** 14 de marzo de 2011**Comprobante de pago No.:** 11-25836**Fecha:** 23 de marzo de 2011**Comprobante de pago No.:** 11-25937**Fecha:** 23 de marzo de 2011**Comprobante de pago No.:** 11-25938**Fecha:** 23 de marzo de 2011**Comprobante de pago No.:** 11-25939**Fecha:** 23 de marzo de 2011**Comprobante de pago No.:** 11-25950**Fecha:** 23 de marzo de 2011

10

Anexos:

- ☒ Comprobante de pago de la tasa de presentación de la solicitud por \$ 571.000.oo.
- ☒ Comprobante de pago por 17 reivindicaciones adicionales después de la décima reivindicación por \$459.000.oo.
- ☐ Documento que acredita la existencia y representación legal cuando el solicitante sea persona jurídica.
- ☐ Poderes, si fuere el caso.
- ☐ Documento de cesión del inventor al solicitante o a su causante.
- ☐ Declaraciones.
- ☒ Copia de la solicitud internacional. (Resumen, descripción, reivindicaciones, dibujos)
- ☒ Traducción de la solicitud internacional al castellano. (Resumen, descripción, reivindicaciones, dibujos)
- ☐ Copia del examen preliminar efectuado por la IPEA.
- ☐ Traducción del examen preliminar efectuado por la IPEA.
- ☐ De ser el caso, copia del contrato de acceso.
- ☐ De ser el caso, documento que acredite la licencia o autorización de uso de conocimientos tradicionales de las comunidades indígenas.
- ☐ De ser el caso, certificado de depósito del material biológico.
- ☒ Arte final 12x12
- ☐ De ser el caso, información sobre otras solicitudes de patente o títulos obtenidos en el extranjero por el mismo titular o su causante, relacionadas parcial o totalmente con la invención de esta solicitud.
- ☒ Otros: VER HOJA DE DOCUMENTOS ANEXOS

11

FIGURA CARACTERÍSTICA

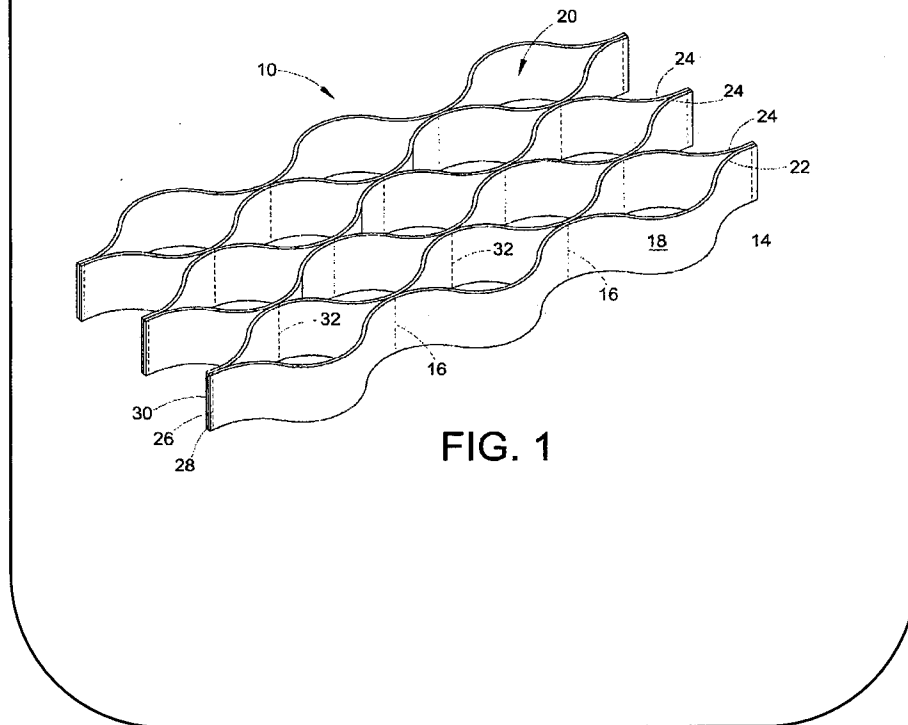


FIG. 1

12

Solicito la concesión de la patente,

NOMBRE: LUZ CLEMENCIA DE PÁEZ

FIRMA: Lucio Clemente Sobrera
C.C. 35.456.344 de Usaquén T.P. 23.555

C.C. 35.456.344 de Usaquén T.P. 23.555

JGG

DOCUMENTOS ANEXOS

1. ☒ Publicación Internacional WO 2010/036270 A1

Descripción:

Páginas 24 en el idioma original

Páginas 36 en español

Reivindicaciones: Número (s) 27

Figuras: Número (s) 9

2. ☒ **Forma PCT/ISA/210.** Informe de Búsqueda Internacional.

3. ☒ Extracto de publicación.

**NO SE REALIZARON MODIFICACIONES EN LA
FASE INTERNACIONAL**

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau



(43) International Publication Date
1 April 2010 (01.04.2010)

PCT

(10) International Publication Number
WO 2010/036270 A1

- (51) International Patent Classification:
E02D 3/00 (2006.01)
- (21) International Application Number:
PCT/US2008/078065
- (22) International Filing Date:
29 September 2008 (29.09.2008)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (71) Applicant (for all designated States except US): PRS
MEDITERRANEAN LTD. [IL/IL]; Europe-Israel Tow-
er, 2 Weizmann Street, 64239 Tel Aviv (IL).
- (72) Inventors; and
- (75) Inventors/Applicants (for US only): HALAHMI, Izhar
[IL/IL]; 4 Itzhak Ben Zvi, Hod Hasharon (IL). EREZ,
Oded [IL/IL]; 10 Berkovich Street, Tel Aviv (IL). EREZ,
Adi [US/IL]; 1 Alenbi Street, Tel Aviv (IL).
- (74) Agent: KLEIN, Richard M.; Fay Sharpe LLP, The Halle
Building, 5th Floor, 1228 Euclid Avenue, Cleveland, OH
44115 (US).

- (81) Designated States (unless otherwise indicated, for every
kind of national protection available): AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ,
CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG,
SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Designated States (unless otherwise indicated, for every
kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,
TM), European (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR,
NE, SN, TD, TG).

Published:
— with international search report (Art. 21(3))

(54) Title: GEOCELL FOR LOAD SUPPORT APPLICATIONS

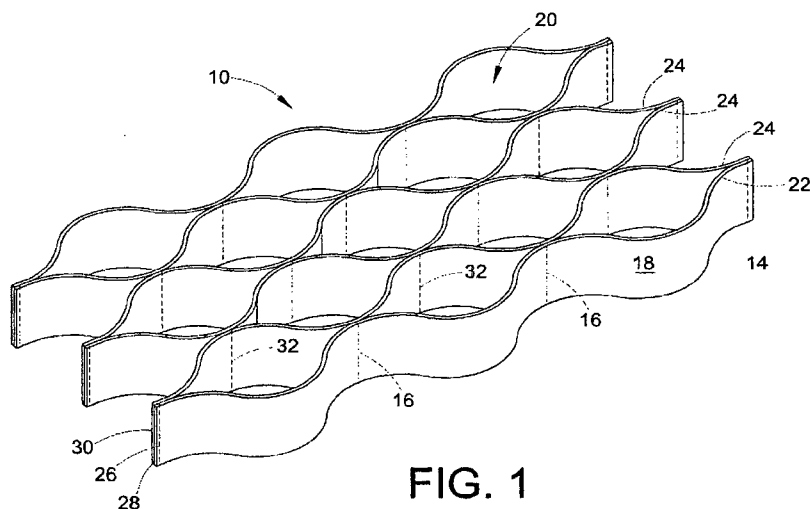


FIG. 1

(57) Abstract: A geocell is disclosed that has high strength and stiffness, such that the geocell has a storage modulus of 500 MPa or greater at 23°C; a storage modulus of 150 MPa or greater at 630C when measured in the machine direction using Dynamic Mechanical Analysis (DMA) at a frequency of 1 Hz; a tensile stress at 12% strain of 14.5 MPa or greater at 230C; a coefficient of thermal expansion of 120 x 10⁻⁶ /OC or less at 250C, and/or a long term design stress of 2.6 MPa or greater. The geocell is suitable for load support applications, especially for reinforcing base courses and/or subbases of roads, pavement, storage areas, and railways.

WO 2010/036270 A1

6

GEOCELL FOR LOAD SUPPORT APPLICATIONS

BACKGROUND

[0001] The present disclosure relates to a cellular confinement system, also known as a CCS or a geocell, which is suitable for use in supporting loads, such as those present on roads, railways, parking areas, and pavements. In particular, the geocells of the present disclosure retain their dimensions after large numbers of load cycles and temperature cycles; thus the required confinement of the infill is retained throughout the design life cycle of the geocell.

[0002] A cellular confinement system (CCS) is an array of containment cells resembling a "honeycomb" structure that is filled with granular infill, which can be cohesionless soil, sand, gravel, ballast, crushed stone, or any other type of granular aggregate. Also known as geocells, CCSs are mainly used in civil engineering applications that require little mechanical strength and stiffness, such as slope protection (to prevent erosion) or providing lateral support for slopes.

[0003] CCSs differ from other geosynthetics such as geogrids or geotextiles in that geogrids / geotextiles are flat (i.e., two-dimensional) and used as planar reinforcement. Geogrids / geotextiles provide confinement only for very limited vertical distances (usually 1-2 times the average size of the granular material) and are limited to granular materials having an average size of greater than about 20 mm. This limits the use of such two-dimensional geosynthetics to relatively expensive granular materials (ballast, crushed stone and gravel) because they provide hardly any confinement or reinforcement to lower quality granular materials, such as recycled asphalt, crushed concrete, fly ash and quarry waste. In contrast, CCSs are three-dimensional structures that provide confinement in all directions (i.e. along the entire cross-section of each cell). Moreover, the multi-cell geometry provides passive resistance that increases the bearing capacity. Unlike two-dimensional geosynthetics, a geocell provides confinement and reinforcement to granular materials having an average particle size less than about 20 mm, and in some cases materials having an average particle size of about 10 mm or less.

[0004] Geocells are manufactured by some companies worldwide, including Presto. Presto's geocells, as well as those of most of its imitators, are made of polyethylene

(PE). The polyethylene (PE) can be high density polyethylene (HDPE) or medium density polyethylene (MDPE). The term "HDPE" refers hereinafter to a polyethylene characterized by density of greater than 0.940 g/cm^3 . The term medium density polyethylene (MDPE) refers to a polyethylene characterized by density of greater than 0.925 g/cm^3 to 0.940 g/cm^3 . The term low density polyethylene (LDPE) refers to a polyethylene characterized by density of 0.91 to 0.925 g/cm^3 .

[0005] Geocells made from HDPE and MDPE are either smooth or texturized. Texturized geocells are most common in the market, since the texture may provide some additional friction of the geocell walls with the infill. Although HDPE theoretically can have a tensile strength (tensile stress at yield or at break) of greater than 15 megapascals (MPa), in practice, when a sample is taken from a geocell wall and tested according to ASTM D638, the strength is insufficient for load support applications, such as roads and railways, and even at a high strain rate of 150%/minute, will barely reach 14 MPa.

[0006] The poor properties of HDPE and MDPE are clearly visible when analyzed by Dynamic Mechanical Analysis (DMA) according to ASTM D4065: the storage modulus at 23°C is lower than about 400 MPa. The storage modulus deteriorates dramatically as temperature increases, and goes below useful levels at temperatures of about 75°C , thus limiting the usage as load support reinforcements. These moderate mechanical properties are sufficient for slope protection, but not for long term load support applications that are designed for service of more than five years.

[0007] Another method for predicting the long term, creep-related behavior of polymers is the accelerated creep test by stepped isothermal method (SIM) according to ASTM 6992. In this method, a polymeric specimen is subjected to constant load under a stepped temperature program. The elevated temperature steps accelerate creep. The method enables extrapolation of the specimen's properties over long periods of time, even over 100 years. Usually, when PE and PP are tested, the load that causes plastic deformation of 10% is called the "long term design strength" and is used in geosynthetics as the allowed strength for designs. Loads that cause plastic deformation greater than 10% are avoided, because PE and PP are subject to second order creep

above 10% plastic deformation. Second order creep is unpredictable and PE and PP have a tendency to "craze" in this mode.

[0008] For applications such as roads, railroads and heavily loaded storage and parking yards, this strength of barely 14 MPa is insufficient. In particular, geocells with these moderate mechanical properties tend to have relatively low stiffness and tend to deform plastically at strains as low as 8%. The plastic deformation causes the cell to lose its confining potential, essentially the major reinforcement mechanism; after short periods of time or low numbers of vehicles passing (low number of cyclic loads). For example, when a strip taken from a typical geocell in the machine direction (perpendicular to seam plane) is tested according to ASTM D638 at a strain rate of 20 %/minute or even at 150 %/minute, the stress at 6% strain is less than 13 MPa, at 8% strain is less than 13.5 MPa, and at 12% strain is less than 14 MPa. As a result, HDPE geocells are limited to applications where the geocell is under low load and where confinement of load-bearing infill is not mandatory (e.g. in soil stabilization). Geocells are not widely accepted in load support applications, such as roads, railways, parking areas, or heavy container storage areas, due to the high tendency of plastic deformation at low strains.

[0009] When a vertical load is applied to a substrate of a granular material, a portion of that vertical load is translated to a horizontal load or pressure. The magnitude of the horizontal load is equal to the vertical load multiplied by the coefficient of horizontal earth pressure (also known as lateral earth pressure coefficient or LEPC) of the granular material. The LEPC can vary from about 0.2 for good materials like gravel and crushed stone (generally hard particles, poorly graded, so compaction is very good and plasticity is minimal) to about 0.3 to 0.4 for more plastic materials like quarry waste or recycled asphalt (materials that have a high fines content and high plasticity). When the granular material is wet (e.g. rain or flood saturating the base course and sub-base of a road), its plasticity increases, and higher horizontal loads are developed, providing increased hoop stress in the cell wall.

[0010] When the granular material is confined by a geocell, and a vertical load is applied from the top by a static or dynamic stress (such as pressure provided by a vehicle wheel or train rail), the horizontal pressure is translated to hoop stress in the

geocell wall. The hoop stress is proportional to the horizontal pressure and to the average cell radius, and is inversely proportional to the thickness of the cell wall.

$$HS = \frac{VP * LEPC * r}{d}$$

wherein HS is the average hoop stress in the geocell wall, VP is the vertical pressure applied externally on the granular material by a load, LEPC is the lateral earth pressure coefficient, r is the average cell radius and d is the nominal cell wall thickness.

[0011] For example, a geocell made of HDPE or MDPE having a cell wall thickness of 1.5 millimeters (including texture, and the term "wall thickness" referring hereinafter to the distance from peak to peak on the cell wall cross-section), an average diameter (when infilled with granular material) of 230 millimeters, a height of 200 millimeters, filled with sand or quarry waste (a LEPC of 0.3), and a vertical load of 700 kilopascal (kPa), would experience a hoop stress of about 16 megapascals (MPa). As seen from the hoop stress equation, larger diameter or thinner walls – which are favored from a manufacturing economy point of view – are subjected to significantly higher hoop stresses, and thus do not operate well as reinforcement when made of HDPE or MDPE.

[0012] Vertical loads of 550 kPa are common for unpaved roads. Significantly higher loads, of 700 kPa or more, may be experienced in roads (paved and unpaved) for heavy trucks, industrial service roads, or parking areas.

[0013] Because load support applications, especially roads and railways, are generally subjected to millions of cyclic loads, the geocell wall needs to retain its original dimensions under cyclic loading with very low plastic deformation. Commercial usage of HDPE geocells is limited to non load-bearing applications because HDPE typically reaches its plastic limit at about 8% strain, and at stresses below typical stresses commonly found in load support applications.

[0014] It would be desirable to provide a geocell that has increased stiffness and strength, lower tendency to deform at elevated temperatures, better retention of its elasticity at temperatures above ambient (23°C), reduced tendency to undergo plastic deformation under repeated and continuous loadings, and/or long service periods.

10

BRIEF DESCRIPTION

[0015] Disclosed in embodiments are geocells which provide sufficient stiffness and can accept high stresses without plastic deformation. Such geocells are suitable for load support applications such as pavements, roads, railways, parking areas, airport runways, and storage areas. Methods for making and using such geocells are also disclosed.

[0016] In some embodiments is disclosed a geocell formed from polymeric strips, at least one polymeric strip having a storage modulus of 500 MPa or greater when measured in the machine direction by Dynamic Mechanical Analysis (DMA) according to ASTM D4065 at 23°C and at a frequency of 1 Hz.

[0017] The at least one polymeric strip may have a storage modulus of 700 MPa or greater, including a storage modulus of 1000 MPa or greater.

[0018] The at least one polymeric strip may have a stress at 12% strain of 14.5 MPa or greater when measured according to the Izhar procedure at 23°C, including a stress at 12% strain of 16 MPa or greater or a stress at 12% strain of 18 MPa or greater.

[0019] The at least one polymeric strip may have a coefficient of thermal expansion of $120 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ or less at 25°C according to ASTM D696.

[0020] The geocell may be used in a layer of a pavement, road, railway, or parking area. The geocell can be filled with a granular material selected from the group consisting of sand, gravel, crushed stone, ballast, quarry waste, crushed concrete, recycled asphalt, crushed bricks, building debris and rubble, crushed glass, power plant ash, fly ash, coal ash, iron blast furnace slag, cement manufacturing slag, steel slag, and mixtures thereof.

[0021] In other embodiments is disclosed a geocell formed from polymeric strips, at least one polymeric strip having a storage modulus of 150 MPa or greater when measured in the machine direction by Dynamic Mechanical Analysis (DMA) according to ASTM D4065 at 63°C and at a frequency of 1 Hz.

[0022] The at least one polymeric strip may have a storage modulus of 250 MPa or greater, including a storage modulus of 400 MPa or greater.

[0023] In yet other embodiments is disclosed a geocell formed from polymeric strips, at least one polymeric strip having a long term design stress of 2.6 MPa or greater, when measured according to the PRS SIM procedure.

[0024] The at least one polymeric strip may have a long term design stress of 3 MPa or greater, including a long term design stress of 4 MPa or greater.

[0025] These and other embodiments are described in more detail below.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0026] The following is a brief description of the drawings, which are presented for the purposes of illustrating the exemplary embodiments disclosed herein and not for the purposes of limiting the same.

[0027] **FIG. 1** is a perspective view of a geocell.

[0028] **FIG. 2** is a diagram showing an exemplary embodiment of a polymeric strip used in the geocells of the present disclosure.

[0029] **FIG. 3** is a diagram showing another exemplary embodiment of a polymeric strip used in the geocells of the present disclosure.

[0030] **FIG. 4** is a diagram showing another exemplary embodiment of a polymeric strip used in the geocells of the present disclosure.

[0031] **FIG. 5** is a graph comparing the stress-strain results of various cells of the present disclosure against a comparative example.

[0032] **FIG. 6** is a graph showing the stress-strain diagram for the geocells of the present disclosure.

[0033] **FIG. 7** is a graph showing the results of a vertical load test for an exemplary cell of the present disclosure against a comparative example.

[0034] **FIG. 8** is a graph of the storage modulus and Tan Delta versus temperature for a control strip.

[0035] **FIG. 9** is a graph of the storage modulus and Tan Delta versus temperature for a polymeric strip used in the geocells of the present disclosure.

DETAILED DESCRIPTION

[0036] The following detailed description is provided so as to enable a person of ordinary skill in the art to make and use the embodiments disclosed herein and sets forth the best modes contemplated of carrying out these embodiments. Various modifications, however, will remain apparent to those of ordinary skill in the art and should be considered as being within the scope of this disclosure.

[0037] A more complete understanding of the components, processes and apparatuses disclosed herein can be obtained by reference to the accompanying drawings. These figures are merely schematic representations based on convenience and the ease of demonstrating the present disclosure, and are, therefore, not intended to indicate relative size and dimensions of the devices or components thereof and/or to define or limit the scope of the exemplary embodiments.

[0038] **FIG. 1** is a perspective view of a single layer geocell. The geocell **10** comprises a plurality of polymeric strips **14**. Adjacent strips are bonded together by discrete physical joints **16**. The bonding may be performing by bonding, sewing or welding, but is generally done by welding. The portion of each strip between two joints **16** forms a cell wall **18** of an individual cell **20**. Each cell **20** has cell walls made from two different polymeric strips. The strips **14** are bonded together to form a honeycomb pattern from the plurality of strips. For example, outside strip **22** and inside strip **24** are bonded together by physical joints **16** which are regularly spaced along the length of strips **22** and **24**. A pair of inside strips **24** is bonded together by physical joints **32**. Each joint **32** is between two joints **16**. As a result, when the plurality of strips **14** is stretched in a direction perpendicular to the faces of the strips, the strips bend in a sinusoidal manner to form the geocell **10**. At the edge of the geocell where the ends of two polymeric strips **22**, **24** meet, an end weld **26** (also considered a joint) is made a short distance from the end **28** to form a short tail **30** which stabilizes the two polymeric strips **22**, **24**.

[0039] The geocells of the present disclosure are made polymeric strips that have certain physical properties. In particular, the polymeric strip has a stress at yield, or at 12% strain when the polymeric strip has no yield point, of 14.5 MPa or greater when measured in the machine direction (perpendicular to seam plane in the geocell cell) at a

VB

strain rate of 20 %/minute or 150 %/minute. In other embodiments, the polymeric strip has a strain of 10% or less at a stress of 14.5 MPa, when measured as described. In other words, the polymeric strip can withstand stresses of 14 MPa or greater without reaching its yield point. Other synonyms for the yield point include the stress at yield, the elastic limit, or the plastic limit. When the polymeric strip has no yield point, the stress is considered at 12% strain. These measurements relate to the tensile properties of the polymeric strip in the machine direction, at 23°C, not its flexural properties.

[0040] Because many geocells are perforated, measuring the stress and strain according to the ASTM D638 or ISO 527 standards is generally impossible. Thus, the measurements are taken according to the following procedure, which is a modified version of said standards and is referred to herein as "the Izhar procedure". A strip 50 mm long and 10 mm wide is sampled in the direction parallel to ground level and perpendicular to the seam plane of the cell (i.e. in the machine direction). The strip is clamped so that the distance between clamps is 30 mm. The strip is then stretched by moving the clamps away from each other at a speed of 45 millimeters (mm) per minute, which translates to a strain rate of 150%/minute, at 23°C. The load provided by the strip in response to said deformation is monitored by a load cell. The stress (N/mm^2) is calculated at different strains (the strain is the increment of length, divided by original length). The stress is calculated by dividing the load at specific strain by the original nominal cross-section (the width of the strip multiplied by the thickness of the strip). Since the surface of the geocell strip is usually texturized, the thickness of the sample is measured simply as "peak to peak" distance, averaged between three points on the strip. (For example, a strip, having an embossed diamond like texture, and having a distance between the uppermost texture of top side and the lowermost texture of the bottom side of 1.5 mm, is regarded as 1.5 mm thick.) This strain rate of 150%/minute is more relevant to pavements and railways, where each load cycle is very short.

[0041] In other embodiments, the polymeric strip may be characterized as having:

- a strain of at most 1.9% at a stress of 8 MPa;
- a strain of at most 3.7% at a stress of 10.8 MPa;
- a strain of at most 5.5% at a stress of 12.5 MPa;
- a strain of at most 7.5% at a stress of 13.7 MPa;

14

a strain of at most 10% at a stress of 14.5 MPa;
a strain of at most 11% at a stress of 15.2 MPa; and
a strain of at most 12.5% at a stress of 15.8 MPa.

The polymeric strip may also have, optionally, a strain of at most 14% at a stress of 16.5 MPa; and/or a strain of at most 17% at a stress of 17.3 MPa.

[0042] In other embodiments, the polymeric strip may be characterized as having a stress of at least 14.5 MPa at a strain of 12%; a stress of at least 15.5 MPa at a strain of 12%; and/or a stress of at least 16.5 MPa at a strain of 12%.

[0043] In other embodiments, the polymeric strip may be characterized as having a storage modulus of 500 MPa or greater at 23°C, measured in the machine direction by Dynamic Mechanical Analysis (DMA) at a frequency of 1 Hz. As with the tensile stress-strain measurement, the thickness for the DMA analysis is taken as "peak to peak" distance, averaged between three points. The DMA measurements described in the present disclosure are made according to ASTM D4065.

[0044] In other embodiments, the polymeric strip may be characterized as having a storage modulus of 250 MPa or greater at 50°C, measured in the machine direction by Dynamic Mechanical Analysis (DMA) at a frequency of 1 Hz.

[0045] In other embodiments, the polymeric strip may be characterized as having a storage modulus of 150 MPa or greater at 63°C, measured in the machine direction by Dynamic Mechanical Analysis (DMA) at a frequency of 1 Hz.

[0046] In other embodiments, the polymeric strip may be characterized as having a Tan Delta of 0.32 or less at 75°C, measured in the machine direction by Dynamic Mechanical Analysis (DMA) at a frequency of 1 Hz. These novel properties are beyond the properties of typical HDPE or MDPE geocells.

[0047] Dynamic Mechanical Analysis (DMA) is a technique used to study and characterize the viscoelastic nature of polymers. Generally, an oscillating force is applied to a sample of material and the resulting cyclic displacement of the sample is measured versus the cyclic loading. The higher the elasticity, the lower the time lag (phase) between the load and the displacement. From this, the pure stiffness (storage modulus) of the sample can be determined, as well as the dissipating mechanism (loss modulus) and the ratio between them (Tan Delta). DMA is also discussed in ASTM

15

[0048] Another aspect of the geocell of the present disclosure is its lower coefficient of thermal expansion (CTE) relative to current HDPE or MDPE. The CTE is important because the expansion/contraction during thermal cycling is another mechanism that provides additional hoop stresses as well. HDPE and MDPE have a CTE of about $200 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ at ambient (23°C), and that CTE is even higher at temperatures greater than ambient. The geocell of the present disclosure has a CTE of about $150 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ or less at 23°C , and in specific embodiments about $120 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ or less at 23°C when measured according to ASTM D696. The CTE of the geocell of the present disclosure has lower tendency to increase at elevated temperatures.

[0049] Another aspect of the geocell of the present disclosure is its lower creep tendency under constant load. The lower creep tendency is measured according to accelerated creep test by stepped isothermal method (SIM), as described in ASTM 6992. In this method, a polymeric specimen is subjected to a constant load under a stepped temperature program (i.e. the temperature is increased and held constant for a predefined period). The elevated temperature steps accelerate creep. The procedure of SIM test is applied to a sample of 100 mm width and net length of 50 mm (distance between clamps). The sample is loaded by a static load and heated according to a procedure comprising the steps:

Step	T	time
	Celsius	hours
0	23	0
1	30	3
2	37	3
3	44	3
4	51	3
5	58	3
6	65	3
7	72	3

[0050] This SIM procedure is referred to herein as "the PRS SIM procedure". The plastic strain (irreversible increase in length, divided by initial length) at the end of the procedure is measured. The plastic strain is measured against different loads, and the

16

load that causes plastic strain of 10% or less is called the "long term design load." The stress related to the long term design load (said load, divided by (original width multiplied by original)) is the "long term design stress" and provides the allowed hoop stress the geocell can tolerate for a long period of time under a static load.

[0051] A typical HDPE geocell, when subjected to the PRS SIM procedure, can barely provide a long term design stress of 2.2 MPa.

[0052] In some embodiments, the polymeric strip according to the present disclosure are characterized by a long term design stress of 2.6 MPa or greater, including a long term design stress of 3MPa or greater, or even 4 MPa or greater.

[0053] Unlike HDPE geocells, the geocell of the present disclosure can provide significantly better properties up to 16% strain and in some embodiments up to 22% strain. In particular, the geocell can respond elastically to stresses greater than 14.5 MPa, thus providing the required properties for load support applications. The elastic response guarantees complete recovery to original dimensions when the load is removed. The geocell will provide the infill with a higher load bearing capacity and increased rebound to its original diameter under repeated loadings (i.e. cyclic loads). Moreover, the geocell of the present disclosure can be used with granular materials that generally cannot be used in base courses and sub-bases, as described further herein. The geocell of the present disclosure also enables better load bearing and fatigue resistance under humid conditions, especially when fine grained granular materials are used.

[0054] The polymeric strip may include a polyethylene (PE) polymer, such as HDPE, MDPE, or LDPE, which has been modified as described further below.

[0055] The polymeric strip may also include a polypropylene (PP) polymer. Although most PP homopolymers are too brittle and most PP copolymers are too soft for load support applications, some grades of PP polymers are useful. Such PP polymers can be stiff enough for the load support application, yet soft enough that the geocell can be folded up. Exemplary polypropylene polymers suitable for the present disclosure include polypropylene random copolymers, polypropylene impact copolymers, blends of polypropylene with either an ethylene-propylene-diene-monomer (EPDM) or an ethylene alpha-olefin copolymer based elastomer, and polypropylene block copolymers.

Such PP polymers are commercially available as R338-02N from Dow Chemical Company; PP 71EK71PS grade impact copolymer from SABIC Innovative Plastics; and PP RA1E10 random copolymer from SABIC Innovative Plastics. Exemplary ethylene alpha-olefin copolymer based elastomers include Exact® elastomers manufactured by Exxon Mobil and Tafmer® elastomers manufactured by Mitsui. Since PP polymers are brittle at low temperatures (lower than about minus 20°C) and tend to creep under static or cyclic loadings, geocells of the present disclosure which incorporate PP may be less load-bearing and more restricted as to their operating temperatures than geocells of the present disclosure which incorporate HDPE.

[0056] The PP and/or PE polymers or any other polymeric composition according the present disclosure are generally modified, through various treatment process and/or additives, to attain the required physical properties. The most effective treatment is post-extrusion treatment, either downstream from the extrusion machine, or in a separate process afterwards. Usually, lower crystallinity polymers such as LDPE, MDPE, and some PP polymers will require a post-extrusion process such as orientation, cross-linking, and/or thermal annealing, while higher crystallinity polymers can be extruded as strips and welded together to form a geocell without the need to apply post-extrusion treatment.

[0057] In some embodiments, the polymeric strip comprises a blend (usually as a compatibilized alloy) of (i) a high performance polymer and (ii) a polyethylene or polypropylene polymer. The blend is generally an immiscible blend (an alloy), wherein the high performance polymer is dispersed in a matrix formed by the polyethylene or polypropylene polymer. A high performance polymer is a polymer having (1) a storage modulus of 1400 MPa or greater at 23°C, measured in the machine direction by Dynamic Mechanical Analysis (DMA) at a frequency of 1 Hz according to ASTM D4065; or (2) an ultimate tensile strength of at least 25 MPa. Exemplary high performance polymers include polyamide resins, polyester resins, and polyurethane resins. Particularly suitable high performance polymers include polyethylene terephthalate (PET), polyamide 6, polyamide 66, polyamide 6/66, polyamide 12, and copolymers thereof. The high performance polymer typically comprises from about 5 to about 85 weight percent of the polymeric strip. In particular embodiments, the high performance

8

polymer is from about 5 to about 30 weight percent of the polymeric strip, including from about 7 to about 25 weight percent.

[0058] The properties of the polymeric strips can be modified either prior to forming the geocell (by welding of the strips) or after forming the geocell. The polymeric strips are generally made by extruding a sheet of polymeric material and cutting strips from said sheet of polymeric material, and the modification generally is made to the sheet for efficiency. The modification can be done in-line to the extrusion process, after the melt is shaped to a sheet and the sheet is cooled to lower than the melting temperature, or as a secondary process after the sheet is separated from the extruder die. The modification can be done by treating the sheet, strips, and/or geocell by cross-linking, crystallization, annealing, orientation, and combinations thereof.

[0059] For example, a sheet which is 5 to 500 cm wide may be stretched (i.e. orientation) at a temperature range from about 25°C to about 10°C below the peak melting temperature (T_m) of the polymeric resin used to make the sheet. The orientation process changes the strip length, so the strip may increase in length from 2% to 500% relative to its original length. After stretching, the sheet can be annealed. The annealing may occur at a temperature which is 2 to 60 °C lower than the peak melting temperature (T_m) of the polymeric resin used to make the sheet. For example, if a HDPE, MDPE or PP sheet is obtained, the stretching and/or annealing is done at a temperature of from about 24°C to 150°C. If a polymeric alloy is annealed, the annealing temperature is 2 to 60 °C lower than the peak melting temperature (T_m) of the HDPE, MDPE, or PP phase.

[0060] In some specific embodiments, a polymeric sheet or strip is stretched to increase its length by 50% (i.e. so the final length is 150% of the original length). The stretching is done at a temperature of about 100-125°C on the surface of the polymeric sheet or strip. The thickness is reduced by 10% to 20% due to the stretching.

[0061] In other embodiments, a polymeric sheet or strip is cross-linked by irradiation with an electron beam after extrusion or by the addition of a free radical source to the polymeric composition prior to melting or during melt kneading in the extruder.

[0062] In other embodiments, the required properties for the geocell can be obtained by providing multi-layer polymeric strips. In some embodiments, the polymeric strips have at least two, three, four, or five layers.

[0063] In some embodiments as shown in **FIG. 2**, the polymeric strip **100** has at least two layers **110**, **120**, wherein two of the layers are made from same or different compositions and at least one layer is made of a high performance polymer or polymer compound having (1) storage modulus of 1400 MPa or greater at 23°C, measured in the machine direction by Dynamic Mechanical Analysis (DMA) at a frequency of 1 Hz according to ASTM D4065; or (2) an ultimate tensile strength of at least 25 MPa. In embodiments, one layer comprises a high performance polymer and the other layer comprises a polyethylene or polypropylene polymer, which may be a blend or alloy of a polyethylene or polypropylene polymer with other polymers, fillers, additives, fibers and elastomers. Exemplary high performance resins include polyamides, polyesters, polyurethanes; alloys of (1) polyamides, polyesters, or polyurethanes with (2) LDPE, MDPE, HDPE, or PP; and copolymers, block copolymers, blends or combinations of any two of the three polymers (polyamides, polyesters, polyurethanes).

[0064] In other embodiments as shown in **FIG. 3**, the polymeric strip **200** has five layers. Two of the layers are outer layers **210**, one layer is a core layer **230**, and the two intermediate layers **220** bond the core layer to each outer layer (i.e. so the intermediate layers serve as tie layers). This five-layer strip can be formed by co-extrusion.

[0065] In other embodiments, the polymeric strip **200** has only three layers. Two of the layers are outer layers **210**, and the third layer is core layer **230**. In this embodiment, the intermediate layers **220** are not present. This three-layer strip can be formed by co-extrusion.

[0066] The outer layers may provide resistance against ultraviolet light degradation and hydrolysis, and has good weldability. The outer layer can be made from a polymer selected from the group consisting of HDPE, MDPE, LDPE, polypropylene, blends thereof, and alloys thereof with other compounds and polymers. Those polymers may be blended with elastomers, especially EPDM and ethylene-alpha olefin copolymers. The core and/or outer layer can also be made from alloys of (1) HDPE, MDPE, LDPE,

20

or PP with (2) a polyamide or polyester. Each outer layer may have a thickness of from about 50 to about 1500 micrometers (microns).

[0067] The intermediate (tie) layers can be made from functionalized HDPE copolymers or terpolymers, functionalized PP copolymers or terpolymers, a polar ethylene copolymer, or a polar ethylene terpolymer. Generally, the HDPE and PP copolymers / terpolymers contain reactive end groups and/or side-groups which allow for chemical bond formation between the intermediate layers (tie layers) and the outer layer. Exemplary reactive side-groups include carboxyl, anhydride, oxirane, amino, amido, ester, oxazoline, isocyanate or combinations thereof. Each intermediate layer may have a thickness of from about 5 to about 500 micrometers. Exemplary intermediate layer resins include Lotader® resins manufactured by Arkema and Elvaloy®, Fusabond®, or Surlyn® resins manufactured by DuPont.

[0068] The core and/or outer layer may comprise a polyester and alloys thereof with PE or PP, a polyamide and alloys thereof with PE or PP, and blends of polyester and polyamide and alloys thereof with PE or PP. Exemplary polyamides include polyamide 6, polyamide 66, and polyamide 12. Exemplary polyesters include polyethylene terephthalate (PET) and polybutylene terephthalate (PBT). The core and/or outer layer may have a thickness of from about 50 to about 2000 micrometers.

[0069] In other embodiments as shown in **FIG. 4**, the polymeric strip **300** has three layers: a top layer **310**, a center layer **320**, and a bottom layer **330**. The top layer is the same as the outer layer previously described; the center layer is the same as the intermediate layer previously described; and the bottom layer is the same as the core layer previously described.

[0070] Geocells are generally embossed (texturized by pressing the semi-solid mass after extrusion against a texturized roll) to increase friction with granular infill or with soil. Geocells may also be perforated to improve friction with granular infill and water drainage. However, both embossing and perforation reduce the stiffness and strength of the geocell. Since these friction aids are usually present, it is necessary to provide enhanced strength and stiffness to the geocell, by altering its polymer composition and/or morphology.

231

[0071] The polymeric strip may further comprise additives to attain the required physical properties. Such additives may be selected from, among others, nucleating agents, fillers, fibers, nanoparticles, hindered amine light stabilizers (HALS), antioxidants, UV light absorbers, and carbon black.

[0072] Fillers may be in the form of powders, fibers, or whiskers. Exemplary fillers include a metal oxide, such as aluminum oxide; a metal carbonate, such as calcium carbonate, magnesium carbonate, or calcium-magnesium carbonate; a metal sulfate, such as calcium sulfate; a metal phosphate; a metal silicate – especially talc, kaolin, mica, or wollastonite; a metal borate; a metal hydroxide; a silica; a silicate; an; an alumo-silicate; chalk; talc; dolomite; an organic or inorganic fiber or whisker; a metal; metal-coated inorganic particles; clay; kaolin; industrial ash; concrete powder; cement; or mixtures thereof. In some embodiments, the filler has an average particle size of less than 10 microns, and in some embodiments, also has an aspect ratio of greater than one. In specific embodiments, the fillers is mica, talc, kaolin, and/or wollastonite. In other embodiments, the fibers have a diameter lower than 1 micron.

[0073] Nanoparticles can be added to the polymeric composition for various purposes. For example, inorganic UV-absorbing solid nanoparticles have practically no mobility and are therefore very resistant against leaching and/or evaporation. UV-absorbing solid nanoparticles are also transparent in the visible spectrum and are distributed very evenly. Therefore, they provide protection without any contribution to the color or shade of the polymer. Exemplary UV-absorbing nanoparticles comprise a material selected from the group consisting of titanium salts, titanium oxides, zinc oxides, zinc halides, and zinc salts. In particular embodiments, the UV-absorbing nanoparticles are titanium dioxide. Examples of commercially available UV-absorbing particles are SACHTLEBEN™ Hombitec RM 130F TN, by Sachtleben, ZANO™ zinc oxide by Umicore, NanoZ™ zinc oxide by Advanced Nanotechnology Limited and AdNano Zinc Oxide™ by Degussa.

[0074] The polymeric strips from which the geocell is formed are made by various processes. Generally, the process comprises melting a polymeric composition, extruding the composition through an extruder die as a molten sheet, forming and optionally texturizing the resulting sheet, treating the sheet as needed to obtain the

desired properties, cutting the sheet to strips, and welding, sewing, bonding, or riveting strips formed from the sheet together into a geocell. First, the various components, such as the polymeric resins and any desired additives are melt kneaded, usually in an extruder or co-kneader. This can be done in, for example, an extruder, such as a twin-screw extruder or single screw extruder with enough mixing elements, which provides the needed heat and shearing with minimal degradation to the polymer. The composition is melt kneaded so that any additives are thoroughly dispersed. The composition is then extruded through a die, and pressed between metal calendars into sheet form. Exemplary treatments provided downstream of the extruder die include texturing the surface of the sheet, perforating the sheet, orientation (uni-directional or bi-directional), irradiation with electron beam or x-rays, and thermal annealing. In some embodiments, the sheet is heat treated to increase crystallinity and reduce internal stresses. In other embodiments, the sheet is treated to induce cross linking in the polymeric resin by means of electron beam, x-ray, heat treatment, and combinations thereof. Combinations of the above treatments are also contemplated.

[0075] Strips can be formed from the resulting sheet and welded, sewed, or bonded together to form a geocell. Such methods are known in the art. The resulting geocell is able to retain its stiffness under sustained load cycling over extended periods of time.

[0076] The geocells of the present disclosure are useful for load support applications that current geocells cannot be used for. In particular, the present geocells can also use infill materials that are typically not suitable for load support applications for base courses, subbases, and subgrades

[0077] In particular, the geocells of the present disclosure allow the use of materials for the infill that were previously unsuitable for use in load support applications, such as base courses and subbases, due to their insufficient stiffness and relatively poor fatigue resistance (in granular materials, fatigue resistance is also known as resilient modulus). Exemplary granular infill materials that may now be used include quarry waste (the fine fraction remaining after classification of good quality granular materials), crushed concrete, recycled asphalt, crushed bricks, building debris and rubble, crushed glass, power plant ash, fly ash, coal ash, iron blast furnace slag, cement manufacturing slag, steel slag, and mixtures thereof.

23

[0078] The present disclosure will further be illustrated in the following non-limiting working examples, it being understood that these examples are intended to be illustrative only and that the disclosure is not intended to be limited to the materials, conditions, process parameters and the like recited herein.

EXAMPLES

[0079] Some geocells were made and tested for their stress-strain response, DMA properties and their impact on granular material bearing capacity.

[0080] Generally, the tensile stress-strain properties were measured by the Izhar procedure previously described.

[0081] The load at different deflections was measured or translated to Newtons (N). The deflection is measured or translated to millimeters (mm). The stress was calculated by dividing the load at a specific deflection by the original cross-section of the strip (original width multiplied by original thickness, wherein thickness is the nominal peak-to-peak distance between upper face and bottom face). The strain (%) was calculated by dividing the specific deflection (mm) by the original length (mm) and multiplying by 100.

COMPARATIVE EXAMPLE 1

[0082] A geocell made from high density polyethylene (HDPE) commercially available from Presto Geosystems (Wisconsin, USA) was obtained and its properties tested. The average cell wall thickness was 1.5 mm and the strip had a texture of diamond like vertical cells. The geocell was non-perforated. Its stress-strain response according to the Izhar procedure and is shown in Table 1.

Table 1.

Stress (MPa)	7.874	10.499	12.336	13.386	13.911	14	14	14
Strain (%)	2	4	6	8	10	12	14	16

[0083] At strain of about 8% and a stress of about 13.4 MPa, the Comparative Example began undergoing severe plastic deformation and actually reached its yield point at about 8% strain. In other words, after the release of stress, the sample did not

27

recover its original length, but remained longer permanently (permanent residual strains). This phenomenon is undesirable for cellular confinement systems for load support applications – especially those subjected to many (10,000-1,000,000 and more cycles during the product life cycle) and is the reason for the poor performance of HDPE geocells as load supports for pavements and railways.

EXAMPLE 1

[0084] An HDPE strip was extruded, and embossed to provide a texture similar to Comparative Example 1. The strip had a thickness of 1.7 mm, and was then stretched at a temperature of 100°C (on the strip surface) so that the length was increased by 50% and the thickness was reduced by 25%. The stress-strain response of this HDPE strip was measured according to the Izhar procedure and is shown in Table 2.

Table 2.

Stress (MPa)	8	10.8	12.5	13.7	14.5	15.2	15.8	16.5	17.3
Strain (%)	1.9	3.3	4.8	6	6.6	7.6	8.8	10.5	12

[0085] The strip of Example 1 maintained an elastic response up through 12% strain without a yield point and without reaching its plastic limit and at stresses greater than 17 MPa. The recovery of initial dimensions, after release of load, was close to 100%.

EXAMPLE 2

[0086] A high performance polymeric alloy composition comprising 12 wt% polyamide 12, 10 wt% polybutylene terephthalate, 5% polyethylene grafted by maleic anhydride compatibilizer (Bondyram® 5001 manufactured by Polyram), and 73% HDPE was extruded to form a texturized sheet of 1.5 mm thickness. The stress-strain response of a strip formed from the composition was measured according to the Izhar procedure and is shown in Table 3.

Table 3.

Stress (MPa)	8	10.8	12.5	13.7	14.5	15.2	15.8	16.5	17.3
Strain (%)	1.9	3.6	5.2	6.8	7.9	8.9	10	12	14

25

[0087] The strip of Example 2 maintained an elastic response up through 14% strain and at stresses greater than 17 MPa, without a yield point and without reaching its plastic limit. The recovery of initial dimensions, after release of load, was close to 100%.

[0088] FIG. 5 is a graph showing the stress-strain results for Comparative Example 1, Example 1, and Example 2. An additional point at (0,0) has been added for each result. As can be seen, Example 1 and Example 2 have no sharp yield point, and maintained increase in stress without yield up to 12-14% strain at stresses of greater than 17 MPa, while the Comparative Example 1 reached its yield point at 8-10% strain and a stress of about 14 MPa. This translates into a greater range at which an elastic response is maintained. The fact that no yield point was observed for Example 1 and Example 2 is important when cyclic loading is expected and the ability to return to the original dimensions (and thus the maximal confinement of infill) is crucial.

[0089] FIG. 6 is a graph showing the difference between the stress-strain result of Comparative Example 1 and a polymeric strip of the present disclosure which is characterized as having a strain of at most 1.9% at a stress of 8 MPa; a strain of at most 3.7% at a stress of 10.8 MPa; a strain of at most 5.5% at a stress of 12.5 MPa; a strain of at most 7.5% at a stress of 13.7 MPa; a strain of at most 10% at a stress of 14.5 MPa; a strain of at most 11% at a stress of 15.2 MPa; a strain of at most 12.5% at a stress of 15.8 MPa; a strain of at most 14% at a stress of 16.5 MPa; and a strain of at most 17% at a stress of 17.3 MPa. The area to the left of the dotted line defines the combinations of stress-strain according to the present disclosure.

EXAMPLE 3

[0090] Two cells were tested to demonstrate the improvement in granular material reinforcement and increased load-bearing capacity. These cells were a single cell, not a complete geocell. As a control, one cell corresponding to Comparative Example 1 was used. For comparison, a cell was made from a composition according to Example 2, texturized, and had a thickness of 1.5 mm.

[0091] The walls of each cell were 10 cm high, 33 cm between seams, embossed, non perforated, and had a thickness of 1.5 mm. The cell was opened so that its long

26

“radius” was about 260 mm and its short radius was about 185 mm. A sandbox of 800 mm length and 800 mm width was filled to 20 mm depth with sand. The sand gradation distribution is provided in Table 4.

Table 4.

Sieve aperture (mm)	0.25	0.5	0.75	1	2	4
Cumulative Passing %	10-20	35-55	50-70	60-80	80-90	90-100

[0092] The cell was placed on the surface of this sand and filled with the same sand. The expanded cell had a roughly elliptical shape, about 260 mm on the long axis and about 180 mm on the short axis. Additional sand was then placed into the sandbox to surround the cell and bury the cell so that a top layer of 25 mm covered the cell. The sand was then compacted to 70% relative density.

[0093] A piston of 150 mm diameter was placed above the center of the cell and the load was increased to provide pressure on the sand surface in 50 kPa increments (i.e. the pressure was increased every 1 minute by 50 KPa). The deflection (penetration of piston into the confined sand) and pressure (vertical load divided by piston area) were measured.

[0094] The piston was used on (1) sand only; (2) a cell of Comparative Example 1; and (3) a cell of Example 2. The results are shown in Table 5.

Table 5.

Vertical Load (kPa)	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
Deflection in sand only (mm)	1	2	3	>10	>15	>20	>20	>20	>20	>20
Deflection with cell of Comparative Example 1 (mm)	0.7	1.3	2	2.5	3	4	5	>10	>15	>20
Deflection with cell of Example 2 (mm)	0.6	1	1.1	1.7	2	2.5	2.9	4	5	7

[0095] The cell of Example 2 continued to perform elastically at pressures greater than 400 kPa, whereas the cell of Comparative Example 1 did not. Due to the yielding of the HDPE wall, poor confinement was observed in the cell of Comparative Example 1. The yield point for Comparative Example 1 was at vertical pressure of about 250 KPa, and if the average hoop stress is calculated (average diameter of cell is 225 mm) at that vertical pressure, a value of about 13.5 MPa is obtained. This number is in very good agreement with the yield point values obtained by the stress-strain tensile measurements according to the Izhar procedure. The results showed there was a strong and significant correlation between the stiffness and resistance to yield (ability to carry hoop stresses greater than 14 MPa) and the ability to support a large vertical load. It should be noted that this test only provided a single load, whereas in practical applications the load to be supported is cyclic. As a result, the resistance to plastic deformation is very important and was not present in the cell of Comparative Example 1.

[0096] FIG. 7 is a graph showing the results in Table 5. The difference in resistance to penetration (i.e. how well the cell supported the vertical load) is very clear.

EXAMPLE 4

[0097] A polymeric strip was made according to Example 2.

[0098] As a control, an HDPE strip of 1.5 mm thickness according to Comparative Example 1 was provided.

[0099] The two strips were then analyzed by Dynamic Mechanical Analysis (DMA) at a frequency of 1 Hz according to ASTM D4065. The control HDPE strip was tested over a temperature range of about -150°C to about 91°C. The control strip was heated at 5°C/min and the force, displacement, storage modulus, and tan delta were measured. The polymeric strip of Example 2 was tested over a temperature range of about -65°C to about 120°C. The control strip was heated at 5°C/min and the force, displacement, storage modulus, and tan delta were measured.

[0100] FIG. 8 is a graph of the storage (elastic) modulus and Tan Delta versus temperature for the control HDPE strip.

28

[0101] FIG. 9 is a graph of the storage (elastic) modulus and Tan Delta versus temperature for the polymeric strip of Example 2.

[0102] The storage modulus of the HDPE decreased more rapidly than the storage modulus of Example 2. The storage modulus for the strip of Example 2 was almost three times higher than the storage modulus for the HDPE strip at 23°C. To obtain the same storage modulus as the HDPE strip had at 23°C, the strip of Example 2 had to be heated to almost 60°C, i.e. the strip of Example 2 maintained its storage modulus better.

[0103] The Tan Delta for the HDPE strip increased exponentially starting at around 75°C, indicating a loss of elasticity (i.e. the material became too plastic and would not retain sufficient stiffness and elasticity), so that the strip was viscous and plastic. This is undesirable, as geocells can be heated even when placed underground (such as in a road). The Tan Delta for the strip of Example 2 maintained its properties at temperatures as high as 100°C. This property is desirable as it provides an additional safety factor. Since performance at elevated temperatures is a way to predict long term performance at moderate temperatures (as described in ASTM 6992), the fact that HDPE began losing its elasticity and thus its load support potential at about 75°C within seconds, provides some insight about its poor creep resistance and tendency to plastically deform. Unlike HDPE, the composition according to the present disclosure, kept its elasticity (low Tan Delta) at very high temperatures, thus suggesting that it has the potential to retain its properties for many years and many loading cycles.

EXAMPLE 5

[0104] Three strips were tested according to the PRS SIM procedure to determine their long term design stress (LTDS). As a control, one HDPE strip was made according to comparative example 1. The first test strip was one made according to Example 2. The second test strip was one made according to Example 2, then oriented at 115°C to increase its original length by 40%). The results are shown in Table 6 below.

Table 6.

Geocell	Comparative Example 1	Example 2	Oriented Example 2
LTDS (MPa)	2.2	3	3.6

[0105] As seen here, Example 2 and Oriented Example 2 both had higher LTDS compared to Comparative Example 1.

[0106] While particular embodiments have been described, alternatives, modifications, variations, improvements, and substantial equivalents that are or may be presently unforeseen may arise to applicants or others skilled in the art. Accordingly, the appended claims as filed and as they may be amended are intended to embrace all such alternatives, modifications variations, improvements, and substantial equivalents.

30

CLAIMS:

1. A geocell formed from polymeric strips, at least one polymeric strip having a storage modulus of 500 MPa or greater when measured in the machine direction by Dynamic Mechanical Analysis (DMA) according to ASTM D4065 at 23°C and at a frequency of 1 Hz.
2. The geocell of claim 1, wherein the at least one polymeric strip has a storage modulus of 700 MPa or greater.
3. The geocell of claim 1, wherein the at least one polymeric strip has a storage modulus of 1000 MPa or greater.
4. The geocell of claim 1, wherein the at least one polymeric strip has a stress at 12% strain of 14.5 MPa or greater when measured according to the Izhar procedure at 23°C.
5. The geocell of claim 1, wherein the at least one polymeric strip has a stress at 12% strain of 16 MPa or greater when measured according to the Izhar procedure at 23°C.
6. The geocell of claim 1, wherein the at least one polymeric strip has a stress at 12% strain of 18 MPa or greater when measured according to the Izhar procedure at 23 C.
7. The geocell of claim 1, wherein the at least one polymeric strip has a coefficient of thermal expansion of $120 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ or less at 25°C according to ASTM D696.
8. A pavement, road, railway, or parking area, comprising at least one layer comprising the geocell of claim 1.

31

9. The pavement, road, railway, or parking area of claim 8, wherein the geocell is filled with a granular material selected from the group consisting of sand, gravel, crushed stone, ballast, quarry waste, crushed concrete, recycled asphalt, crushed bricks, building debris and rubble, crushed glass, power plant ash, fly ash, coal ash, iron blast furnace slag, cement manufacturing slag, steel slag, and mixtures thereof.

10. A geocell formed from polymeric strips, at least one polymeric strip having a storage modulus of 150 MPa or greater when measured in the machine direction by Dynamic Mechanical Analysis (DMA) according to ASTM D4065 at 63°C and at a frequency of 1 Hz.

11. The geocell of claim 10, wherein the at least one polymeric strip has a storage modulus of 250 MPa or greater.

12. The geocell of claim 10, wherein the at least one polymeric strip has a storage modulus of 400 MPa or greater.

13. The geocell of claim 10, wherein the at least one polymeric strip has a stress at 12% strain of 14.5 MPa or greater when measured according to the Izhar procedure at 23°C.

14. The geocell of claim 10, wherein the at least one polymeric strip has a stress at 12% strain of 16 MPa or greater when measured according to the Izhar procedure at 23°C.

15. The geocell of claim 10, wherein the at least one polymeric strip has a stress at 12% strain of 18 MPa or greater when measured according to the Izhar procedure at 23°C.

16. The geocell of claim 10, wherein the at least one polymeric strip has a coefficient of thermal expansion of $120 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ or less at 25°C according to ASTM D696.

17. A pavement, road, railway, or parking area, comprising at least one layer comprising the geocell of claim 10.

18. The pavement, road, railway, or parking area of claim 17, wherein the geocell is filled with a granular material selected from the group consisting of sand, gravel, crushed stone, ballast, quarry waste, crushed concrete, recycled asphalt, crushed bricks, building debris and rubble, crushed glass, power plant ash, fly ash, coal ash, iron blast furnace slag, cement manufacturing slag, steel slag, and mixtures thereof.

19. A geocell formed from polymeric strips, at least one polymeric strip having a long term design stress of 2.6 MPa or greater, when measured according to the PRS SIM procedure.

20. The geocell of claim 19, wherein the at least one polymeric strip has a long term design stress of 3 MPa or greater, when measured according to the PRS SIM procedure.

21. The geocell of claim 19, wherein the at least one polymeric strip has a long term design stress of 4 MPa or greater, when measured according to the PRS SIM procedure.

22. The geocell of claim 19, wherein the at least one polymeric strip has a stress at 12% strain of 14.5 MPa or greater when measured according to the Izhar procedure at 23°C .

33

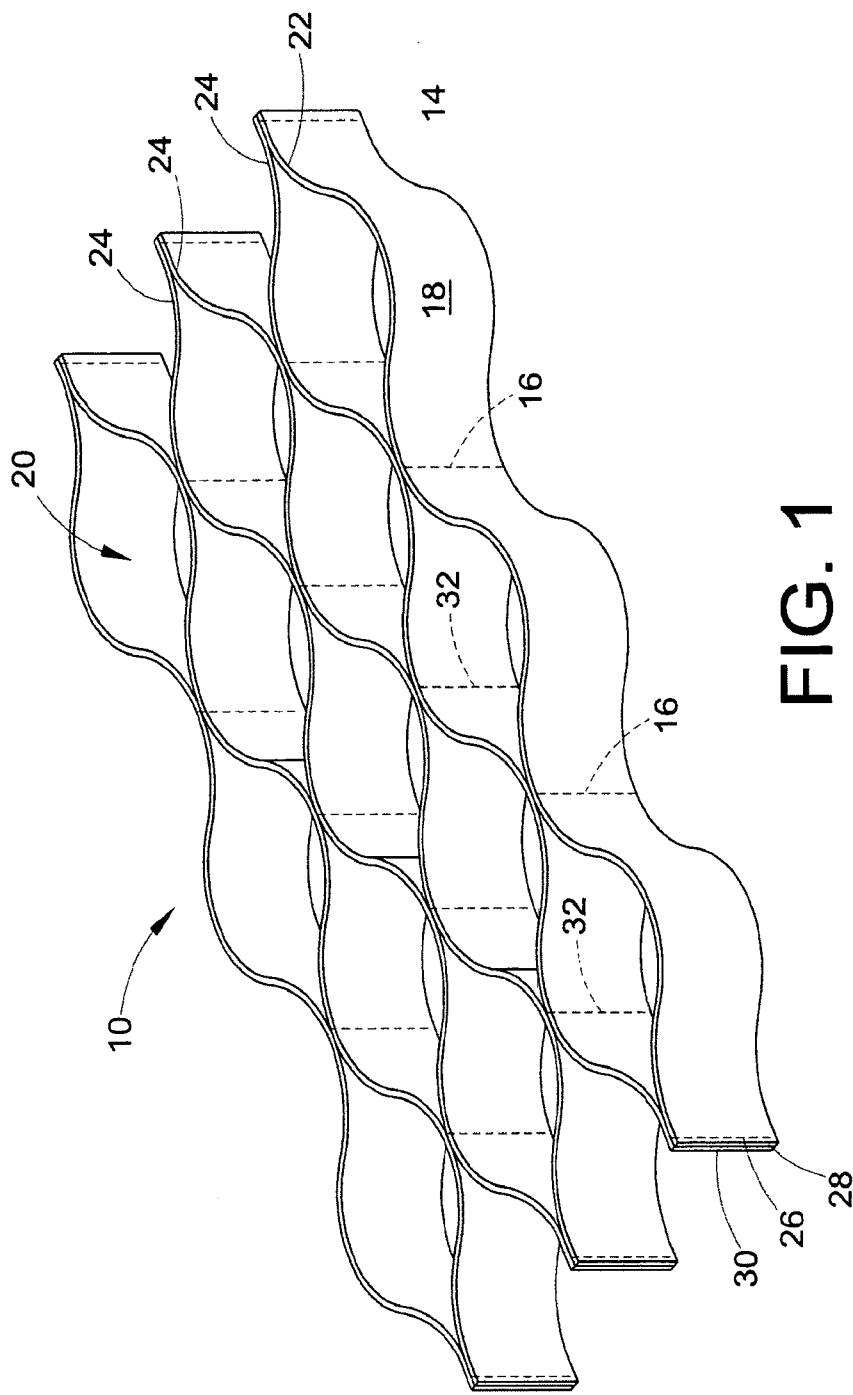
23. The geocell of claim 19, wherein the at least one polymeric strip has a stress at 12% strain of 16 MPa or greater when measured according to the Izhar procedure at 23°C.

24. The geocell of claim 19, wherein the at least one polymeric strip has a stress at 12% strain of 18 MPa or greater when measured according to the Izhar procedure at 23°C.

25. The geocell of claim 19, wherein the at least one polymeric strip has a coefficient of thermal expansion of $120 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ or less at 25°C according to ASTM D696.

26. A pavement, road, railway, or parking area, comprising at least one layer comprising the geocell of claim 19.

27. The pavement, road, railway, or parking area of claim 26, wherein the geocell is filled with a granular material selected from the group consisting of sand, gravel, crushed stone, ballast, quarry waste, crushed concrete, recycled asphalt, crushed bricks, building debris and rubble, crushed glass, power plant ash, fly ash, coal ash, iron blast furnace slag, cement manufacturing slag, steel slag, and mixtures thereof.



35

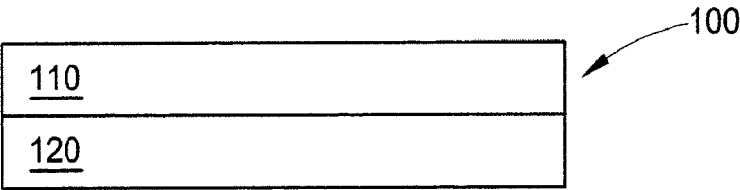


FIG. 2

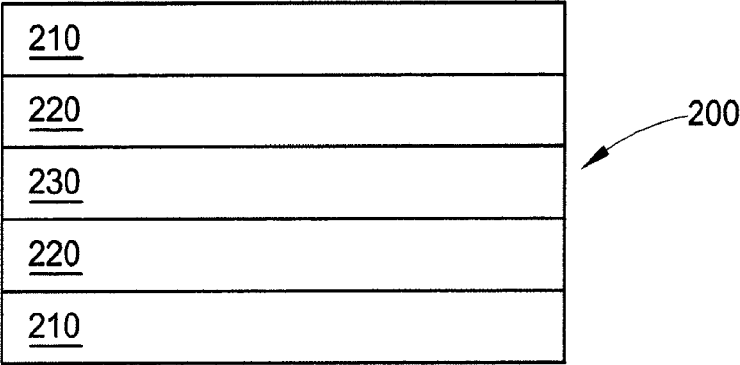


FIG. 3

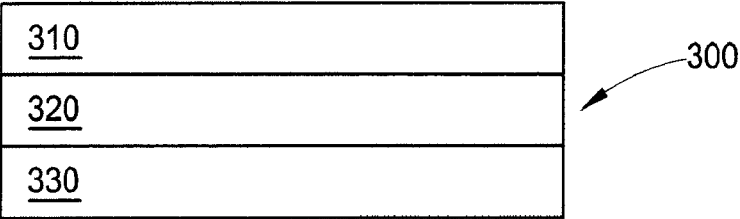
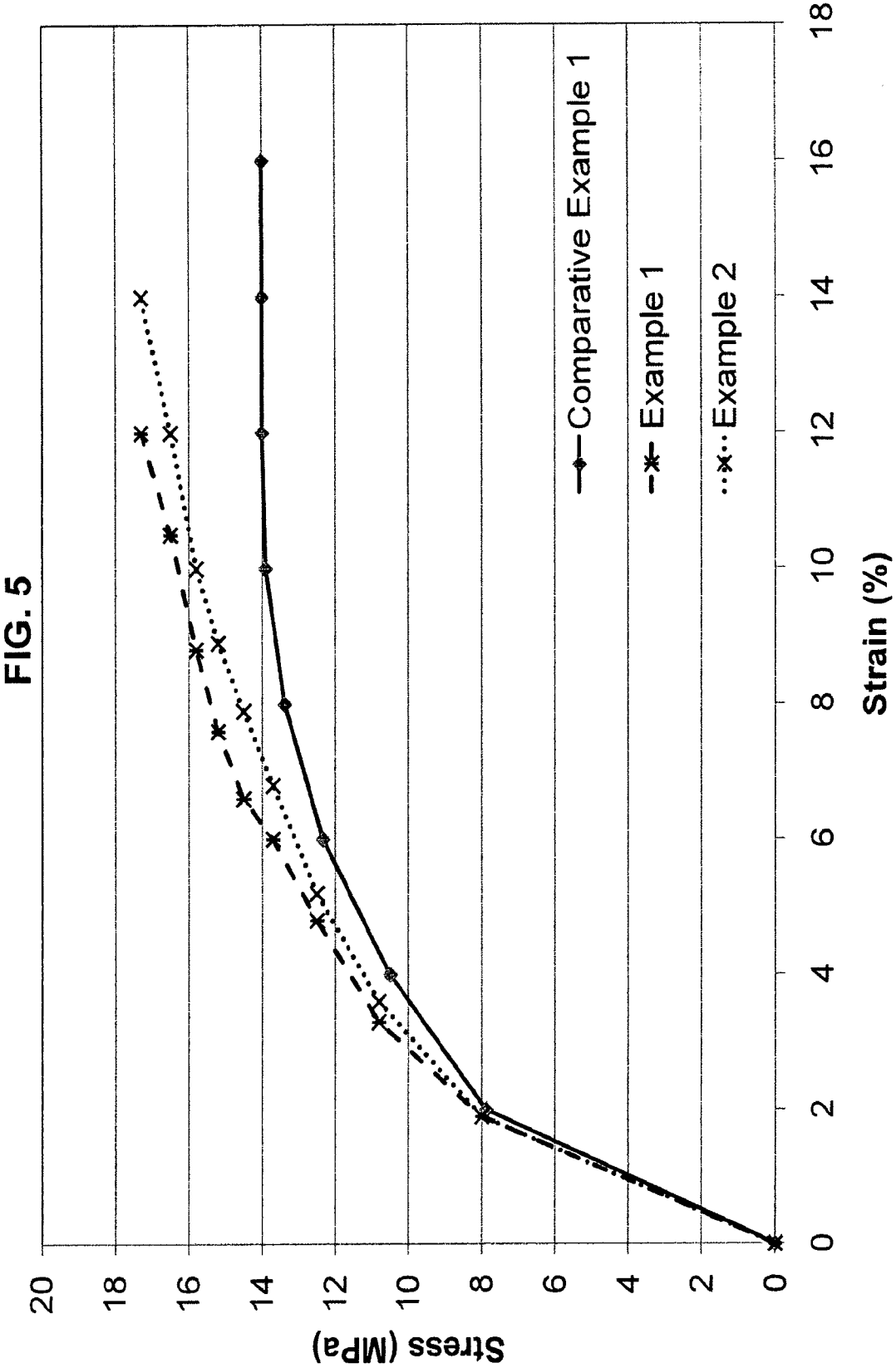


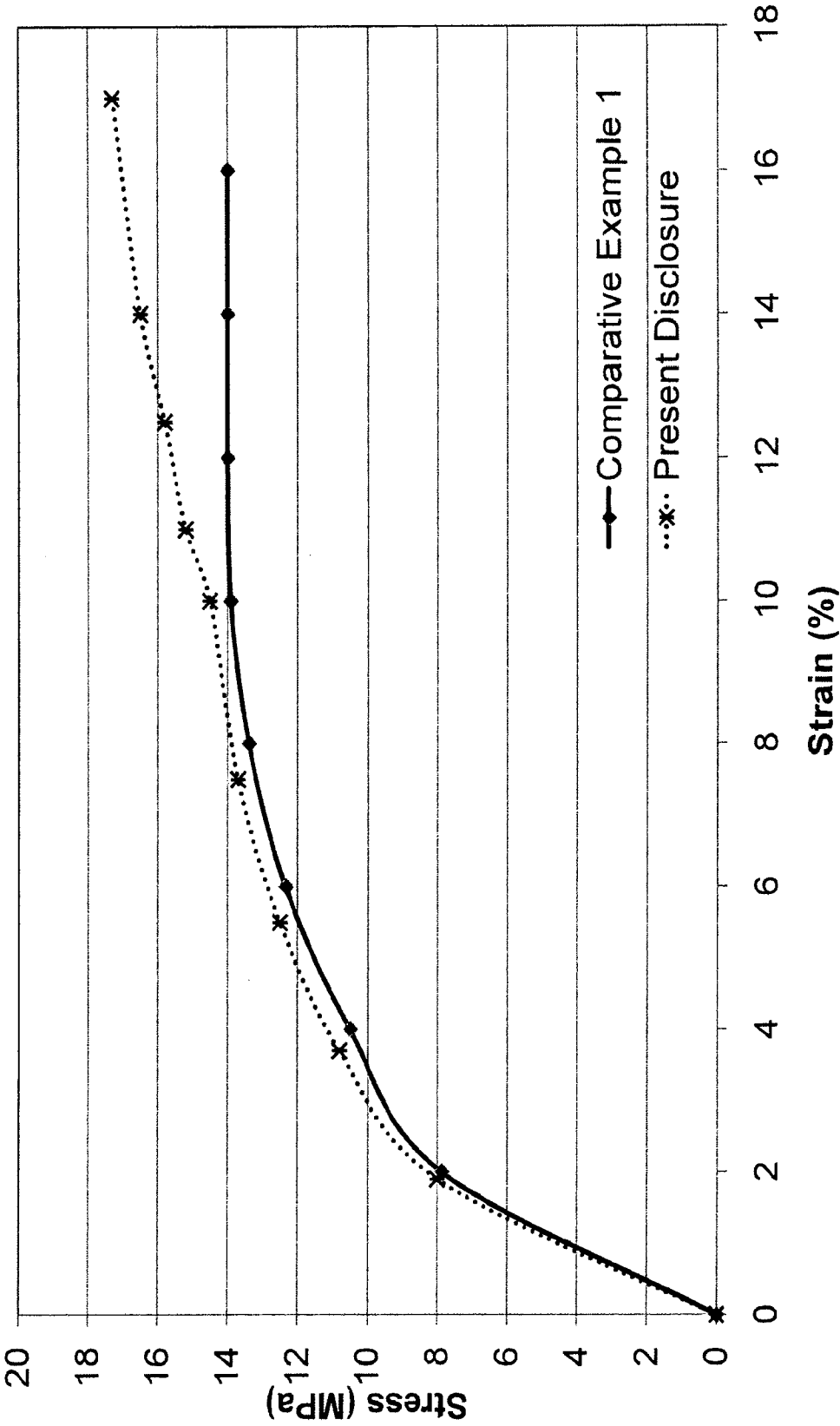
FIG. 4

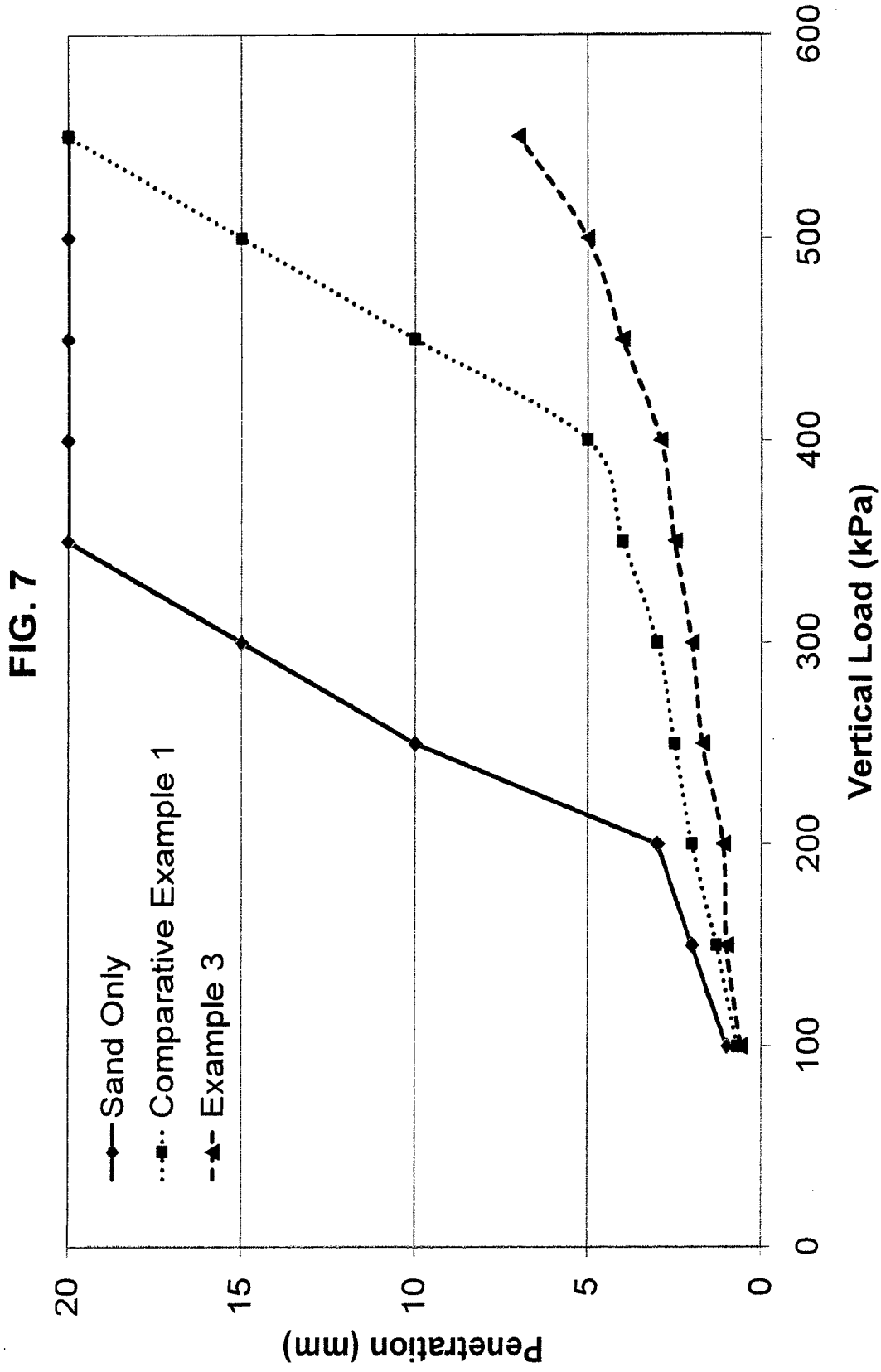
36



37

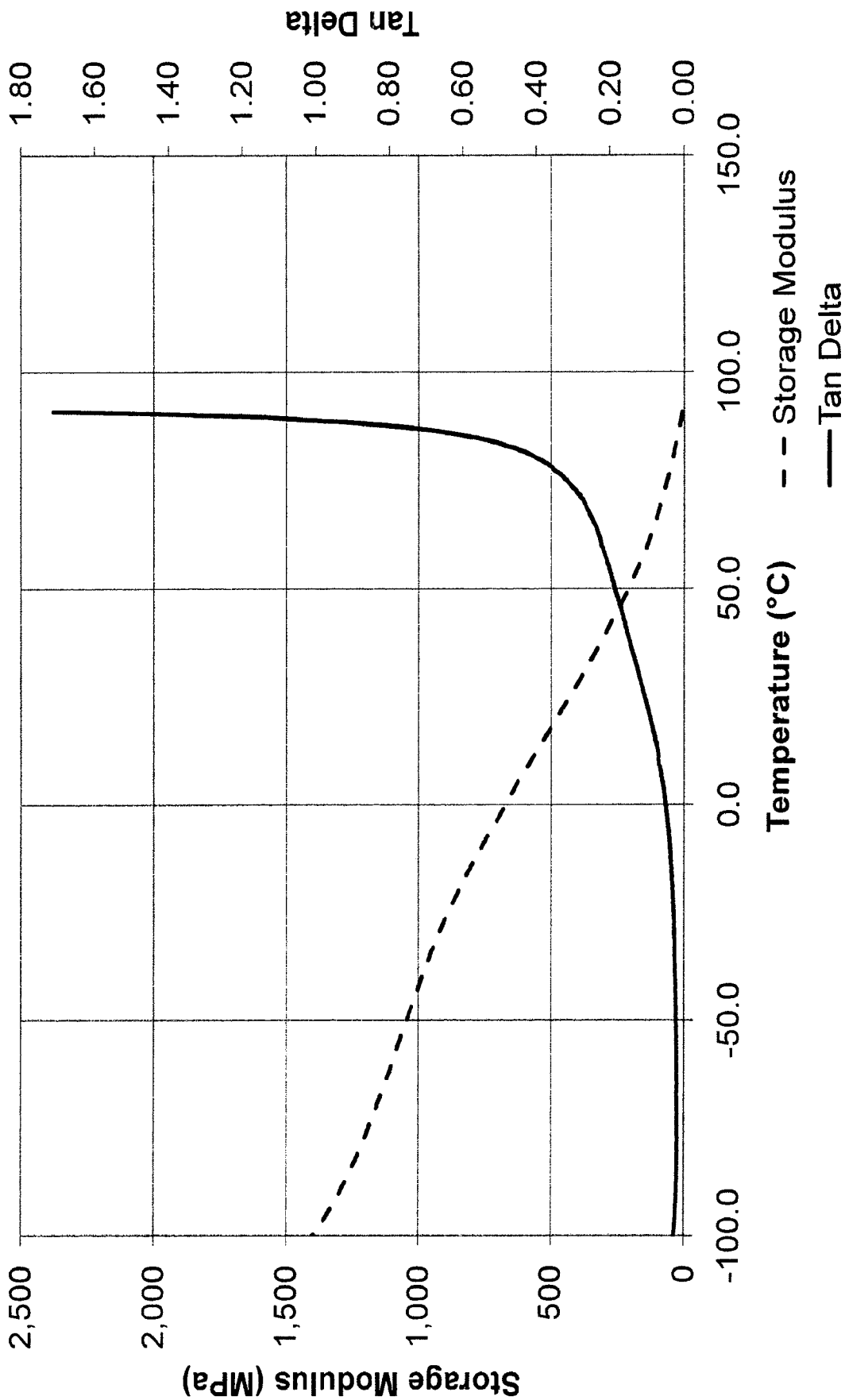
FIG. 6





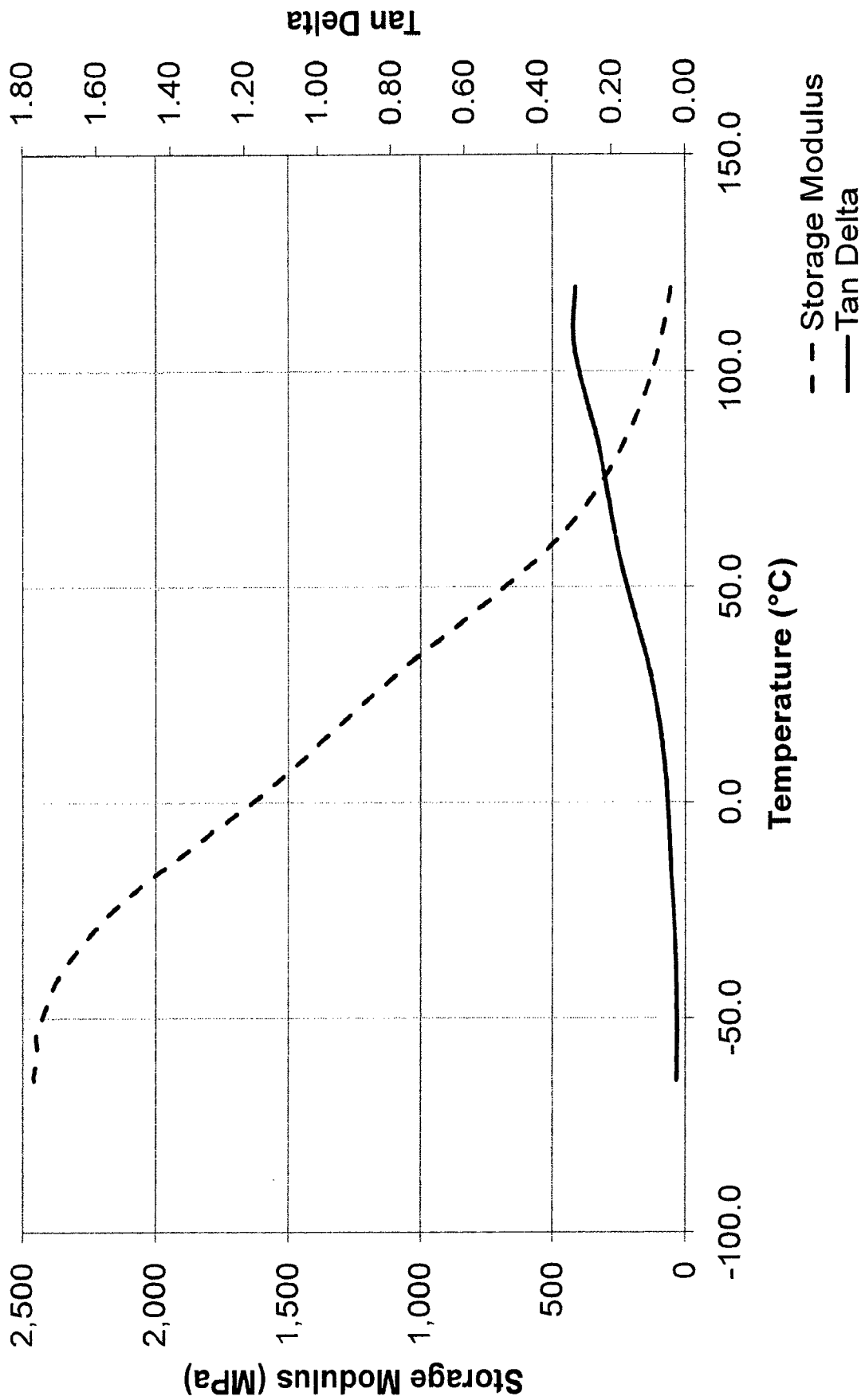
39

FIG. 8.



10

FIG. 9.



GEOCELDA PARA APLICACIONES DE SOPORTE DE CARGA

ANTECEDENTE

5 [0001] La presente descripción se relaciona con un sistema de confinamiento celular, también conocido como CCS o una geocelda, que es adecuada para uso en el soporte de cargas, tal como aquellas presentadas en las carreteras, vías férreas, áreas de parqueo, y pavimentos. En particular, las geoceldas de la presente descripción retienen sus dimensiones después de numerosos ciclos de
10 carga y ciclos de temperatura; así se retiene el confinamiento del relleno a través del ciclo de vida del diseño de la geocelda.

[0002] Un sistema de confinamiento celular (CCS) es una disposición de las celdas de contención que semejan una estructura de “panal” que se carga con un
15 relleno granular, que puede ser tierra sin cohesión, arena, grava, balasto, piedra triturada, o cualquier otro tipo de agregado granular. También conocidas como geoceldas, las CCS se utilizan principalmente en aplicaciones de ingeniería civil que requieren poca resistencia mecánica y rigidez, tal como protección de pendientes (para evitar la erosión) o proporcionar soporte lateral para las
20 pendientes.

[0003] El CCS difiere de otros geosintéticos tal como georejillas o geotextiles en que las georejillas/geotextiles son planos (es decir, bidimensionales) y se utilizan como refuerzo plano. Las georejillas/geotextiles solo proporcionan confinamiento
25 para distancias verticales muy limitadas (usualmente 1,2 veces el tamaño promedio del material granular, y se limitan a materiales granulares que tienen un tamaño promedio de más de aproximadamente 20 mm. Esto limita el uso de tales

geosintéticos bidimensionales a materiales granulares relativamente costosos (balasto, piedra triturada y grava) debido a que ellos proporcionan cualquier confinamiento o refuerzo a materiales granulares de menor calidad, tal como asfalto reciclado, concreto triturado, cenizas volantes y residuos de canteras. En

5 contraste, los CSS tienen estructuras tridimensionales que proporcionan confinamiento en todas las direcciones (es decir, a lo largo de la sección transversal completa de cada célula). Por otra parte, la geometría multicelda proporciona resistencia pasiva que aumenta la capacidad de carga. A diferencia de los geosintéticos bidimensionales, una geocelda proporciona confinamiento y

10 refuerzo para materiales granulares que tienen un tamaño promedio de partícula menor de aproximadamente 20mm, y en algunos casos materiales que tiene un tamaño de partícula promedio de aproximadamente 10mm o menos.

[0004] Las geoceldas son fabricadas por algunas compañías en todo el mundo

15 que incluyen Presto. Las geoceldas de Presto, así como también aquellas de la mayoría de sus imitadores, se hacen de polietileno (PE). El polietileno (PE) puede ser polietileno de alta densidad (HDPE) o polietileno de densidad media (MDPE). El término "HDPE" se refiere en adelante a un polietileno caracterizado por una densidad mayor de 0.940 g/cm^3 . El término polietileno de densidad media (MDPE)

20 se refiere a un polietileno caracterizado por una densidad mayor de 0.925 g/cm^3 a 0.940 g/cm^3 . El término polietileno de baja densidad (LDPE) se refiere a un polietileno caracterizado por una densidad de 0.91 a 0.925 g/cm^3 .

[0005] Las geoceldas hechas de HDPE y MDPE son lisas o texturizadas. Las

25 geoceldas texturizadas son más comunes en el mercado, debido a que la textura puede proporcionar alguna fricción adicional de las paredes de la geocelda con el relleno. Aunque el HDPE puede tener en teoría una resistencia a la tracción

(resistencia a la tracción en producto o en ruptura) en más de 15 megapascuales (MPa), en la práctica, cuando se toma una muestra de una pared de geocelda y se prueba de acuerdo con el ASTM D638, la resistencia es insuficiente para aplicaciones de soporte de carga, tal como carreteras y vías férreas, y aún a una

5 alta tasa de tensión de 150%/minuto, apenas alcanzará los 14 MPa.

[0006] Las pobres propiedades del HDPE y el MDPE son claramente visibles cuando se analizan mediante Análisis Mecánico Dinámico (DMA) de acuerdo con el ASTM D4065: el módulo de almacenamiento a 23°C es menor de

10 aproximadamente 400 MPa. El módulo de almacenamiento se deteriora dramáticamente cuando se aumenta la temperatura, y está por debajo de los niveles útiles a temperaturas de aproximadamente 75°C, limitando así el uso como refuerzo de soporte de carga. Estas propiedades mecánicas moderadas son suficientes para la protección de la pendiente, pero no para aplicaciones de

15 soporte de carga a largo plazo que se diseñan para servicio de más de cinco años.

[0007] Otro método para predecir el comportamiento relacionado con el arrastre a largo plazo del polímero, es la prueba de arrastre acelerada mediante el método isotérmico por etapas (SIM) de acuerdo con el ASTM 6992. En este método, se

20 somete a muestra polimérica a carga constante bajo un programa de temperatura por etapas. El incremento hacia temperaturas elevadas acelera el arrastre. El método permite la extrapolación de las propiedades de la muestra durante largos periodos de tiempo, aún más de 100 años. Usualmente, cuando se prueba el PE y el PP la carga que provoca la deformación plástica del 10% se denomina

25 “resistencia de diseño a largo plazo” y se utiliza en geosintéticos como la fuerza permitida para los diseños. Se evitan las cargas que producen deformaciones plásticas mayores al 10%, debido a que el PE y PP se someten a una deformación

plástica de arrastre por encima del 10% de segundo orden. El arrastre de segundo orden es impredecible y el PE y PP tienen una tendencia a "cuartearse" en este modo.

5 [0008] Para aplicaciones tales como carreteras, vías férreas, y patios de almacenamiento con alta carga y de estacionamiento, esta resistencia de escasamente 14 MPa es insuficiente. En particular, las geoceldas con estas propiedades mecánicas moderadas tienden a tener relativamente baja rigidez y tienden a deformarse plásticamente en tensiones tan bajas como el 8%. La

10 deformación plástica hace que la celda pierda su potencial de confinamiento, esencialmente el principal mecanismo de refuerzo, después de breves periodos o bajos números de vehículos que pasan (bajo número de cargas de ciclo). Por ejemplo, cuando una tanda tomada de una geocelda típica en la dirección de máquina (perpendicular a un plano de costura) se prueba de acuerdo con el ASTM

15 D638 en un índice de deformación de 20 %/minuto o incluso al 150 %/minuto, la tensión es 6% de deformación es menor de 13 MPa, a 8% la deformación es menor de 13.5 MPa, y a 12% la deformación es menor de 14 MPa. Como un resultado, las geoceldas HDPE se limitan a aplicaciones en donde las geoceldas están bajo una carga menor y en donde el confinamiento del relleno que lleva a

20 carga no es obligatorio (por ejemplo en la estabilización del suelo). Las geoceldas no se aceptan ampliamente en aplicaciones de soporte de carga, tal como carreteras, vías férreas, áreas de parqueo, o áreas de almacenamiento de contenedores pesados, debido a la alta tendencia a la deformación plástica a bajas tensiones.

25

[0009] Cuando se aplica una carga vertical a un sustrato de un material granular, una porción de esta carga vertical se traslada a una presión o carga horizontal. La

magnitud de la carga horizontal es igual a la carga vertical multiplicada por el coeficiente de presión horizontal de la tierra (también conocido como coeficiente de presión lateral de la tierra) o LEPC del material granular. El LEPC también puede variar de aproximadamente 0.2 para buenos materiales como grava o

5 piedra triturada (en general partículas duras, pobremente clasificadas, así como la compactación es muy buena y la plasticidad es mínima) a aproximadamente 0.3 a 0.4 para materiales más plásticos como residuos de cantera o asfalto reciclado (materiales que tienen un alto contenido de partículas finas y alta plasticidad). Cuando se humedece el material granular (por ejemplo cuando se satura con

10 lluvia o por inundación la capa de base y la subbase de una carretera), se incrementa su plasticidad, y se desarrollan mayores cargas horizontales, proporcionando tensión de aro incrementada en la pared de la celda.

[0010] Cuando el material granular está confinado por una geocelda, y se aplica

15 una carga vertical desde la parte superior mediante una tensión estática o dinámica (tal como presión suministrada por una rueda de vehículo o riel de un tren), la presión horizontal se traslada a la tensión del aro en la pared de la geocelda. La tensión del aro es proporcional a la presión horizontal y al radio de la celda promedio, y es inversamente proporcional al espesor de la pared de celda

20

$$HS = \frac{VP * LEPC * r}{d}$$

En donde HS es la tensión de aro promedio en la pared de la geocelda, VP es la presión vertical aplicada externamente sobre el material granular mediante una carga, LEPC es el coeficiente de presión lateral de la tierra, r es el radio de la

25 celda promedio y d es el espesor nominal de la pared de la celda.

[0011] Por ejemplo, se hace una geocelda HDPE o MDPE que tiene un espesor de pared de celda de 1.5 milímetros (que incluye textura, y el término “espesor de pared” se refiere en adelante a la distancia de pico a pico sobre la sección transversal de la pared de celda, un diámetro promedio (cuando se rellena de material granular) de 230 milímetros, una altura de 200 milímetros, rellena con arena o residuos de cantera (un LEPC de 0.3), y una carga vertical de 700 kilopascales (kPa), experimentaría una tendencia de aro de aproximadamente 16 megapascales (MPa). Como se puede ver a partir de la ecuación de tensión de aro, el mayor diámetro o el espesor de las paredes, que se favorecen desde un punto de vista de una fabricación económica- que se someten a tensión de aro significativamente mayor, y así no operan bien como refuerzos cuando se hacen de HDPE o MDPE.

[0012] Las cargas verticales de 550 kPa son comunes para carreteras no pavimentadas. Las cargas significativamente mayores, de 700 kPa o más, se pueden experimentar en carreteras (pavimentadas y no pavimentadas) para camiones pesados, carreteras de servicio industrial, o áreas de parqueo.

[0013] Debido a las aplicaciones de soporte de carga, especialmente las carreteras y las vías férreas, se somete generalmente a millones de cargas cíclicas, las paredes de las geoceldas necesitan retener sus dimensiones originales bajo cargas cíclicas con deformación plástica muy baja. El uso comercial de geoceldas HDPE se limita a aplicaciones que no llevan carga debido a que el HDPE alcanza típicamente sin límite plástico a aproximadamente 8% de deformación, y a tensiones típicamente por debajo de las tensiones encontradas comúnmente en aplicaciones de soporte de carga.

[0014] Sería deseable proporcionar una geocelda que tenga una resistencia y rigidez incrementada, menor tendencia a deformación a temperaturas elevadas, mejor retención a su elasticidad a temperaturas por encima de la temperatura ambiente (23°C), tendencia reducida a experimentar deformación plástica bajo cargas continuas y repetidas, y/o largos periodos de servicio.

BREVE DESCRIPCIÓN

[0015] En las realizaciones se describen geoceldas que proporcionan suficiente rigidez y pueden aceptar altas tensiones sin deformación plástica. Tales geoceldas son adecuadas para aplicaciones de soporte de carga tal como pavimentos, carreteras, vías férreas, áreas de parqueo, pistas de aeropuertos, y áreas de almacenamiento. También se describen métodos para elaborar y utilizar tales geoceldas.

[0016] En algunas realizaciones se describe una geocelda formada a partir de bandas poliméricas, por lo menos una banda polimérica tiene un módulo de almacenamiento de 500 MPa o más cuando se mide en la dirección de máquina mediante Análisis Mecánico Dinámico (DMA) de acuerdo con el ASTM D4065 a 23°C y a una frecuencia de 1 Hz.

[0017] Por lo menos una banda polimérica puede tener un módulo de almacenamiento de 700 MPa o más, que incluye un módulo de almacenamiento de 1000 MPa o más.

[0018] Por lo menos una banda 'polimérica puede tener una tensión de 12% de deformación de 14.5 MPa o más cuando se mide de acuerdo con el procedimiento

Izhar a 23°C, que incluye una tensión a 12% de deformación de 16 MPa o más o una tensión a 12% de deformación de 18 MPa o más.

[0019] Por lo menos una banda polimérica puede tener un coeficiente de expansión térmico de $120 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ o menos de 25°C de acuerdo con ASTM D696.

[0020] La geocelda se puede utilizar en una capa de pavimento, carretera, vía férrea, o área de parqueadero. La geocelda se puede cargar con un material granular seleccionado del grupo que consiste de arena, grava, piedra molida, balastro, residuos de cantera, concreto triturado, asfalto reciclado, ladrillos triturados, escombros de edificios y escombros, vidrio triturado, cenizas de plantas de energía, cenizas volantes, cenizas de carbón, residuos de hornos altos de hierro, residuos de fabricación de cemento, residuos de acero y mezclas de los mismos.

[0021] En otras realizaciones se describe una geocelda formada de bandas poliméricas, por lo menos una banda polimérica tiene un módulo de almacenamiento de 150 MPa o más cuando se mide en la dirección de máquina mediante Análisis Mecánico Dinámico (DMA) de acuerdo con ASTM D4065 a 63°C y a una frecuencia de 1 Hz.

[0022] Por lo menos una banda polimérica puede tener un módulo de almacenamiento de 250 MPa o más, que incluye un módulo de almacenamiento de 400 MPa o más.

[0023] En todavía otras realizaciones se describe una geocelda formada de bandas poliméricas, por lo menos una banda polimérica tiene un diseño de tensión a largo plazo de 2 6 MPa o más, cuando se mide de acuerdo con el procedimiento PRS SIM.

5

[0024] Por lo menos una banda polimérica puede tener un diseño de tensión a largo plazo de 3 MPa o más, que incluye un diseño de tensión a largo plazo de 4 MPa o más

10 [0025] Estas y otras realizaciones se describen en más detalle adelante.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0026] La siguiente es una breve de descripción de los dibujos, que se presentan con propósito de ilustración de las realizaciones de ejemplo descritas aquí y no con el propósito de limitar las mismas

[0027] La FIGURA 1 es una vista en perspectiva de una geocelda

20 [0028] La FIGURA 2 es un diagrama que muestra una realización de ejemplo de una banda polimérica utilizada en las geoceldas de la presente descripción

[0029] La FIGURA 3 es un diagrama que muestra otra realización de ejemplo de una banda polimérica utilizada en las geoceldas de la presente descripción

25

[0030] La FIGURA 4 es un diagrama que muestra otra realización de ejemplo de una banda polimérica utilizada en las geoceldas de la presente descripción

[0031] La FIGURA 5 es una gráfica que compara los resultados de tensión-deformación de varias celdas de la presente descripción contra un ejemplo comparativo

5 [0032] La FIGURA 6 es una gráfica que muestra el diagrama de tensión-deformación para las geoceldas de la presente descripción

[0033] La FIGURA 7 es una gráfica que muestra los resultados de la prueba de carga vertical para una celda de ejemplo de la presente descripción contra un
10 ejemplo comparativo

[0034] La FIGURA 8 es una gráfica del módulo de almacenamiento y Tan Delta versus temperatura para una banda de control

15 [0035] La FIGURA 9 es una gráfica del módulo de almacenamiento y Tan Delta versus temperatura para una banda polimérica utilizada en las geoceldas de la presente descripción

DESCRIPCIÓN DETALLADA

20

[0036] La siguiente descripción detallada se proporciona con el fin de permitir a una persona medianamente versada en la técnica elaborar y utilizar las realizaciones descritas aquí y el mejor modo establecido contemplado para llevar a cabo estas realizaciones. Sin embargo, varias modificaciones serán evidentes
25 para aquellos medianamente versados en la técnica y se deben considerar que están dentro del alcance de esta descripción.

[0037] Se puede obtener un entendimiento más completo de los componentes, procesos y aparatos descritos aquí con referencia a los dibujos acompañantes. Estas figuras son únicamente representaciones esquemáticas con base en la conveniencia y la facilidad de demostrar la presente descripción, y, por lo tanto, no se pretende que sean indicadores de dimensiones y tamaños relativos de los dispositivos o componentes de los mismos y/o para definir o limitar el alcance de las realizaciones de ejemplo.

[0038] La FIGURA 1 es una vista en perspectiva de una geocelda de capa sencilla. La geocelda 10 comprende una pluralidad de bandas poliméricas 14. Las bandas adyacentes se unen mediante uniones físicas discretas 16. La unión se puede desarrollar por pegado, unión con pegamento o soldadura, pero se hace generalmente por soldadura. La porción de cada banda entre dos uniones 16 forma una pared de celda 18 de una celda individual 20. Cada celda tiene paredes de celda hechas de dos diferentes bandas poliméricas. Las bandas 14 se unen para formar un patrón de panal a partir de la pluralidad de bandas. Por ejemplo, la banda externa 22 y la banda interna 24 se unen mediante uniones físicas 16 que se separan regularmente a lo largo de la longitud de las bandas 22 y 24. Un par de bandas internas 24 se unen mediante uniones físicas 32. Cada unión 32 está entre dos uniones 16. Como un resultado, cuando la pluralidad de bandas 14 se estira en una dirección perpendicular a las caras de las bandas, las bandas se doblan en una forma sinusoidal para formar la geocelda 10. En el borde de la geocelda en donde los extremos de las dos bandas poliméricas 22, 24 se encuentran, se hace una soldadura de extremo 26 (también considerada como un avión) a una corta distancia del extremo 28 para formar una cola corta 30 que estabiliza las dos bandas poliméricas 22, 24.

[0039] Las geoceldas de la presente descripción se hacen de bandas poliméricas que tienen ciertas propiedades físicas. En particular, las bandas poliméricas tienen una tensión en rendimiento, o en 12% de deformación en donde la banda polimérica no tiene punto de rendimiento, de 14.5 MPa o más cuando se mide en la dirección de máquina (perpendicular al plano de costura en la celda de la geocelda) en un índice de deformación de 20 %/minuto o 150 %/minuto. En otras realizaciones, la banda polimérica tiene una deformación de 10% o menos en una tensión de 14.5 MPa, cuando se mide como se describió. En otras palabras, la banda polimérica puede soportar tensiones de 14 MPa o más sin alcanzar su punto de rendimiento. Otros sinónimos para el punto de rendimiento incluyen tensión en rendimiento, límite elástico, o límite plástico. Cuando la banda polimérica no tiene punto de rendimiento, se considera que la tensión está en 12% de deformación. Estas mediciones se relacionan con las propiedades de tensión de la banda polimérica en la dirección de máquina, a 23°C, no sus propiedades de flexión.

[0040] Debido a que se perforan muchas geoceldas, medir la tensión y la deformación de acuerdo con los estándares ASTM D638 o ISO 527 es generalmente imposible. Así, las mediciones se pueden tomar de acuerdo con el siguiente procedimiento que es una versión modificada de dichos estándares y se denomina aquí como "el procedimiento Izhar". Se toma de muestra una banda de 50 mm de largo y 10mm de ancho en la dirección paralela al nivel del suelo y perpendicular al plano de costura de la celda (es decir en la dirección de máquina). La banda se sujeta con abrazaderas de tal manera que la distancia entre las bandas sea 30 mm. La banda se estira luego al mover las abrazaderas lejos una de la otra a una velocidad de 45 milímetros (mm) por minuto, que se traduce a un índice de deformación 150%/minuto, a 23°C. La carga suministrada

por la banda en respuesta a dicha deformación se monitorea mediante una celda de carga. La tensión (N/mm^2) se calcula en diferentes deformaciones (deformación es el incremento de la longitud, dividido por la longitud original). La tensión se calcula al dividir la carga a una deformación específica mediante la sección transversal original nominal (el ancho de la banda multiplicado por el espesor de la banda). En razón a que la superficie de la banda de geocelda usualmente tiene texturas, el espesor de la muestra se mide simplemente como la distancia "pico a pico", promediada entre los tres puntos en la banda (por ejemplo, una banda, que tiene un diamante repujado como textura, y que tiene una distancia entre la textura más superior del lado superior y la textura más inferior del lado inferior de 1.5 mm, se relaciona como de 1.5 mm de espesor.) Este índice de deformación de 150%/minuto es más relevante para pavimentos y vías férreas, en donde cada ciclo de carga es muy corto.

[0041] En otras realizaciones, la banda polimérica se puede caracterizar por tener: una deformación de casi 1.9% a una tensión de 8 MPa; una deformación de casi 3.7% a una tensión de 10.8 MPa; una deformación de casi 5.5% a una tensión de 12.5 MPa; una deformación de casi 7.5% a una tensión de 13.7 MPa; una deformación de casi 10% a una tensión de 14.5 MPa; una deformación de casi 11 % a una tensión de 15.2 MPa; y una deformación de casi 12.5% a una tensión de 15.8 MPa. La banda polimérica también puede tener, opcionalmente, una deformación de casi 14% a una tensión de 16.5 MPa; y/o una deformación de casi 17% a una tensión de 17.3 MPa.

[0042] En otras realizaciones, la banda polimérica se puede caracterizar por tener una tensión de por lo menos 14.5 MPa a una deformación de 12%; una tensión de

por lo menos 15.5 MPa a una deformación de 12%; y/o una tensión de por lo menos 16.5 MPa a una deformación de 12%.

[0043] En otras realizaciones, la banda polimérica se puede caracterizar por tener
5 un módulo de almacenamiento de 500 MPa o más a 23°C, medido en la dirección de máquina mediante Análisis Mecánico Dinámico (DMA) en una frecuencia de 1 Hz. Como con la medición de resistencia a la tensión-deformación, el espesor para el análisis DMA se toma como distancia "pico a pico", promediada entre tres puntos. La medición DMA descrita en la presente descripción se hace de acuerdo
10 con el ASTM D4065.

[0044] En otras realizaciones, la banda polimérica se puede caracterizar por tener un módulo de almacenamiento de 250 MPa o más a 50°C, medido en la dirección de máquina mediante Análisis Mecánico Dinámico (DMA) en una frecuencia de 1
15 Hz.

[0045] En otras realizaciones, la banda polimérica se puede caracterizar por tener un módulo de almacenamiento de 150 MPa o más a 63°C, medido en la dirección de máquina mediante Análisis Mecánico Dinámico (DMA) en una frecuencia de 1
20 Hz.

[0046] En otras realizaciones, la banda polimérica se puede caracterizar por tener un Tan Delta de 0.32 o menos a 75°C, medido en la dirección de máquina mediante Análisis Mecánico Dinámico (DMA) en una frecuencia de 1 Hz. Estas
25 propiedades novedosas van más allá de las propiedades de las geoceldas HDPE o MDPE.

SS

[0047] El Análisis Mecánico Dinámico (DMA) es una técnica utilizada para estudiar y caracterizar la naturaleza viscoelástica de los polímeros. De manera general, se aplica una fuerza de oscilación a una muestra de material y el desplazamiento cíclico resultante de la muestra se mide versus la carga cíclica. Entre mayor sea la elasticidad, menor el tiempo de espera (pase) entre la carga y el desplazamiento. A partir de esto, se puede determinar la rigidez pura (módulo de almacenamiento) de la muestra, así como también el mecanismo de disipación (módulo de pérdida) y la relación entre ellos (Tan Delta). El DMA también se discute en el ASTM.

[0048] Otro aspecto de la geocelda de la presente descripción es su menor coeficiente de expansión térmico (CTE) con relación al HDPE o MDPE actual. El CTE es importante debido a que la expansión/contracción durante el ciclo térmico es otro mecanismo que también proporciona tensión de aro adicional. El HDPE y MDPE tienen un CTE de aproximadamente $200 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ a temperatura ambiente (23°C), y el CTE es uniforme es aún mayor a temperaturas mayores que la temperatura ambiente. La geocelda de la presente descripción tiene un CTE de aproximadamente $150 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ o menos a 23°C , y en realizaciones especificaciones de $120 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ o menos a 23°C cuando se mide de acuerdo con ASTM D696. El CTE de la geocelda de la presente descripción tiene menor tendencia a aumentar a temperaturas elevadas

[0049] Otro aspecto de la geocelda de la presente descripción es su menor tendencia al arrastre bajo carga constante. La menor tendencia al arrastre se mide de acuerdo con la prueba de arrastre acelerada mediante el método isotérmico Tapas (SIM), como se describe en ASTM 6992. En este método, se somete una muestra polimérica a una carga constante bajo un programa de temperatura por etapas (es decir la temperatura se incrementa y se mantiene constante durante un

56

periodo predefinido). La temperatura elevada aumenta gradualmente el arrastre acelerado. El procedimiento de prueba SIM se aplica a una muestra de 100 mm de ancho y longitud neta de 50 mm (distancia entre abrazaderas). La muestra se carga mediante una carga estática y se calienta de acuerdo con un procedimiento

5 que comprende las etapas:

Etapa	T	tiempo
	Celsius	horas
0	23	0
1	30	3
2	37	3
3	44	3
4	51	3
5	58	3
6	65	3
7	72	3

[0050] Este procedimiento SIM se denomina aquí como “el procedimiento PRS SIM”. Se mide la deformación plástica (aumente irreversible en la longitud, dividido por la longitud inicial) al final del procedimiento. La deformación plástica se mide

10 contra diferentes cargas y la carga que produce la deformación plástica de 10% o menos se denomina la “carga de diseño de largo plazo”. La tensión relacionada con la carga de diseño de largo plazo (dicha carga, dividida por (ancho original multiplicado por el original)) es la “tensión de diseño de largo plazo” y proporciona la tensión de aro permitida que la geocelda puede tolerar durante un largo periodo

15 bajo una carga estática

[0051] Una geocelda HDPE típica, cuando se somete al procedimiento PRS SIM, puede proporcionar escasamente una tensión de diseño a largo plazo de 2.2 MPa.

[0052] En algunas realizaciones, la banda polimérica de acuerdo con la presente descripción se caracteriza por una tensión de diseño a largo plazo de 2.6 MPa o más, que incluye una tensión de diseño a largo plazo de 3MPa o más, o aún 4 MPa o más.

5

[0053] A diferencia de las geoceldas HDPE, la geocelda de la presente descripción puede proporcionar significativamente mejores propiedades hasta del 16% de deformación y en algunas realizaciones hasta 22% de deformación. En particular, la geocelda puede responder elásticamente a tensiones mayores de 14.5 MPa, proporcionando así las propiedades requeridas para aplicaciones de soporte de carga. La respuesta elástica garantiza la completa recuperación para dimensiones originales cuando se retira la carga. La geocelda proporcionará el relleno con una capacidad de carga mayor y recuperación incrementada a su diámetro original bajo cargas repetidas (es decir cargas cíclicas). Por otra parte, la geocelda de la presente descripción se puede utilizar con materiales granulares que generalmente no se puede utilizar en capas base y subbase, como se describe adicionalmente aquí. La geocelda de la presente descripción también permite una mejor carga y resistencia a la fatiga bajo condiciones húmedas, especialmente cuando se utilizan materiales granulares particulados finos.

20

[0054] La banda polimérica puede incluir un polímero de polietileno (PE), tal como HDPE, MDPE, o LDPE, que se ha modificado como se describe adelante.

25

[0055] La banda polimérica también puede incluir un polímero de polipropileno (PP). Aunque la mayoría de homopolímero PP son bastante frágiles y la mayoría de copolímeros PP son demasiado blandos para soportar aplicaciones de carga, algunos de grados de polímeros PP son útiles. Tales polímeros PP pueden ser

suficientemente rígidos para la aplicación de soporte de carga, aún
suficientemente blandos que la geocelda se puede doblar. Los polímeros de
polipropileno de ejemplo adecuados de la presente descripción incluyen
copolímeros aleatorios de polipropileno, copolímeros de impacto de polipropileno,
5 mezclas de polipropileno con un etileno-propileno-dieno-monómero (EPDM) o un
elastómero basado en copolímeros de etileno alfa-olefina, y copolímeros de
bloque de polipropileno. Tales polímeros PP están comercialmente disponibles
como R338-02N de Dow Chemical Company; copolímero de impacto grado PP 71
EK71 PS de SABIC Innovative Plastics; y copolímero aleatorio PP RA1 E10 de
10 SABIC Innovative Plastics. El copolímero de alfa-olefina de etileno de ejemplo
basado en elastómeros incluye elastómeros Exact® fabricado por Exxon Mobil y
elastómeros Tafmer® fabricados por Mitsui. En razón a que los polímeros PP son
frágiles a bajas temperaturas (menores de aproximadamente menos de 20°C) y la
tendencia a el arrastre bajo cargas estáticas o cíclicas, las geoceldas de la
15 presente descripción que incorporan PP pueden llevar menos carga y estar menos
restringidas a las temperaturas de operación que las geoceldas de la presente
descripción que incorporan HDPE.

[0056] Los polímeros PP y/o PE o cualquier otra composición polimérica de
20 acuerdo con la presente descripción se modifican de manera general, a través de
varios procesos de tratamiento y/o aditivos, para lograr las propiedades físicas
requeridas. La mayor parte de tratamiento efectivo es tratamiento de posextrusión,
ya sea corriente debajo de la máquina de extrusión o en un proceso separado
después de esto. Usualmente, los polímeros de menor cristalinidad tal como
25 LDPE, MDPE, y algunos polímeros PP requerirán un proceso de posextrusión tal
como orientación, reticulación, y/o hibridación térmica, aunque los polímeros de

mayor cristalinidad se pueden extruir como bandas y fundir para formar una geocelda sin la necesidad de aplicar tratamiento posextrusión.

[0057] En algunas realizaciones, la banda polimérica comprende una mezcla (usualmente como una aleación compatibilizada) (i) un polímero de alto desempeño (ii) un polietileno o polímero de polipropileno. La mezcla es generalmente una mezcla inmiscible (una aleación), en donde el polímero de alto desempeño se dispersa en una matriz formada por el polímero de polipropileno o polietileno. Un polímero de alto desempeño es un polímero que tiene (1) un módulo de almacenamiento de 1400 MPa o más a 23°C, medido en la dirección de máquina mediante Análisis Mecánico Dinámico (DMA) en una frecuencia de 1 Hz de acuerdo con ASTM D4065; o (2) una resistencia a la tracción final de por lo menos 25 MPa. Los polímeros de alto desempeño de ejemplo incluyen resinas de poliamida, resinas de poliéster, y resinas de poliuretano. Los polímeros de alto desempeño particularmente adecuados incluyen tereftalato de polietileno (PET), poliamida 6, poliamida 66, poliamida 6/66, poliamida 12, y copolímeros de los mismos. El polímero de alto desempeño comprende típicamente de aproximadamente 5 a aproximadamente 85 % en peso de la banda polimérica. En realizaciones particulares, el polímero de alto desempeño es de aproximadamente 5 a aproximadamente 30 % en peso de la banda polimérica, que incluye de aproximadamente 7 a aproximadamente 25 % en peso.

[0058] Las propiedades de las bandas poliméricas se pueden modificar ya sea antes de formar la geocelda (por fundido de las bandas) o después de formar la geocelda. Las bandas poliméricas se hacen de manera general al extruir una lámina de un material polimérico y cortar bandas desde dicha lámina de material polimérico, y la modificación se hace generalmente a la lámina por eficiencia. La

modificación se puede hacer en línea con el proceso de extrusión, después que tomar formar el fundido a una lámina y la lámina se enfría a temperatura menor que la temperatura de fusión, o como un proceso secundario después que se separa la lámina de la boquilla extrusora. La modificación se puede hacer al tratar
5 la lámina, bandas, y/o geoceldas mediante reticulación, cristalización, hibridación, orientación, y combinaciones de las mismas.

[0059] Por ejemplo, una lámina que es de 5 a 500 cm de ancho se puede estirar (es decir orientación) a un rango de temperatura de aproximadamente 25°C a
10 aproximadamente 10°C por debajo del pico de temperatura de fusión (T_m) de la resina polimérica utilizada para elaborar la lámina. Los procesos de orientación cambian la longitud de la banda, de tal manera que la banda puede aumentar la longitud de 2% a 500% con relación a su longitud original. Después de estirar, la lámina se puede hibridar. La hibridación puede ocurrir a una temperatura que es
15 de 2 a 60 °C menor que el pico de temperatura de fusión (T_m) de la resina polimérica utilizada para elaborar la lámina. Por ejemplo, si se obtiene una lámina HDPE, MDPE o PP el estiramiento y/o hibridación se hace a una temperatura de aproximadamente 24°C a 15°C. Si se hibrida una aleación polimérica, la temperatura de hibridación es de 2 a 60 °C menor que el pico de temperatura de
20 fusión (T_m) de la fase HDPE, MDPE, o PP.

[0060] En algunas realizaciones específicas, una lámina polimérica o banda se estira para aumentar su longitud al 50% (es decir de tal manera que la longitud final es 150% de la longitud original). El estiramiento se hace a una temperatura
25 de aproximadamente 100-125°C sobre la superficie de la banda o lámina polimérica. El espesor se reduce de 10% a 20% debido al estiramiento.

[0061] En otras realizaciones, una lámina polimérica o banda se reticula mediante irradiación con un rayo de electrones después de la extrusión o mediante la adición de una fuente de radical libre a la composición polimérica antes de fundir o durante el amasado de fundido en el extrusor.

5

[0062] En otras realizaciones, las propiedades requeridas para la geocelda se pueden obtener o proporcionar bandas poliméricas multicapa. En algunas realizaciones, las bandas poliméricas tienen por los menos dos, tres, cuatro, o cinco capas.

10

[0063] En algunas realizaciones como se muestra en la FIGURA 2, la banda polimérica 100 tiene por lo menos dos capas 110, 120, en donde dos de las capas se hacen de la misma o diferente composición y por lo menos una de las capas se hace de un polímero de alto desempeño o compuesto de polímero que tiene (1) módulos de almacenamiento de 1400 MPa o más a 23°C, medido en la dirección de máquina mediante Análisis Mecánico Dinámico (DMA) en una frecuencia de 1 Hz de acuerdo con ASTM D4065; o (2) una resistencia a la tracción final de por lo menos 25 MPa. En realizaciones, una capa comprende un polímero de alto desempeño y la otra capa comprende un polímero de polietileno o polipropileno, que puede ser una mezcla o aleación de un polímero de polietileno o polipropileno con otros polímeros, rellenos, aditivos, fibras y elastómeros. Las resinas de alto desempeño de ejemplo incluyen poliamidas, poliésteres, poliuretanos; aleaciones de (1) poliamidas, poliésteres, o poliuretanos con (2) LDPE, MDPE, HDPE, o PP; y copolímeros, copolímeros de bloque, mezclas o combinaciones de cualquiera de los dos a tres polímeros (poliamidas, poliésteres, poliuretanos).

25

[0064] En otras realizaciones como se muestra en la FIGURA 3, la banda polimérica 200 tiene cinco capas, dos de las capas son capas externas 210, una capa es una capa de núcleo 230, y las dos capas intermedias 220 pegan la capa de núcleo a otra capa externa (es decir de tal manera que las capas intermedias sirven como capas de unión). Esta banda de cinco capas se puede formar mediante coextrusión.

[0065] En otras realizaciones, la banda polimérica 200 tiene solo tres capas. Dos de las capas son capas externas 210, y la tercera capa es una capa de núcleo 230. En esta realización, no están presentes las capas intermedias 220, esta banda de tres capas se puede formar mediante coextrusión.

[0066] Las capas externas pueden proporcionar resistencia contra la degradación por luz ultravioleta e hidrólisis, y tiene buena capacidad para unirse por soldadura. La capa externa se puede hacer a partir de un polímero seleccionado del grupo que consiste de HDPE, MDPE, LDPE, polipropileno, mezclas de los mismos, y aleaciones de los mismos con otros compuestos y polímeros. Estos polímeros se pueden mezclar con elastómeros especialmente EPDM y copolímeros de etileno etileno-alfa. La capa externa y/o el núcleo también se pueden hacer de aleaciones de (1) HDPE, MDPE, LDPE, o PP con (2) una poliamida o poliéster. Cada capa externa puede tener un espesor de entre aproximadamente 50 a aproximadamente 1500 micrómetros (micras).

[0067] Las capas intermedias (unidas) se pueden hacer de terpolímeros o copolímeros HDPE funcionalizados, terpolímeros o copolímeros PP funcionalizados, un copolímero de etileno polar, o un terpolímero de etileno polar. De manera general, los terpolímeros/copolímeros HDPE y PP contienen grupos de

extremo reactivos y/o grupos laterales que permiten la formación de enlaces químicos entre las capas intermedias (capas de unión) y la capa externa. Los grupos laterales reactivos de ejemplo incluyen carboxilo, anhídrido, oxirano, amino, amido, éster, oxazolina, isocianato o sus combinaciones. Cada capa intermedia puede tener un espesor de entre aproximadamente 5 a aproximadamente 500 micrómetros. Las resinas de capa intermedia de ejemplo incluyen resinas Lotader® fabricadas por Arkema y Elvaloy®, Fusabond®, o resinas Surlyn® fabricadas por DuPont.

10 [0068] El núcleo y/o la capa externa pueden comprender un poliéster y aleaciones de los mismos con PE o PP, una poliamida y aleaciones de los mismos con PE o PP, y mezclas de poliéster y poliamida y aleaciones de los mismos con PE o PP. Las poliamidas de ejemplo incluyen poliamida 6, poliamida 66, y poliamida 12. Los poliésteres de ejemplo incluyen tereftalato de polietileno (PET) y tereftalato de polibutileno (PBT). La capa de núcleo y/o externa puede tener un espesor de entre 15 aproximadamente 50 a aproximadamente 2000 micras.

[0069] En otras realizaciones como se muestra en la FIGURA 4, la banda polimérica 300 tiene tres capas: una capa superior 310, una capa central 320, y 20 una capa inferior 330. La capa superior tiene lo mismo que la capa externa previamente descrita; la capa central tiene lo mismo que la capa intermedia previamente descrita; y la capa inferior tiene lo mismo que la capa de núcleo previamente descrita,

25 [0070] Las geoceldas son repujadas en forma general (texturizada al presionar la masa semisólida después de extrusión contra un rodillo texturizado) para aumentar la fracción con el relleno granular o con la tierra. Las geoceldas también

se pueden perforar para mejorar la fricción con relleno granular y drenaje de agua. Sin embargo, el repujado y la perforación reducen la rigidez y resistencia de la geocelda. Debido a que estas ayudas de fricción están usualmente presentes, es necesario proporcionar resistencia y rigidez mejorada a la geocelda, al alterar su

5 composición de polímero y/o morfología.

[0071] La banda polimérica puede comprender adicionalmente aditivos para lograr las propiedades físicas requeridas. Se pueden seleccionar tales aditivos de, entre otros, agentes de nucleación, rellenos, fibras, nanopartículas, estabilizantes de luz

10 amina ocultos (HALS), antioxidantes, absorbedores de luz UV, y negro de humo.

[0072] Los rellenos pueden estar en la forma de polvos, fibras, o barbas. Rellenos de ejemplo incluyen un óxido de metal, tal como óxido de aluminio; un carbonato de metal, tal como carbonato de calcio, carbonato de magnesio, o carbonato de

15 calcio-magnesio; un sulfato de metal, tal como sulfato de calcio; un fosfato de metal; un metal de silicato- especialmente talco, caolín, mica, o wolastonita; un borato de metal; un hidróxido de metal, sílice; un silicato; un alumino-silicato; tiza, talco; dolomita; una fibra orgánica o inorgánica o barba; un metal; unas partículas inorgánicas recubiertas con metal; arcilla; caolín; ceniza industrial; polvo de

20 concreto; cemento; y mezclas de los mismos. En algunas realizaciones, el relleno tiene un tamaño de partícula promedio de menos de 10 micras, y en algunas realizaciones, también tiene una relación de aspecto de más de uno. En realizaciones específicas, el relleno es mica, talco, caolín, y/o wolastonita. En otras realizaciones, las fibras tienen un diámetro menor de una micra.

25

[0073] Se pueden agregar nanopartículas a la composición polimérica para varios propósitos. Por ejemplo, las nanopartículas sólidas que absorben UV inorgánico

no tienen prácticamente movilidad y por lo tanto son muy resistentes contra la lixiviación y/o evaporación. Las nanopartículas que absorben UV también son transparentes en el espectro invisible y se distribuyen muy uniformemente. Por lo tanto, ellas proporcionan protección sin ninguna contribución al color o sombra del polímero. Las nanopartículas que absorben UV de ejemplo comprenden un material seleccionado del grupo que consiste de sales de titanio, óxidos de titanio, óxidos de zinc, haluros de zinc, y sales de zinc. En realizaciones particulares, las nanopartículas que absorben UV son dióxido de titanio. Ejemplos de partículas que absorben UV disponibles comercialmente son SACHTLEBEN™ Hombitec RM 130F TN, por Sachtleben, óxido de zinc ZANO™ por Umicore, óxido de zinc NanoZ™ por Advanced Nanotechnology Limited y AdNano Zinc Oxide™ por Degussa.

[0074] Las bandas poliméricas de las que se forma la geocelda se hacen mediante varios procesos. De manera general, el proceso comprende fundir una composición polimérica, extruir la composición a través de una boquilla extrusora como una lámina fundida, formar y opcionalmente texturizar la lámina resultante, tratar la lámina según se necesite para obtener las propiedades deseadas, cortar la lámina en bandas y fundir, coser, pegar, o ribetear las bandas formadas de la lámina en una geocelda. Primero, los varios componentes, tal como resinas poliméricas y cualquier aditivo deseado se anudan por fusión, usualmente en un extrusor o coamasador. Esto se puede hacer en, por ejemplo, un extrusor, tal como un extrusor de dos sinfines, o un extrusor de un sinfín con suficientes elementos de mezcla, que proporciona el calor necesario y comparte degradación mínima con el polímero. La composición se amasa por fusión de tal manera que se dispersa a fondo cualquier aditivo. La composición se extruye después a través de una boquilla, y se presiona entre los metales naturales en forma de lámina. Los

tratamientos de ejemplo suministrados corriente debajo de la boquilla extrusora incluyen texturizar la superficie de la lámina, perforar la lámina, orientación (unidireccional o bidireccional), irradiación con rayos de electrones o rayos X, e hibridación térmica. En algunas realizaciones, la lámina se trata con calor para
5 aumentar la cristalinidad y reducir la tensión interna. En otras realizaciones, la lámina se trata para introducir reticulación en la resina polimérica por medio de rayos de electrones, rayos X, tratamiento con calor, y combinaciones de los mismos. También se contemplan las combinaciones de los anteriores tratamientos.

10

[0075] Las bandas se pueden formar a partir de láminas resultantes y unir por soldadura, cosidas, o pegadas para formar una geocelda. Tales métodos son bien conocidos en la técnica. La geocelda resultante es capaz de retener su rigidez bajo ciclos de carga sostenidos durante periodos de tiempo prolongados-

15

[0076] Las geoceldas de la presente descripción son útiles para aplicaciones de soporte de carga las que las geoceldas actuales no se pueden utilizar. En particular, las actuales geoceldas también pueden utilizar materiales de relleno que típicamente no son adecuados para aplicaciones de soporte de carga para
20 capas base, subbases, y subgrados.

25

[0077] En particular, las geoceldas de la presente descripción permiten el uso de materiales para el relleno que previamente no son adecuados para uso en aplicaciones de soporte de carga, tal como capas base y subbases, debido a su insuficiente rigidez y relativamente poca resistencia a la fatiga (en materiales granulares, la resistencia a la fatiga también se conoce como módulo elástico). Los materiales de relleno granulares de ejemplo que se pueden utilizar ahora

incluyen residuos de canteras (la fracción fina remanente después de la clasificación de materiales granulares de buena calidad), concreto triturado, asfalto reciclado, ladrillos triturados, residuos de construcciones y escombros, vidrios triturados, cenizas de plantas de energía, cenizas volantes, cenizas de carbón, 5 residuos de hornos altos de hierro, residuos de fabricación de cemento, residuos de acero, y mezclas de los mismos.

[0078] La presente descripción se ilustrará adicionalmente en los siguientes ejemplos de trabajo no limitantes, se entiende que estos ejemplos están destinado 10 a ser solo de ilustración y que la descripción no se pretende que se limite a los materiales, condiciones, parámetros de proceso y similares mencionados aquí.

EJEMPLOS

15 [0079] Se hacen algunas geoceldas y se prueban para su respuesta de tensión-deformación, se prueban para sus propiedades de respuesta a tensión-deformación, DMA y su impacto en la capacidad de llevar material granular.

[0080] De manera general, las propiedades de resistencia a la tracción- 20 deformación se miden mediante el proceso Izhar descrito previamente.

[0081] La carga a diferentes desviaciones se mide o traduce en Newtons (N). Las desviaciones se miden o traducen a milímetros (mm). La tensión se calcula al dividir la carga a una desviación específica por la sección transversal original de la 25 banda (ancho original multiplicado por espesor original, en donde el espesor es la distancia pico a pico nominal entre la cara superior y la capa inferior. La

deformación (%) se calcula al dividir la desviación específica (mm) por la longitud original (mm) y multiplicar por 100.

EJEMPLO COMPARATIVO 1

5

[0082] Una geocelda hecho de polietileno de alta densidad (HDPE) comercialmente disponible de Presto Geosystems (Wisconsin, USA) se obtiene y se prueban sus propiedades. El espesor de la pared de la celda promedio es 1.5 mm y la banda tiene una textura de celdas verticales similares a diamante. La geocelda no se perfora. Es la respuesta de tensión-deformación de acuerdo con el procedimiento Izhar y se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Tensión (MPa)	7.874	10.499	12.336	13.386	13.911	14	14	14
Deformación (%)	2	4	6	8	10	12	14	16

[0083] En la deformación de aproximadamente 8% y una tensión de aproximadamente 13.4 MPa, el Ejemplo comparativo inicia experimentado severa deformación plástica y alcanzando actualmente su punto de rendimiento en aproximadamente 8% de deformación. En otras palabras, después de la liberación de tensión, la muestra no recupera su longitud original, pero queda permanentemente más larga (estiramiento residual permanente). Este fenómeno es indeseable para los sistemas de confinamiento celular para aplicaciones de soporte de carga-especialmente aquellas sometidas a muchas (10,000-1 ,000,000 y más ciclos durante el ciclo de vida del producto) y es la razón del pobre desempeño de las celdas HDPE como soportes de carga para pavimentos y vías férreas.

EJEMPLO 1

[0084] Se extruye una banda HDPE, y se repuja para proporcionar una textura similar al ejemplo comparativo 1. La banda tiene un espesor de 1.7 mm, y luego se estira a una temperatura de 100°C (sobre la superficie de la banda) de tal manera que se aumenta la longitud al 50% y se reduce el espesor al 25%. La respuesta a la tensión-deformación de esta banda HDPE se mide de acuerdo con el procedimiento Izhar se muestra en la Tabla 2,

10

Tabla 2

Tensión (MPa)	8	10.8	12.5	13.7	14.5	15.2	15.8	16.5	17.3
Deformación (%)	1	3.3	4.8	6	6.6	7.6	8.8	10.5	12

15

[0085] La banda del Ejemplo 1 mantiene una respuesta elástica hasta 12% de deformación sin un punto de rendimiento y sin alcanzar su límite plástico y en una tensión mayor de 17 MPa. La recuperación de las dimensiones iniciales, después de la liberación de carga, fue cercana al 100%.

EJEMPLO 2

20

[0086] Una composición de aleación polimérica de alto desempeño que comprende 12% de poliamida 12, 10% de tereftalato de polibutileno, 5% de polietileno injertado con compatibilizador de anhídrido maleico (Bondyram® 5001 fabricado por Poliram), y 73% de HDPE se extruyen para formar una lámina

70

texturizada de 1.5 mm de espesor. La respuesta a la tensión-deformación de una banda formada a partir de la composición se mide de acuerdo con el procedimiento Izhar y se muestra en la Tabla 3.

5 Tabla 3.

Tensión (MPa)	8	10.8	12.5	13.7	14.5	15.2	15.8	16.5	17.3
Deformación (%)	1.9	3.6	5.2	6.8	7.9	8.9	10	12	14

[0087] La banda del Ejemplo 2 mantenida en respuesta elástica de 14% de deformación y la tensión mayor de 17 MPa, sin un punto de rendimiento y sin alcanzar su límite plástico. La recuperación de las dimensiones iniciales, después de la liberación de carga, fue cercana al 100%.

[0088] La FIGURA 5 es una gráfica que muestra los resultados de tensión-deformación para el Ejemplo comparativo 1, Ejemplo 1, y Ejemplo 2. Un punto adicional en (0,0) se ha agregado para cada resultado. Como se puede ver, Ejemplo 1 y Ejemplo 2 no tienen puntos de rendimiento, y se mantiene el aumento en la tensión sin un rendimiento hasta 12-14% de deformación en tensiones de más de 17 MPa, aunque el Ejemplo comparativo 1 alcanza su punto de rendimiento en 8-10% de deformación y una tensión de aproximadamente 14 MPa. Esto se traduce en un mayor rango en el que se mantiene una respuesta elástica. El hecho de que no se observa ningún punto de rendimiento para el ejemplo 1 y Ejemplo 2 es importante cuando se espera que la carga cíclica regrese a las dimensiones originales (y así al confinamiento máximo del relleno) que es crucial.

31

[0089] La FIGURA 6 es una gráfica que muestra la diferencia entre el resultado de tensión- deformación del Ejemplo comparativo 1 y una banda polimérica de la presente descripción que se caracteriza por tener una banda de por lo menos 1.9 1.9% a una tensión de 8 MPa; una deformación de casi 3.7% a una tensión de 10.8 MPa; una deformación de casi 5.5% a una tensión de 12.5 MPa; una deformación de casi 7.5% a una tensión de 13.7 MPa; una deformación de casi 10% a una tensión de 14.5 MPa; una deformación de casi 11% a una tensión de 15.2 MPa; una deformación de casi 12.5% a una tensión de 15.8 MPa; una deformación de casi 14% a una tensión de 16.5 MPa; y una deformación de casi 17% a una tensión de 17.3 MPa. El área a la izquierda de la línea punteada define las combinaciones de la tensión-deformación de acuerdo con la presente descripción.

EJEMPLO 3

[0090] Se prueban dos celdas para demostrar la mejora en el refuerzo granular material y la capacidad incrementada de llevar carga. Estas celdas tienen una única celda, no una geocelda completa. Como un control, se utiliza una celda que corresponde al ejemplo comparativo 1. Para comparación, se hace una celda a partir de una composición de acuerdo con el Ejemplo 2, texturizada, y tiene un espesor de 1.5 mm.

[0091] Las paredes de cada celda eran de 10 cm de altura, 33 cm entre costuras, repujada, no perforada, y tiene un espesor de 1.5 mm. La celda se abre de tal manera que su largo de "radio" es de aproximadamente 260 mm y su radio corto es de aproximadamente 185 mm. Se carga una caja de arena de 800 mm de largo

y 800 mm de ancho a 20 mm de profundidad con arena. La clasificación de distribución de arena se proporciona en la Tabla 4,

Tabla 4

5

Apertura de tamiz (mm)	0.25	0.5	0.75	1	2	4
Paso acumulado %	10-20	35-55	50-70	60-80	80-90	90-100

10

[0092] La celda se coloca sobre la superficie de esta arena y se carga con la misma arena. La celda expandida tiene una forma aproximadamente elíptica, de cerca de 260 mm en el eje largo y aproximadamente 180 mm en el eje corto. La arena adicional se ubica luego en la caja de arena para rodear la celda y enterrar la celda de tal manera que una capa superior de 25 mm cubre la celda. Luego se compacta la arena a una densidad relativa de 70%.

15

[0093] Se coloca un pistón de 150 mm de diámetro por encima del centro de la celda y luego se aumenta la carga para proporcionar presión en la superficie de la arena en incrementos de 50 kPa (es decir la presencia aumenta cada un minuto por 50 KPa). Se miden la desviación (penetración del pistón en la arena confinada) y la presión (carga vertical dividida por área de pistón).

20

[0094] Se utiliza el pistón (1) solo arena; (2) una celda del Ejemplo comparativo 1; y (3) una celda del Ejemplo 2. Los resultados se muestran en la Tabla 5.

13

Tabla 5.

Carga vertical (kPa)	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
Desviación solo en arena (mm)	1	2	3	>10	<15	>20	>20	>20	>20	>20
Desviación con celda del ejemplo comparativo 1 (mm)	0.7	1.3	2	2.5	3	4	5	>10	> 15	>20
Desviación con celda del ejemplo 2 (mm)	0.6	1	1.1	1,7	2	2.5	2.9	4	5	7

[0095] La celda del Ejemplo 2 continúa desarrollando elasticidad a presiones mayores de 400 kPa, mientras que la celda del Ejemplo comparativo 1 no. Debido al rendimiento de la pared HDPE, se observa pobre confinamiento en la celda del Ejemplo comparativo 1. El punto de rendimiento para el ejemplo comparativo 1 es la presión vertical de aproximadamente 250 KPa, y si se calcula la tensión de aro promedio (diámetro por medio de la celda es 225 mm) a esa presión vertical, se obtiene un valor de aproximadamente 13.5 MPa. Este módulo está relacionado con los valores de punto de rendimiento obtenidos por las mediciones de resistencia a la tracción-deformación de acuerdo con el procedimiento Izhar. Los resultados mostrados aquí fueron una correlación fuerte y significativa entre la rigidez y la resistencia al rendimiento (capacidad para llevar tensiones de aro mayores de 14 MPa) y la capacidad de soportar una larga carga vertical. Cabe notar que esta prueba solo proporciona una única carga, mientras en aplicaciones prácticas la carga que se va a soportar es cíclica. Como un resultado, la resistencia a la deformación plástica es muy importante y no está presente en la celda del Ejemplo comparativo 1.

[0096] La FIGURA 7 es una gráfica que muestra los resultados en la Tabla 5. Es muy clara la diferencia en resistencia a la penetración (es decir que tan bien soporta la celda la carga vertical).

5

EJEMPLO 4

[0097] Se hace una banda polimérica de acuerdo con el Ejemplo 2.

[0098] Como un control, se proporciona una banda HDPE de 1.5 mm de espesor de acuerdo con Ejemplo comparativo 1.

[0099] A continuación se analizan dos bandas mediante Análisis Mecánico Dinámico (DMA) en una frecuencia de 1 Hz de acuerdo con ASTM D4065. La banda de control HDPE se prueba sobre un rango de temperatura de aproximadamente -15°C a aproximadamente 91°C. La banda de control se calienta a 5°C/min y se miden la fuerza, desplazamiento, módulo de almacenamiento y tan delta. La banda polimérica del Ejemplo 2 se prueba sobre un rango de temperatura de aproximadamente -65°C a aproximadamente 120°C. La banda de control se calienta a 5°C/min y se miden la fuerza, desplazamiento, módulo de almacenamiento, y tan delta.

[0100] La FIGURA 8 es una gráfica del módulo de almacenamiento (elástico) y la Tan Delta versus temperatura para la banda de control HDPE.

[0101] La FIGURA 9 es una gráfica del módulo de almacenamiento (elástico) y Tan Delta versus temperatura para la banda polimérica del Ejemplo 2,

[0102] Los módulos de almacenamiento de la HDPE se reduce más rápidamente que los módulos de almacenamiento del Ejemplo 2. El módulo de almacenamiento para la banda del Ejemplo 2 es casi tres veces mayor que el módulo de almacenamiento para la banda HDPE a 23°C. Para obtener el mismo módulo de almacenamiento como la banda HDPE tiene a 23°C, la banda del Ejemplo 2 se tiene que calentar a casi 60°C, es decir la banda del Ejemplo 2 mantiene su mejor módulo de almacenamiento.

[0103] La Tan Delta para la banda HDPE aumenta exponencialmente partiendo de aproximadamente 75°C, indicando una pérdida de elasticidad (es decir el material llega a ser muy plástico y no retiene la suficiente rigidez y elasticidad), de tal manera que la banda es viscosa y plástica. Esto es indeseable, ya que las geoceldas se pueden calentar aún cuando se coloquen bajo tierra (tal como en una carretera). La Tan Delta para la banda del Ejemplo 2 mantiene sus propiedades a temperaturas tan altas como 100° C. Esta propiedad es deseable ya que proporciona un factor de seguridad adicional. Debido a que el desempeño a temperaturas elevadas es una forma de predecir el desempeño a largo plazo a temperaturas moderadas (como se describe en ASTM 6992), el hecho de que la HDPE comienza a perder su elasticidad y así su potencial de soporte de carga a aproximadamente 75°C dentro de segundos, proporciona alguna claridad a cerca de pobre resistencia al desgarre y tendencia a deformarse plásticamente. A diferencia del HDPE, la composición de acuerdo con la presente descripción, mantiene su elasticidad (baja Tan Delta) a muy altas temperaturas, sugiriendo así que esto tiene el potencial de retener sus propiedades durante muchos años y muchos sitios de carga.

76

EJEMPLO 5

[0104] Se prueban tres bandas de acuerdo con el procedimiento PRS SIM para determinar su tensión de diseño a largo plazo (LTDS). Como un control, se hace una banda HDPE de acuerdo con el ejemplo comparativo 1. La primera banda de prueba es uno de hecho de acuerdo con el Ejemplo 2. La segunda banda de prueba es una hecha de acuerdo con el Ejemplo 2, luego orientada a 115°C para aumentar su longitud original al 40%). Los resultados se muestran en la Tabla 6 adelante.

10

Tabla 6.

Geocelda	Ejemplo comparativo 1	Ejemplo 2	Ejemplo orientado 2
LTDS (MPa)	2.2	3	3.6

[0105] Como se ve aquí, Ejemplo 2 y Ejemplo Orientado 2 tienen mayores LTDS comparados con el Ejemplo comparativo 1.

15

[0106] Aunque se han descrito realizaciones particulares, alternativas, modificaciones, variaciones, mejoras y equivalentes sustanciales que son o se pueden actualmente previstas pueden surgir a los solicitantes u otros expertos en la técnica. De acuerdo con lo anterior, las reivindicaciones adjuntas como se presentaron y como ellas se corrigen se pretenden que abarquen todas tales alternativas, modificaciones, variaciones, mejoras, y equivalentes sustanciales.

20

JF

REIVINDICACIONES

1. Una geocelda formada de bandas poliméricas, por lo menos una banda polimérica tiene un módulo de almacenamiento de 500 MPa o más cuando se mide en la dirección de máquina mediante Análisis Mecánico Dinámico (DMA) de acuerdo con ASTM D4065 a 23° C y a una frecuencia de 1 Hz.
2. La geocelda de la reivindicación 1, en donde por lo menos una banda polimérica tiene un módulo de almacenamiento de 700 MPa o más.
3. La geocelda de la reivindicación 1, en donde por lo menos una banda polimérica tiene un módulo de almacenamiento de 1000 MPa o más.
4. La geocelda de la reivindicación 1, en donde por lo menos una banda polimérica tiene una tensión en 12% de deformación de 14.5 MPa o más cuando se mide de acuerdo con el procedimiento Izhar a 23° C.
5. La geocelda de la reivindicación 1, en donde por lo menos una banda polimérica tiene una tensión en 12% de deformación de 16 MPa o más cuando se mide de acuerdo con el procedimiento Izhar a 23° C.
6. La geocelda de la reivindicación 1, en donde por lo menos una banda polimérica tiene una tensión en 12% de deformación de 18 MPa o más cuando se mide de acuerdo con el procedimiento Izhar a 23° C.

78

7. La geocelda de la reivindicación 1, en donde por lo menos una banda polimérica tiene un coeficiente de expansión térmico de $120 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ o menos a 25°C de acuerdo con el ASTM D696.
- 5 8. Un pavimento, carretera, vía férrea, o área de parqueo, que comprende por lo menos una capa que comprende la geocelda de la reivindicación 1.
9. El pavimento, carretera, vía férrea, o área de parqueo, de la reivindicación 8, en donde la geocelda se carga con un material granular seleccionado del grupo que consiste de arena, grava, piedra molida, balastro, residuos de cantera, concreto triturado, asfalto reciclado, ladrillos triturados, escombros de edificios y escombros, vidrio triturado, cenizas de plantas de energía, cenizas volantes, cenizas de carbón, residuos de hornos altos de hierro, residuos de fabricación de cemento, residuos de acero y mezclas de los mismos.
- 10 10. Una geocelda formada de bandas poliméricas, por lo menos una banda polimérica tiene un módulo de almacenamiento de 150 MPa o más cuando se mide en la dirección de máquina mediante análisis mecánico, dinámico (DMA) de acuerdo con la ASTM D4065 a 63°C y a una frecuencia de 1 Hz.
- 20 11. La geocelda de la reivindicación 10, en donde por lo menos una banda polimérica tiene un módulo de almacenamiento de 250 MPa o más.
- 25 12. La geocelda de la reivindicación 10, en donde por lo menos una banda polimérica tiene un módulo de almacenamiento de 400 MPa o más.

13. La geocelda de la reivindicación 10, en donde por lo menos una banda polimérica tiene una tensión de 12% de deformación de 14.5 MPa o más cuando se mide de acuerdo con el procedimiento Izhar a 23° C.
- 5 14. La geocelda de la reivindicación 10, en donde por lo menos una banda polimérica tiene una tensión de 12% de deformación de 16 MPa o más cuando se mide de acuerdo con el procedimiento Izhar a 23° C.
- 10 15. La geocelda de la reivindicación 10, en donde por lo menos una banda polimérica tiene una tensión de 12% de deformación de 18 MPa o más cuando se mide de acuerdo con el procedimiento Izhar a 23° C.
- 15 16. La geocelda de la reivindicación 10, en donde por lo menos una banda polimérica tiene un coeficiente de expansión térmico de $120 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ o menos a 25° C de acuerdo con el ASTM D696.
17. Un pavimento, carretera, vía férrea, o área de parqueo, que comprende por lo menos una capa que comprende la geocelda de la reivindicación 10.
- 20 18. El pavimento, carretera, vía férrea, o área de parqueo, de la reivindicación 17, en donde la geocelda se carga con un material granular seleccionado del grupo que consiste de arena, grava, piedra molida, balastro, residuos de cantera, concreto triturado, asfalto reciclado, ladrillos triturados, escombros de edificios y escombros, vidrio triturado, cenizas de plantas de energía, cenizas volantes, cenizas de carbón, residuos de hornos altos de hierro, residuos de fabricación de cemento, residuos de acero y mezclas de los mismos.
- 25

19. Una geocelda formada de bandas poliméricas, por lo menos una banda polimérica tiene una tensión de diseño a largo plazo de 2.6 MPa o más cuando se mide de acuerdo con el procedimiento PRS SIM.

5

20. La geocelda de la reivindicación 19, en donde por lo menos una banda polimérica tiene una tensión de diseño a largo plazo de 3 MPa o más cuando se mide de acuerdo con el procedimiento PRS SIM.

10

21. La geocelda de la reivindicación 19, en donde por lo menos una banda polimérica tiene una tensión de diseño a largo plazo de 4 MPa o más, cuando se mide de acuerdo con el procedimiento PRS SIM.

15

22. La geocelda de la reivindicación 19, en donde por lo menos una banda polimérica tiene una tensión de 12% de deformación de 14.5 MPa o más cuando se mide de acuerdo con el procedimiento Izhar a 23° C.

20

23. La geocelda de la reivindicación 19, en donde por lo menos una banda polimérica tiene una tensión de 12% de deformación de 16 MPa o más cuando se mide de acuerdo con el procedimiento Izhar a 23° C.

25

24. La geocelda de la reivindicación 19, en donde por lo menos una banda polimérica tiene una tensión de 12% de deformación de 18 MPa o más cuando se mide de acuerdo con el procedimiento Izhar a 23° C.

25. La geocelda de la reivindicación 19, en donde por lo menos una banda polimérica tiene un coeficiente de expansión térmico de $120 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ o menos a 25°C de acuerdo con el ASTM D696.

5 **26.** Un pavimento, carretera, vía férrea, o área de parqueo, que comprende por lo menos una capa que comprende la geocelda de la reivindicación 19.

10 **27.** El pavimento, carretera, vía férrea, o área de parqueo, de la reivindicación 26, en donde la geocelda se carga con un material granular seleccionado del grupo que consiste de arena, grava, piedra molida, balastro, residuos de cantera, concreto triturado, asfalto reciclado, ladrillos triturados, escombros de edificios y escombros, vidrio triturado, cenizas de plantas de energía, cenizas volantes, cenizas de carbón, residuos de hornos altos de hierro, residuos de fabricación de cemento, residuos de acero y mezclas de los
15 mismos.

RESUMEN

Se describe una geocelda que tiene alta resistencia y rigidez, de tal manera que la geocelda tiene un módulo de almacenamiento de 500 MPa o más a 23° C; un

5 módulo de almacenamiento de 150 MPa o más a 63° C; cuando se mide en la dirección de máquina utilizando Análisis Mecánico Dinámico (DMA) a una frecuencia de 1 Hz; una resistencia a la tracción en 12% de deformación de 14.5 MPa o más a 23° C; un coeficiente de expansión térmico de $120 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ o menos a 250 ° C, y/o una tensión de diseño a largo plazo de 2.6 MPa o más. La

10 geocelda es adecuada para aplicaciones de soporte de carga, especialmente para reforzar capas base y/o subbases de carreteras, pavimento, áreas de almacenamiento, y vías férreas.

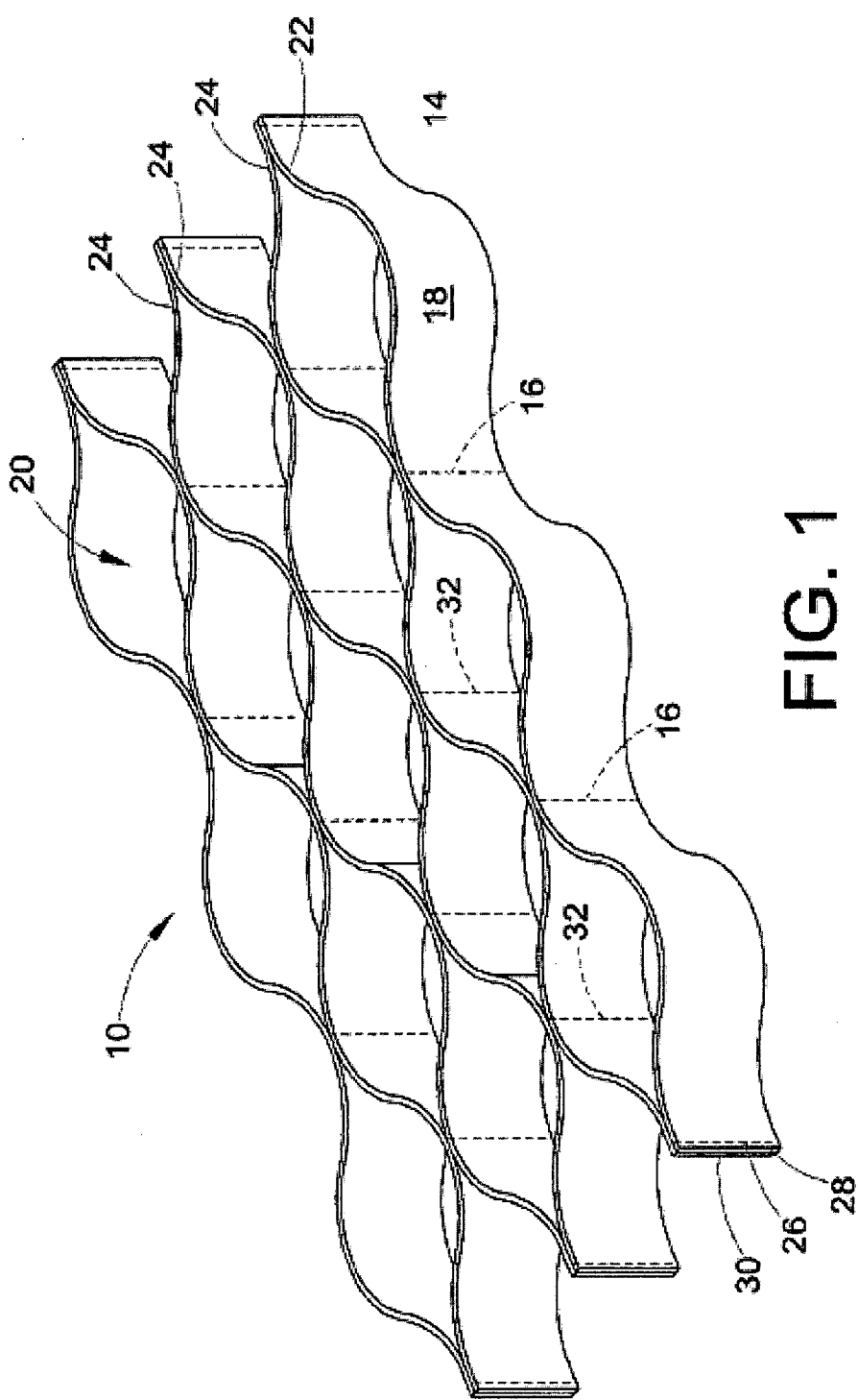


FIG. 1

HOJA SUSTITUTA (REGLA 26)

84

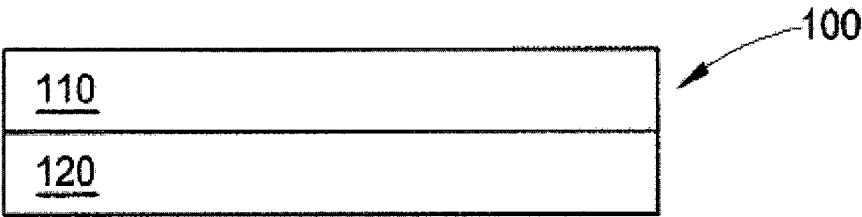


FIG. 2

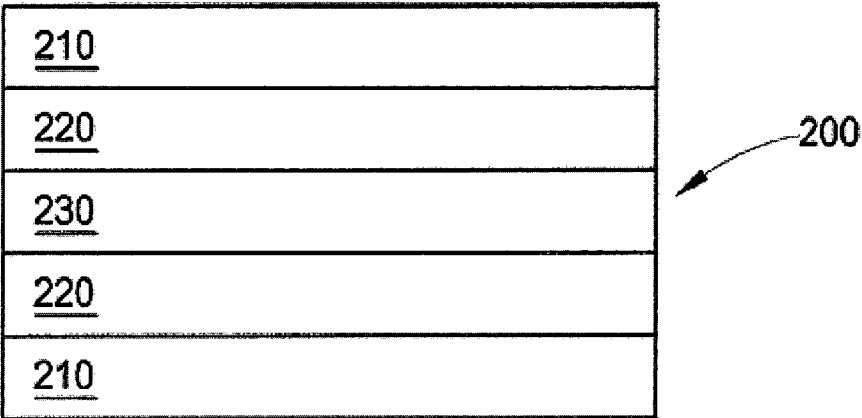


FIG. 3

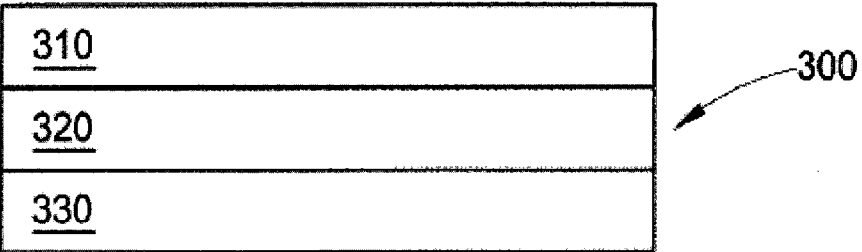
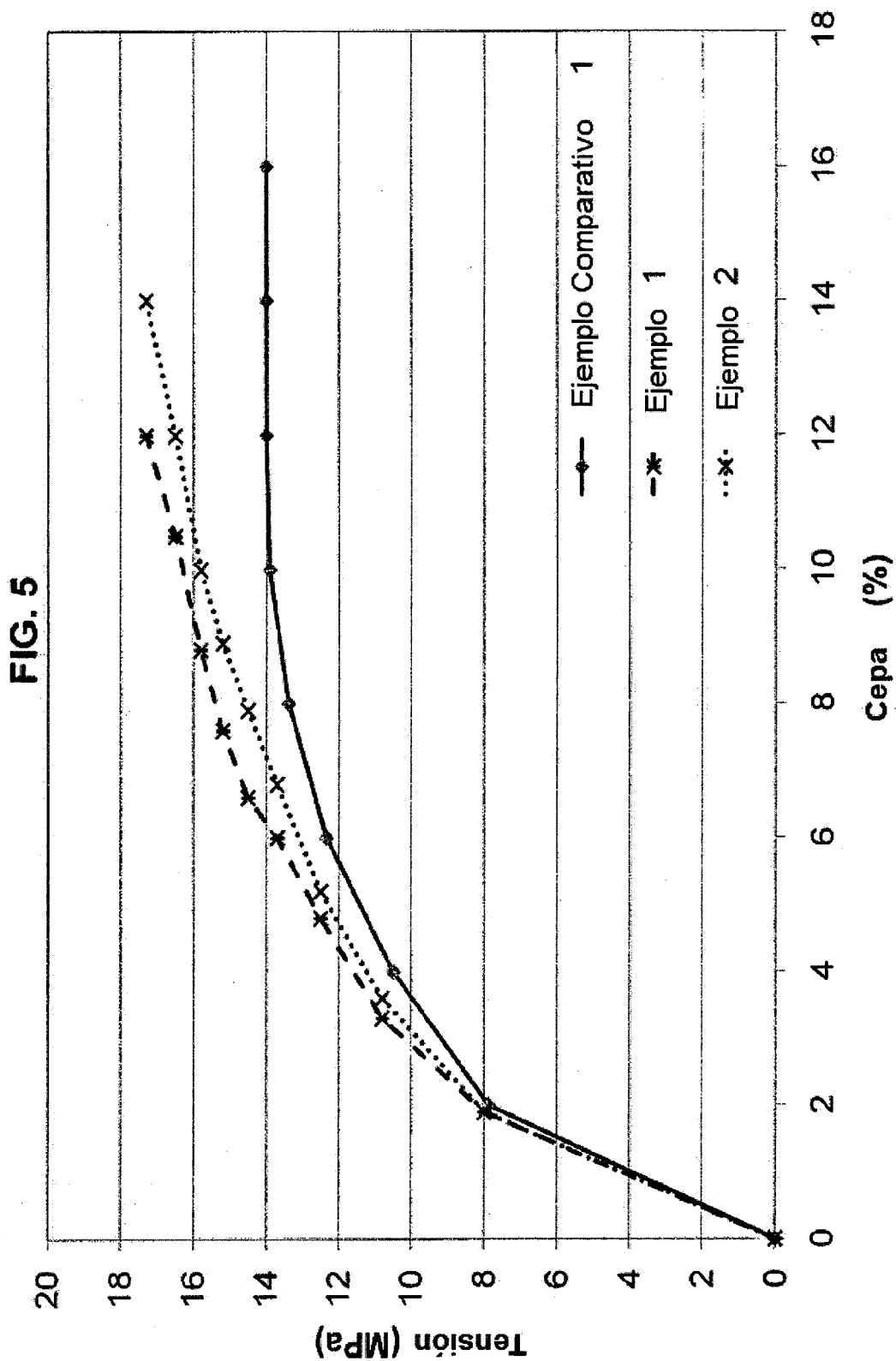


FIG. 4

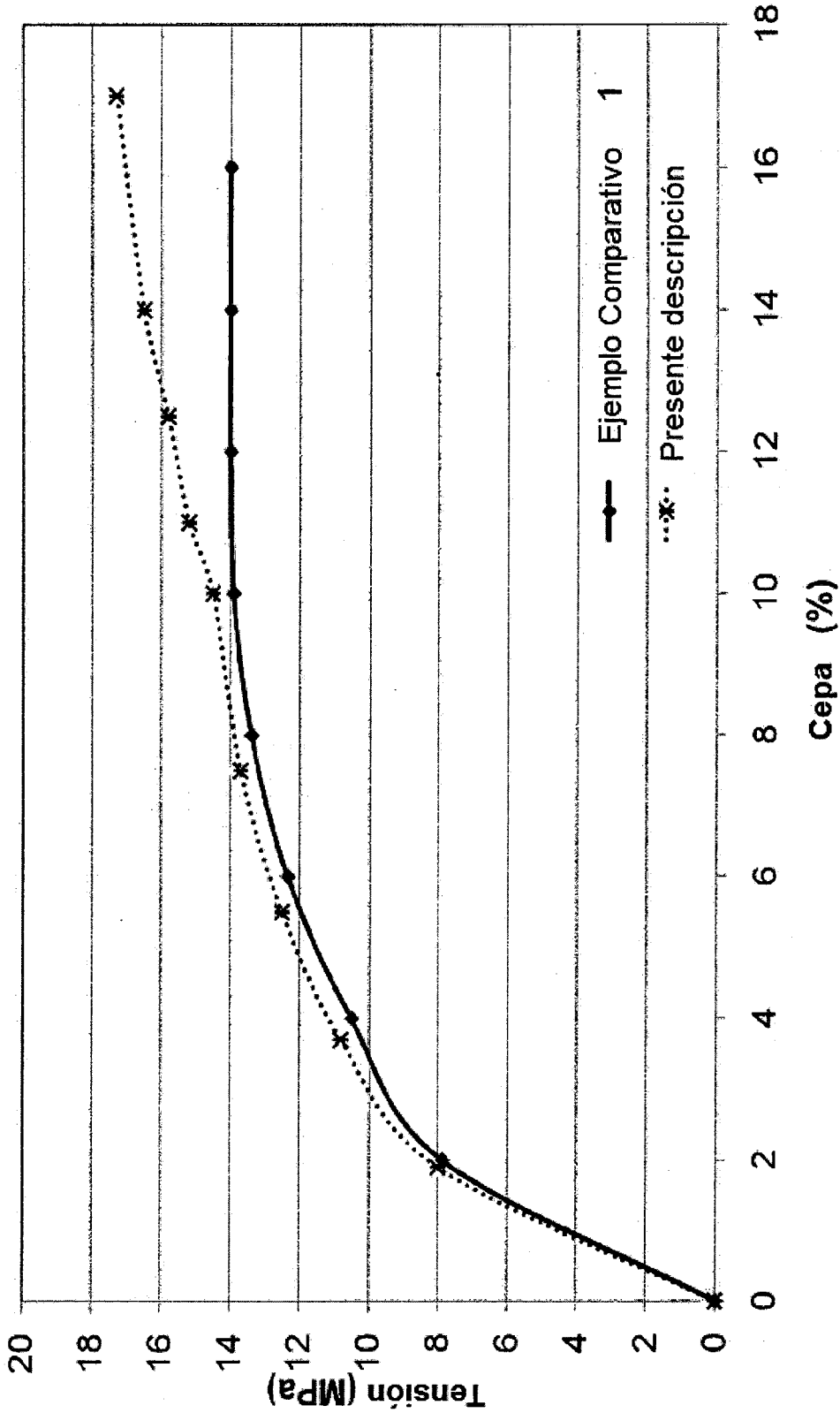
PS



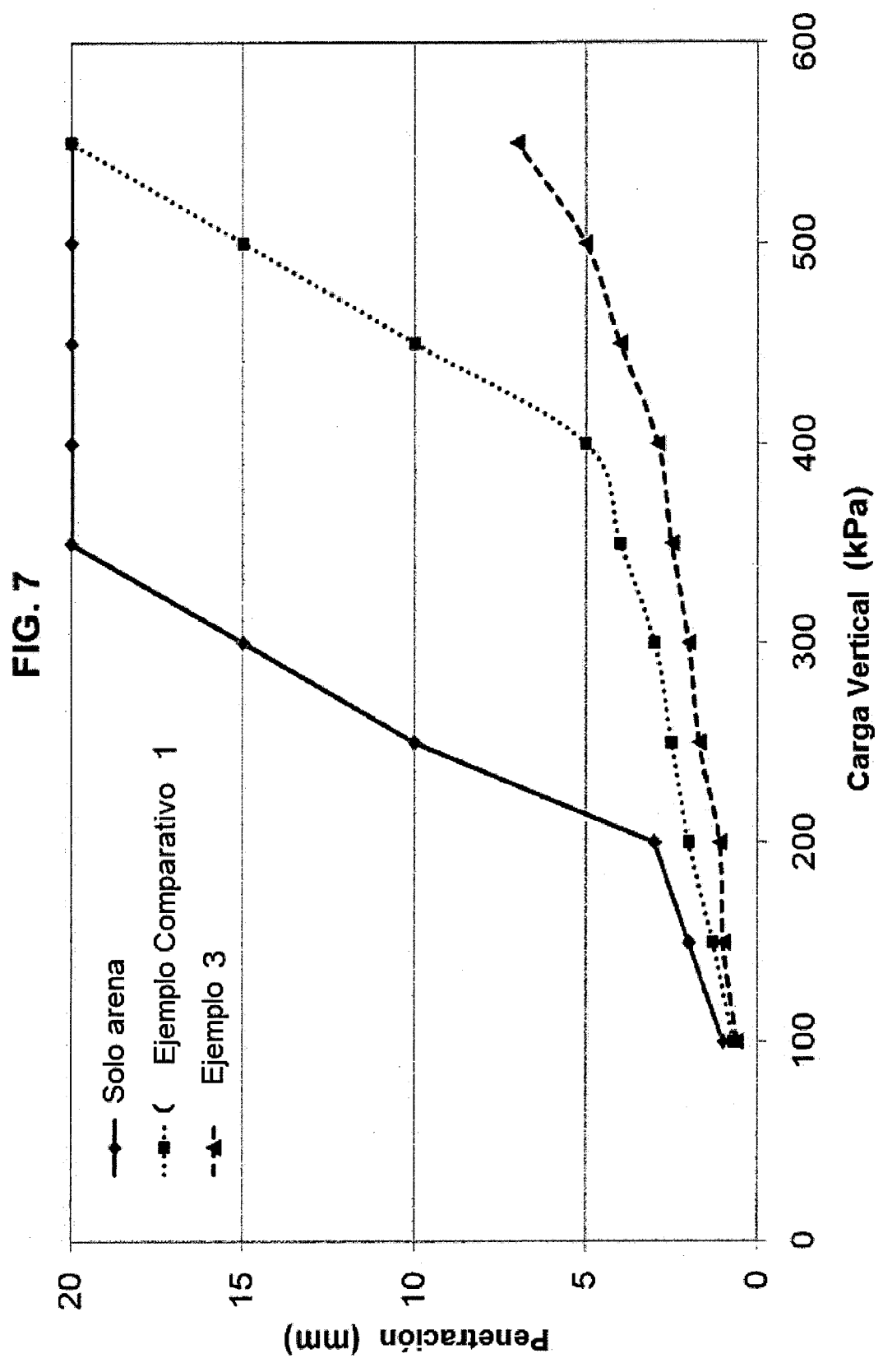
HOJA SUSTITUTA (REGLA 26)

86

FIG. 6



87



88

6/7

FIG. 8.

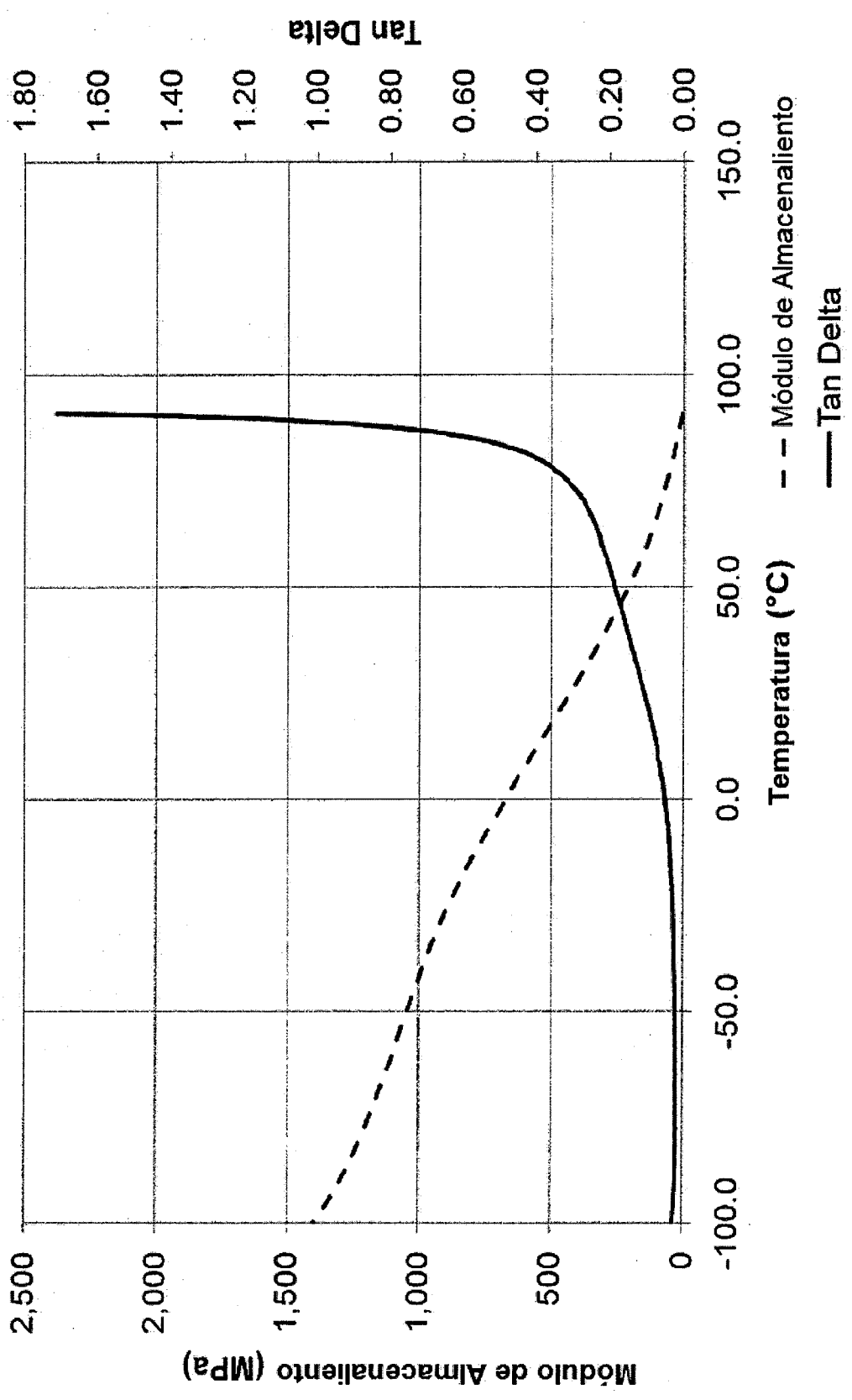
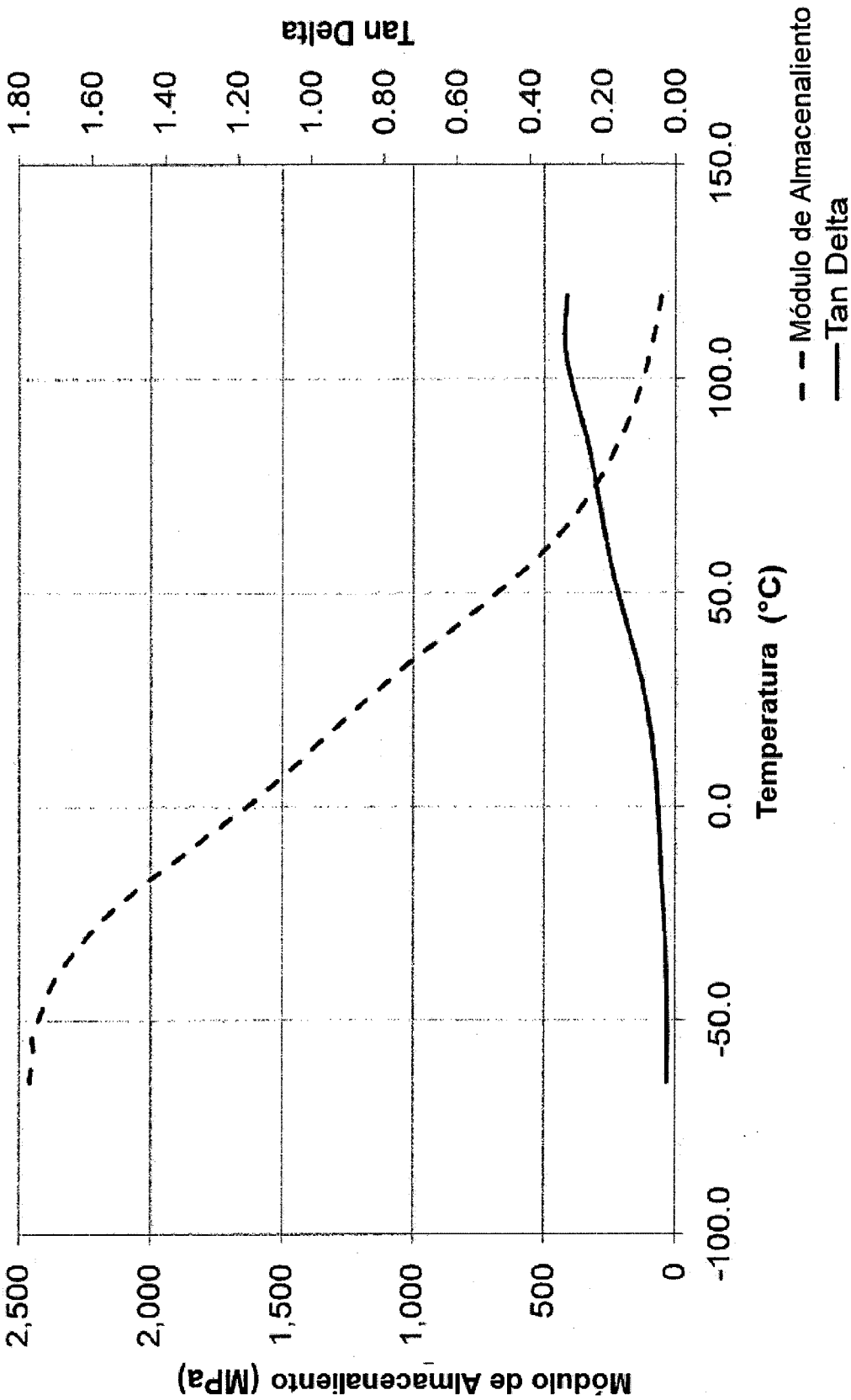


FIG. 9.



90

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US 08/78065

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8) - E02D 3/00 (2008.04) USPC - 405/302.4 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC												
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) USPC - 405/302.4 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched USPC - 405/302.4 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PubWEST(USPT,PGPB,EPAB,JPAB); Google Patents; Google Terms Used: geocell polymer strip izhar procedure ASTM D 4065 storage modulus pavement PRS SIM procedure ASTM D 696 coefficient thermal expansion fill granular material												
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT												
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.										
Y	US 6,020,275 A (STEVENSON et al.) 1 February 2000 (01.02.2000) entire document especially col 4, ln 12-20, col 14, ln 60-68	1-27										
Y	US 5,981,692 A (LEBOEUF) 9 November 1999 (09.11.1999) entire document col 14, ln 22-35	1-27										
Y	US 2006/0182941 A1 (YANO et al.) 17 August 2006 (17.08.2006); para [0157]	7, 16 and 25										
Y	US 5,320,455 A (MATTOX) 14 June 1994 (14.06.1994); col 1, ln 40-50	9, 18 and 27										
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐												
* Special categories of cited documents: <table border="0"><tr><td>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</td><td>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</td></tr><tr><td>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</td><td>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</td></tr><tr><td>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</td><td>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</td></tr><tr><td>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</td><td>"&" document member of the same patent family</td></tr><tr><td>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</td><td></td></tr></table>			"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention	"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone	"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art	"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family	"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention											
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone											
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art											
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family											
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed												
Date of the actual completion of the international search 24 November 2008 (24.11.2008)		Date of mailing of the international search report 08 DEC 2008										
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201		Authorized officer: Lee W. Young PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774										

(21) N° de solicitud:	(51) Int Cl: E02D 003/000
22). Fecha de solicitud:	(71) Solicitante(s) PRS MEDITERRANEAN LTD.
(30) Prioridad (31) Prioridad (32) Fecha (33) País	(72) Inventor(es) IZHAR HALAHMI Y OTROS
	(74) Apoderado: LUZ CLEMENCIA DE PAEZ
(85) Fecha limite inicio fase nacional: 29/04/2008	(87) Publicación internacional
(86) Datos relativos a la presentación de la solicitud PCT	Fecha: 01/04/2010
Fecha de presentación de la solicitud: 29/09/2008	N° publicación: WO 2010/036270 A1
No. de solicitud PCT/US2008/078065	
(54) Título: GEOCELDA PARA APLICACIONES DE SOPORTE DE CARGA	

Reivindicación(es):

1. Una geocelda formada de bandas poliméricas, por lo menos una banda polimérica tiene un módulo de almacenamiento de 500 MPa o más cuando se mide en la dirección de máquina mediante Análisis Mecánico Dinámico (DMA) de acuerdo con ASTM D4065 a 23° C y a una frecuencia de 1 Hz.
2. La geocelda de la reivindicación 1, en donde por lo menos una banda polimérica tiene un módulo de almacenamiento de 700 MPa o más.
3. La geocelda de la reivindicación 1, en donde por lo menos una banda polimérica tiene un módulo de almacenamiento de 1000 MPa o más.
4. La geocelda de la reivindicación 1, en donde por lo menos una banda polimérica tiene una tensión en 12% de deformación de 14.5 MPa o más cuando se mide de acuerdo con el procedimiento Izhar a 23° C.
5. La geocelda de la reivindicación 1, en donde por lo menos una banda polimérica tiene una tensión en 12% de deformación de 16 MPa o más cuando se mide de acuerdo con el procedimiento Izhar a 23° C.
6. La geocelda de la reivindicación 1, en donde por lo menos una banda polimérica tiene una tensión en 12% de deformación de 18 MPa o más cuando se mide de acuerdo con el procedimiento Izhar a 23° C.
7. La geocelda de la reivindicación 1, en donde por lo menos una banda polimérica tiene un coeficiente de expansión térmico de $120 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ o menos a 25° C de acuerdo con el ASTM D696.
8. Un pavimento, carretera, vía férrea, o área de parqueo, que comprende por lo menos una capa que comprende la geocelda de la reivindicación 1.
9. El pavimento, carretera, vía férrea, o área de parqueo, de la reivindicación 8, en donde la geocelda se carga con un material granular seleccionado del grupo que consiste de arena, grava, piedra molida, balastro, residuos de cantera,

concreto triturado, asfalto reciclado, ladrillos triturados, escombros de edificios y escombros, vidrio triturado, cenizas de plantas de energía, cenizas volantes, cenizas de carbón, residuos de hornos altos de hierro, residuos de fabricación de cemento, residuos de acero y mezclas de los mismos.

- 10.** Una geocelda formada de bandas poliméricas, por lo menos una banda polimérica tiene un módulo de almacenamiento de 150 MPa o más cuando se mide en la dirección de máquina mediante análisis mecánico, dinámico (DMA) de acuerdo con la ASTM D4065 a 63° C y a una frecuencia de 1 Hz.
- 11.** La geocelda de la reivindicación 10, en donde por lo menos una banda polimérica tiene un módulo de almacenamiento de 250 MPa o más.
- 12.** La geocelda de la reivindicación 10, en donde por lo menos una banda polimérica tiene un módulo de almacenamiento de 400 MPa o más.
- 13.** La geocelda de la reivindicación 10, en donde por lo menos una banda polimérica tiene una tensión de 12% de deformación de 14.5 MPa o más cuando se mide de acuerdo con el procedimiento Izhar a 23° C.

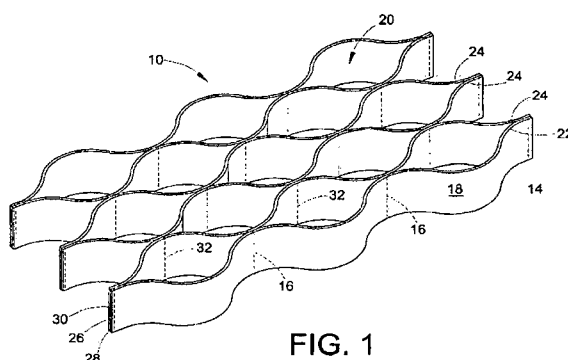
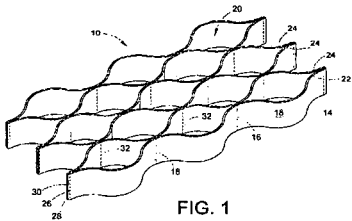


FIG. 1



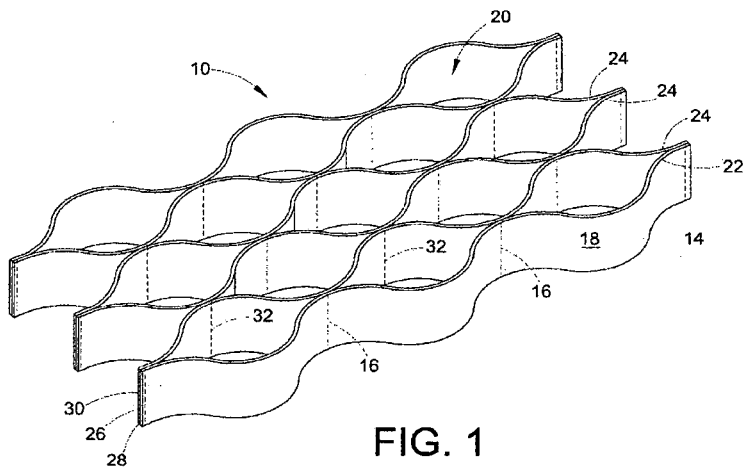
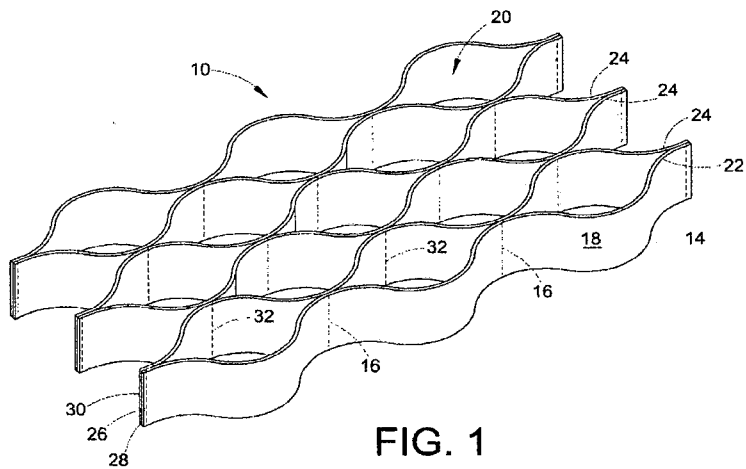


FIG. 1



SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 800.176.089-2

-/-

93



RECIBO DE CAJA

No. 11 - 0023152

Bogotá D.C., Marzo 14 de 2011 - 16:53:20

RECIBIDO DE : CAVELIER ABOGADOS

NI 860.041.367

*** Soporte del Pago ***

TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR.PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	157700664	14/03/2011	51.804.000.00

*** Conceptos Pagados ***

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr.UNDITARIO	Vr.CONCEPTO
1	50005-01-01 SOLICITUDES	1 TRAMITES DE SOL. DE PATENTE DE INVENCIÓN	571.000.00	571.000.00
				\$571.000.00

SON: **QUINIENTOS SETENTA Y UN MIL PESOS MONEDA CORRIENTE***

Responsable: _____

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 11-037290- -00000-0000

Fecha: 2011-03-28 11:02:15 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 98

Cof: 18258 - 241 - 005 - 5

Sede Centro: Carrera 13 No. 27 - 00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá, D.C.- Colombia

Web: www.sic.gov.co e-mai: info@sic.gov.co Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Linea: 018000-910165 Call Center: (571) 6513240

Marzo 14 de 2011 - 16:53:30

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 800.176.089-2

-/-

94



RECIBO DE CAJA

No. 11 - 0025836

Bogotá D.C., Marzo 23 de 2011 - 07:06:44

RECIBIDO DE : CAVELIER ABOGADOS

NI 860.041.367

*** Soporte del Pago ***

TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR. PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	430543094	22/03/2011	89.032.000.00

*** Conceptos Pagados ***

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr.UNDITARIO	Vr.CONCEPTO
1	50005-01-09 OTROS SERVICIOS DE PROPIEDAD INDUSTRIAL	1612 TASA ANUAL A#OS 9 a 12 CUATRENIO PARA MANTENIMINETO DE	451.000.00	451.000.00
				\$451.000.00

SON: **CUATROCIENTOS CINCUENTA Y UN MIL PESOS MONEDA CORRIENTE***

Responsable:

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 11-037290-00000-0000

Fecha: 2011-03-28 11:02:15 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 98

Código: 18252-841-001-5

Sede Centro: Carrera 13 No. 27 - 00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá, D.C.- Colombia

Web: www.sic.gov.co e-mail: info@sic.gov.co Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Línea: 018000-910165 Call Center: (571) 6513240

Marzo 23 de 2011 - 07:06:57

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 800.176.089-2

-/-

95



RECIBO DE CAJA

No. 11 - 0025937

Bogotá D.C., Marzo 23 de 2011 - 07:06:44

RECIBIDO DE : CAVELIER ABOGADOS

NI 860.041.367

*** Soporte del Pago ***

TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR.PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	430543094	22/03/2011	89.032.000.00

*** Conceptos Pagados ***

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr.UNDITARIO	Vr.CONCEPTO
1	50005-01-09 OTROS SERVICIOS DE PROPIEDAD INDUSTRIAL	99 OTROS SERVICIOS ADMINISTRATIVOS	1.000.00	1.000.00
				\$1.000.00
			=====	

SON: **MIL PESOS MONEDA CORRIENTE***

Responsable.

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 11-037290- -00000-0000

Fecha: 2011-03-28 11:02:15 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 98

COLO: 18258- 841- 001-5

Sede Centro: Carrera 13 No. 27 - 00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá, D.C.- Colombia

Web: www.sic.gov.co e-mai: info@sic.gov.co Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Linea: 018000-910165 Call Center: (571) 6513240

, Marzo 23 de 2011 - 07:07:00

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 800.176.089-2

- / -

96



RECIBO DE CAJA

No. 11 - 0025938

Bogotá D.C., Marzo 23 de 2011 - 07:06:44

RECIBIDO DE : CAVELIER ABOGADOS

NI 860.041.367

*** Soporte del Pago ***

TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR. PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	430543094	22/03/2011	89.032.000.00

*** Conceptos Pagados ***

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr. UNDITARIO	Vr. CONCEPTO
1	50005-01-09 OTROS SERVICIOS DE PROPIEDAD INDUSTRIAL	99 OTROS SERVICIOS ADMINISTRATIVOS	1.000.00	1.000.00
				\$1.000.00
			=====	

SON: **MIL PESOS MONEDA CORRIENTE***

Responsable: _____

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 11-037290- -00000-0000

Fecha: 2011-03-28 11:02:15 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 98

Cof: 18258 - 841 - 001 - 5

Sede Centro: Carrera 13 No. 27 - 00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá, D.C.- Colombia

Web: www.sic.gov.co e-mai: info@sic.gov.co Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Línea: 018000-910165 Call Center: (571) 6513240

, Marzo 23 de 2011 - 07:07:00

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 800.176.089-2

-/-

97



RECIBO DE CAJA

No. 11 - 0025939

Bogotá D.C., Marzo 23 de 2011 - 07:06:44

RECIBIDO DE : CAVELIER ABOGADOS

NI 860.041.367

*** Soporte del Pago ***

TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR. PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	430543094	22/03/2011	89.032.000.00

*** Conceptos Pagados ***

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr.UNDITARIO	Vr.CONCEPTO
1	50005-01-09 OTROS SERVICIOS DE PROPIEDAD INDUSTRIAL	99 OTROS SERVICIOS ADMINISTRATIVOS	1.000.00	1.000.00
				\$1.000.00

SON: **MIL PESOS MONEDA CORRIENTE***

Responsable: _____

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 11-037290- -00000-0000

Fecha: 2011-03-28 11:02:15 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 98

C.O.L.O.: 18258-841-000-5

Sede Centro: Carrera 13 No. 27 - 00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá, D.C.- Colombia

Web: www.sic.gov.co e-mai: info@sic.gov.co Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Línea: 018000-910165 Call Center: (571) 6513240

, Marzo 23 de 2011 - 07:07:00

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 800.176.089-2

-/-

98



RECIBO DE CAJA

No. 11 - 0025950

Bogotá D.C., Marzo 23 de 2011 - 07:06:44

RECIBIDO DE : CAVELIER ABOGADOS

NI 860.041.367

*** Soporte del Pago ***

TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR. PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	430543094	22/03/2011	89.032.000.00

*** Conceptos Pagados ***

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr.UNDITARIO	Vr.CONCEPTO
1	50005-01-09 OTROS SERVICIOS DE PROPIEDAD INDUSTRIAL	99 OTROS SERVICIOS ADMINISTRATIVOS	5.000.00	5.000.00
				\$5.000.00

SON: **CINCO MIL PESOS MONEDA CORRIENTE***

Responsable: _____

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 11-037290-00000-0000

Fecha: 2011-03-28 11:02:15 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 98

COLO: 18258-841-005-5

Sede Centro: Carrera 13 No. 27 - 00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá, D.C.- Colombia

Web: www.sic.gov.co e-mai: info@sic.gov.co Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Línea: 018000-910165 Call Center: (571) 6513240

Marzo 23 de 2011 - 07:07:01



SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 11-037290- -00000-0000

Fecha: 2011-03-28 11:02:15 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 98

PATENTE DE INVENCION ☐

MODELO DE UTIL

☐
☐
☐
☐
☐

Indicación que se solicita una patente.
Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
Descripción de la invención
Dibujos de ser estos pertinentes
Comprobante de pago de las tasas establecidas (De ser el caso formato de descuento)

Completa ☐ Incompleta ☐

PATENTE DE INVENCION PCT ☒ MODELO DE UTILIDAD PCT ☐ Art.33 Decisión 486/00, Circular Única

☒
☒
☒
☒

Indicación que se solicita una PCT
Copia de la solicitud en español, tal como fue presentada inicialmente (capítulo descriptivo, reivindicatorio, resumen)
Dibujos de ser estos pertinentes
Comprobante de pago de las tasas establecidas (de ser el caso formato de descuento)

Completa ☒ Incompleta ☐

DISEÑO INDUSTRIAL ☐ (Art. 119 Decisión 486/00)

☐
☐
☐
☐

Indicación que se solicita Diseño industrial
Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
Representación gráfica y fotográfica del Diseño industrial o muestra del material que incorpora el diseño
Comprobante de pago de las tasas establecidas

Completa ☐ Incompleta ☐

ESQUEMA DE TRAZADO ☐ (Art. 92 Decisión 486/00)

☐
☐
☐
☐

Indicación que se solicita un esquema de trazado
Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
Representación gráfica de un esquema de trazado
Comprobante de pago de las tasas establecidas

Completa ☐ Incompleta ☐



Bogotá D.C.,
2020

Doctor(a)
SUAREZ DE PAEZ LUZ CLEMENCIA
Apoderado(a) y/o Representante de
PRS MEDITERRANEAN LTD.

REFERENCIA	Radicación No.	11 037290
	Solicitud internacional	PCT/US2008/78065
	Fecha inicio fase nacional	29/04/2011
	Trámite	11
	Evento	378
	Actuación	430
	Oficio No.	08125

Como resultado del examen de forma, realizado con fundamento en el artículo 38 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, artículo 27 del Tratado de Cooperación en Materia de Patentes (PCT), regla 51 bis del Reglamento y Circular Única de la Superintendencia de Industria y Comercio, se le comunica que:

1. La solicitud no contiene el poder debidamente otorgado, con el lleno de los requisitos exigidos por los artículos 63 y subsiguientes del Código de Procedimiento Civil. Adicionalmente, deberá presentar el documento que acredita la existencia y representación legal de la sociedad solicitante, cuando ésta fuere persona jurídica.
2. La solicitud no contiene la copia del documento en que consta la cesión del derecho a la patente del inventor al solicitante o a su causante, conforme a lo establecido por el artículo 26 literal k) de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina. Cuando se trate de documentos otorgados en el extranjero, estos deberán legalizarse de conformidad con lo dispuesto por los artículos 259 y 260 del Código de Procedimiento Civil. Cuando se trate de las declaraciones a que hace referencia la Regla 4.17 ii) del Tratado de Cooperación en Materia de Patentes PCT., el alcance de las tales declaraciones se determinará según indiquen claramente una cesión de derechos del inventor al solicitante o su causante, de conformidad con lo dispuesto en el numeral 5.2.15 del Capítulo Quinto, Título X de la Circular Única de Superintendencia de Industria y Comercio.

En cumplimiento de lo dispuesto por el artículo 39 de la Decisión 486, se le requiere para que dentro del término de dos meses siguientes a la fecha de notificación del presente oficio, complete los requisitos anteriormente enunciados. En caso de no dar cumplimiento al presente requerimiento, la solicitud se considerará abandonada y perderá su prelación.

Continúa en la página siguiente...



Continuación radicado No: 11 037290

b1

Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

Notifíquese el presente oficio conforme a lo dispuesto en el numeral 5.2, literal e), del capítulo quinto del título primero de la Circular Unica No.10 de 2001.

JOSE LUIS SALAZAR LOPEZ
Director de Nuevas Creaciones (c)

El anterior requerimiento fue notificado por fijación en lista de fecha 19 MAYO 2011
adpa11