

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 578 881**

51 Int. Cl.:

B29K 67/00 (2006.01)
B29C 55/04 (2006.01)
B29C 55/12 (2006.01)
E21D 17/00 (2006.01)
B29D 28/00 (2006.01)
E02D 17/20 (2006.01)
E02D 31/00 (2006.01)
E02D 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.02.2008 E 08725155 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.04.2016 EP 2122067**

54 Título: **Rejilla de poli(tereftalato de etileno) integral, procedimiento de fabricación y sus usos**

30 Prioridad:

06.02.2007 US 899658 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

02.08.2016

73 Titular/es:

**TENSAR CORPORATION, LLC (100.0%)
5883 Glenridge Drive, Suite 200
Atlanta, GA 30328, US**

72 Inventor/es:

**TYAGI, MANOJ, KUMAR y
SHELTON, WILLIAM, STANLEY**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 578 881 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Rejilla de poli(tereftalato de etileno) integral, procedimiento de fabricación y sus usos

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere generalmente a georejillas poliméricas integrales usadas con fines de refuerzo estructural o de construcción. Más particularmente, la presente invención se refiere a dichas rejillas poliméricas integrales formadas por poli(tereftalato de etileno) copolimérico y homopolimérico ("PET") con el fin de lograr una relación elevada de resistencia a la tracción con respecto a peso y una relación elevada de menor resistencia a la deformación plástica con respecto a peso.

10 La presente invención también se refiere al procedimiento de producción de dichas rejillas de PET integrales. Finalmente, la presente invención se refiere al uso de dichas rejillas de PET integrales para el refuerzo de suelos y procedimientos de dicho refuerzo.

Para la finalidad de la presente invención, se pretende que las expresiones "rejilla de PET integral" y "rejillas de PET integrales" incluyan georejillas de poli(tereftalato de etileno) formadas mediante orientación (estiramiento) de materiales de partida en forma de láminas o similares que tienen orificios o depresiones formadas en los mismos.

Descripción de la técnica anterior

15 Las estructuras de rejilla integrales poliméricas que tienen aberturas de malla metálica definidas por diversos patrones geométricos de hebras orientadas sustancialmente paralelas y uniones entre las mismas, tales como georejillas, se han fabricado durante 25 años. Dichas rejillas se fabrican mediante extrusión de una lámina integralmente moldeada que se somete a un patrón definido de orificios o depresiones seguida de orientación uniaxial o biaxial controlada de la lámina para dar lugar a hebras y uniones definidas por las aberturas de la malla metálica formadas por los orificios o depresiones. La orientación de la lámina, tanto en la dirección uniaxial como en la dirección biaxial, desarrolla resistencia frente a la tracción y módulo en la dirección correspondiente. Estas estructuras de rejilla polimérica orientada integral se pueden usar para retener o estabilizar material particulado de cualquier forma apropiada, tal como suelo, tierra, arena, arcilla, grava, etc. y en cualquier ubicación, tal como en el borde de carreteras u otro talud o terraplén, bajo la superficie de la carretera, superficie de banda de rodadura, etc.

20 Se han experimentado diversas formas y patrones para lograr niveles elevados de la relación resistencia frente a peso, o para lograr velocidades de procesado más rápidas durante el procedimiento de fabricación. La orientación se logra con temperaturas y tasas de deformación controladas. Algunas de las variables del presente procedimiento incluyen relación de tracción, peso molecular, distribución de peso molecular y grado de ramificación o reticulación del polímero. Como resultado del procedimiento de orientación, el producto terminado tiene un módulo de tracción mucho más elevado y una sensibilidad de deformación plástica mucho menor.

25 La fabricación y uso de dicha georejilla y otras estructuras de rejilla poliméricas integrales se puede lograr mediante técnicas bien conocidas. Como se describe con detalle en las patentes de Estados Unidos Nos. 4.374.798 de Mercer et al., 5.419.659 de Mercer et al., 4.590.029 de Mercer et al., 4.743.486 de Mercer y Martin y 4.756.946 de Mercer, en primer lugar se somete a extrusión un material de lámina polimérica de partida y posteriormente se perfora para formar un patrón definido de requisito de orificios o depresiones.

30 Estas patentes se citan como ilustrativas y no se considera que sean inclusivas, o que excluyan otras técnicas conocidas en la técnica para la producción de materiales de rejilla polimérica integral.

35 Tradicionalmente, los materiales poliméricos usados en la producción de rejillas integrales han sido polipropileno copolimérico u homopolimérico de peso molecular elevado, y polietileno de alto peso molecular y alta densidad. Se añaden diversos aditivos tales como inhibidores de luz ultravioleta, negro de carbono, coadyuvantes de procesado, etc., a estos polímeros para lograr los efectos deseados en el producto acabado.

40 Mientras los materiales convencionales de polietileno y polipropileno exhiben generalmente propiedades satisfactorias, resulta estructural y económicamente ventajoso producir un material de rejilla que tenga elevada relación de resistencia a la tracción con respecto a peso y elevada relación de menor resistencia frente a la deformación plástica con respecto a peso.

45 La deformación plástica es el procedimiento mediante el cual las dimensiones del material cambian con el tiempo, al tiempo que se somete a una carga variable o sostenida. Véase, por ejemplo, las Figuras 4 y 5. La Figura 4 ilustra curvas comparativas de deformación plástica para diversos materiales convencionales de geotextil polimérico tal como polipropileno y poliéster bajo una carga de un 40 % de resistencia final. La Figura 5 muestra curvas representativas de deformación plástica para filamentos de diversos polímeros.

50 El comportamiento de deformación plástica de un material sintético es una función no solo del tipo de polímero y la estructura física, sino también de factores tales como estructura geométrica (por ejemplo, tejido, no tejido, rejilla integral, etc.), medio circundante, temperatura ambiental, presencia de cualquier micro o macro daño y maduración.

Con respecto al factor de temperatura, los polímeros experimentan deformación plástica significativa cuando se exponen a tensión por encima de su temperatura de transición vítrea, T_g. Esto significa que polietileno de alta densidad ("HDPE") y polipropileno ("PP"), con un T_g de -120 °C y -18 °C, respectivamente, experimentan deformación plástica sustancialmente más a temperatura ambiente que PET, que tiene un valor de T_g de 69 °C.

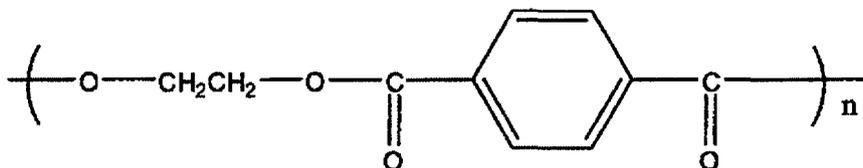
- 5 Otro procedimiento de fabricación de rejillas emplea la tecnología de tejedura o tricotado. Los filamentos de alta tenacidad de PET o polipropileno se entretrejen juntos para formar un hilo. Estos hilos se tejen o tricotan para dar lugar a un tejido de estructura abierta y después se revisten con un revestimiento protector para proporcionar protección a los hilos del núcleo. El revestimiento protector puede ser, por ejemplo, poli(cloruro de vinilo) (PVC), una sustancia bituminosa, o látex. La diferencia principal entre los productos fabricados usando esta tecnología y las
- 10 rejillas integrales anteriormente mencionadas es que los productos tejidos o tricotados tienen uniones flexibles con una resistencia de junta considerablemente baja. Algunos ejemplos de dichas rejillas son las georejillas fabricadas por las compañías tales como Merex, Huesker y Strata. La Figura 13 de los dibujos resume las propiedades básicas de diversos polímeros que normalmente se usan para producir fibras cortas, filamentos continuos y cintas orientadas.
- 15 Otro procedimiento de fabricación de rejillas usa tiras altamente orientadas o bandas de poliéster. Las tiras se procesan en un dispositivo de soldadura en el que se introducen las tiras en la dirección transversal de la máquina y se sueldan juntas formando aberturas tridimensionales. Un ejemplo de dicha rejilla es Secugrid® fabricada por NAUE GmbH & Co. La resistencia de junta de los productos fabricados usando este procedimiento tiende a disminuir entre la de las rejillas originales y las rejillas tejidas/tricotadas.
- 20 El documento GB 2 266 540 A divulga un procedimiento para formar una rejilla de un material polimérico. El procedimiento comprende moldear un material polimérico para formar bandas relativamente finas que después se estiran para re-organizar las moléculas poliméricas, dando como resultado bandas con elevada resistencia de tracción. Se forma la rejilla a partir de bandas de elevada resistencia de tracción mediante unión de las mismas en disposición transversal y longitudinal (u otra angular). El material polimérico puede comprender poli(tereftalato de
- 25 etileno).
- El documento US 6 312 198 B1 divulga una georejilla que comprende bandas longitudinales poliméricas sometidas a tracción que se disponen paralelas o sustancialmente paralelas y bandas transversales poliméricas unidas a las bandas longitudinales. Como mínimo las bandas longitudinales pueden estar formadas por poli(tereftalato de etileno).
- 30 Por tanto, es necesario un material polimérico integral que no solo resulte apropiado para su uso en el servicio de georejilla, sino también que exhiba una relación elevada de resistencia a la tracción frente a peso y una relación elevada de menor resistencia a la deformación plástica frente a peso que los valores asociados a los materiales convencionales de georejilla.

Sumario de la invención

- 35 Un primer aspecto de la invención proporciona una georejilla polimérica integral formada mediante estiramiento uniaxial y biaxial y orientación de un material de tipo lámina que tiene una serie de perforaciones o indentaciones en una pluralidad de hebras orientadas e interconectadas que tienen una serie de aberturas en las mismas, caracterizada por que dicho material de tipo lámina y dicha georejilla perforada están formadas por poli(tereftalato de etileno).
- 40 Un segundo aspecto de la invención proporciona un material de partida para fabricar una georejilla polimérica integral formada por un material de tipo lámina que tiene orificios o depresiones en la misma, que proporcionan aberturas cuando el material de tipo lámina se estira uniaxial o biaxialmente, caracterizada por que dicho material de tipo lámina está formado por poli(tereftalato de etileno).
- Un tercer aspecto de la invención proporciona una construcción de suelo que comprende una masa de material
- 45 particulado reforzado mediante incrustación de una georejilla polimérica integral como se define para el primer aspecto de la invención.
- Un cuarto aspecto de la invención proporciona un procedimiento de fabricación de una georejilla polimérica integral formada mediante estiramiento y orientación de un material de partida de tipo lámina que tiene orificios o
- 50 depresiones en la misma, para proporcionar una pluralidad de hebras orientadas e interconectadas y para configurar los orificios o depresiones como aberturas de georejillas, caracterizado por que dicho material de partida de tipo lámina y dicha georejilla integral están formadas por poli(tereftalato de etileno).
- Un quinto aspecto de la invención proporciona un procedimiento para proporcionar una construcción de georejilla mediante estiramiento uniaxial o biaxial de un material de partida de tipo lámina que tiene orificios o depresiones en la misma para proporcionar una georejilla integral que tiene una pluralidad de hebras orientadas y una pluralidad de
- 55 aberturas de rejilla, e incrustando la georejilla integral en una masa de material particulado, caracterizado por que el material de partida de tipo lámina y dicha georejilla integral están formados por poli(tereftalato de etileno).

Poli(tereftalato de etileno) ("PET") es un polímero atractivo para su uso en proyectos de refuerzo de suelo debido a que es un polímero comercial de coste relativamente bajo, demuestra su elevada tenacidad y bajo comportamiento de deformación plástica, y es bastante resistente frente a las sustancias químicas que aparecen de forma natural en el suelo.

- 5 Como resulta evidente a partir de su fórmula estructural (a continuación), PET es una molécula mucho más voluminosa que polietileno:



- 10 La molécula de PET es plana, tal y como se requiere por resonancia, pero las cadenas principales no son planas debido a la rotación alrededor del enlace C-O. La acción de rigidez del grupo de p-fenileno conduce a un punto de fusión elevado y buenas propiedades de formación de fibra.

Por consiguiente, un objetivo de la presente invención es producir una georejilla integral u otra estructura de rejilla a partir de un material de partida de poli(tereftalato de etileno) de acuerdo con procedimientos conocidos, tales como los descritos en las patentes de Estados Unidos Nos. 4.374.798, 5.419.659, 4.590.029, 4.743.486, 5.756.946 anteriormente mencionadas, así como también muchas otras patentes.

- 15 Como se ha indicado anteriormente, polipropileno y polietileno de alta densidad, con un Tg de -120 °C a -18 °C, respectivamente, experimentan deformación plástica más sustancialmente a temperatura ambiente que poli(tereftalato de etileno), que tiene un Tg de 69 °C. En PET, dado que Tg es mucho mayor que temperatura ambiente, la deformación plástica se puede atribuir en gran medida a la reorganización estérica de los segmentos de cadena polimérica con región no cristalina altamente empaquetada, lo cual tiene como resultado un deslizamiento de cadena escaso o nulo.

- 20 Como resultado de ello, el material de PET se caracteriza por una elevada relación de menor resistencia frente a la deformación plástica con respecto a peso que la de los materiales convencionales de georejilla. Es decir, dado que PET exhibe una deformación plástica mucho menor que, por ejemplo, HDPE, se puede usar PET hasta aproximadamente un 70 % de resistencia de tracción final, pero HDPE únicamente hasta aproximadamente un 40 %. Por consiguiente, para un material de georejilla integral que posea un valor especificado de deformación plástica, la rejilla de PET integral pesa sustancialmente menos que una georejilla que usa un material de georejilla convencional, tal como HDPE o PP.

- 25 Además, un material de PET se caracteriza por una relación de resistencia a la tracción frente a peso más elevada que la de los materiales convencionales de georejilla. Por ejemplo, a relaciones de estiramiento comparables, PET cristalino ("CPET") exhibe casi el doble de resistencia específica de HDPE.

- 30 Por tanto, otro objetivo de la presente invención es proporcionar una rejilla polimérica integral formada por poli(tereftalato de etileno) copolimérico u homopolimérico que se caracteriza por una elevada relación de resistencia a la tracción con respecto a peso y un relación elevada de menor resistencia frente a la deformación plástica frente a peso que los valores asociados a las rejillas poliméricas integrales formadas por materiales convencionales de georejilla.

- 35 Además de las ventajas estructurales anteriormente mencionadas, PET exhibe buena resistencia a sales, ácidos orgánicos, disolventes orgánicos, agentes oxidantes, agentes reductores y componentes de petróleo, incluyendo betún con frecuencia presente en el suelo y materiales relacionados. Como resultado de ello, la rejilla de PET integral de acuerdo con la presente invención es especialmente atractiva para su uso en el servicio de refuerzo de suelo.

Por tanto, otro objetivo de la presente invención es proporcionar una rejilla polimérica integral formada por poli(tereftalato de etileno) copolimérico y homopolimérico que exhibe buena resistencia frente a diversos agentes que se encuentran en el servicio de refuerzo de suelo.

- 40 Estos y otros objetivos juntos y ventajas que pueden resultar posteriormente evidentes residen en los detalles de construcción y operación como se describe de forma más completa a continuación, haciendo referencia a los dibujos adjuntos que constituyen una parte. Se pretende que los dibujos adjuntos ilustren la invención, pero no necesariamente a escala.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 ilustra una muestra de una rejilla de poli(tereftalato de etileno) cristalino (CPET) de acuerdo con una

realización de la presente invención en la que la lámina de partida se estira uniaxialmente hasta una relación de estiramiento de 3,1:1.

La Figura 2 es un diagrama de ensayo de deformación plástica que muestra una curva de deformación plástica para una muestra de CPET, inicialmente de 3 mm de espesor, que se estira uniaxialmente hasta una relación de estiramiento de 5,3:1 y se suspende bajo una carga de un 60 %.

La Figura 3 es un diagrama de ensayo de deformación plástica que muestra una curva de deformación plástica para una muestra de CPET, también de un espesor inicial de 3 mm, que se estira uniaxialmente hasta una relación de estiramiento de 5,3:1, pero suspendida bajo una carga de un 70 %.

La Figura 4 es un gráfico que ilustra curvas de deformación plástica comparativas para diversos materiales de geotextil poliméricos bajo una carga de resistencia final de un 40 %.

La Figura 5 es un gráfico que ilustra curvas representativas de deformación plástica para filamentos de diversos polímeros.

La Figura 6 es una tabla que resume los resultados de ensayos de tracción de diversas muestras poliméricas sometidas a ensayo.

La Figura 7 es un gráfico que ilustra la resistencia específica de las muestras que se presentan en la Figura 6.

La Figura 8 es una tabla que resume la resistencia específica de determinadas muestras representativas que se presentan en la Figura 7.

La Figura 9 es un gráfico que resume la resistencia específica de las muestras representativas que se presentan en la Figura 8.

La Figura 10 es una tabla que resume el efecto de la relación de estiramiento sobre la resistencia específica de una muestra de PET.

La Figura 11 es un gráfico que muestra el efecto de la relación de estiramiento sobre la resistencia específica resumida en la Figura 10.

La Figura 12 es un diagrama de ensayo de deformación plástica que muestra una curva de deformación plástica para una muestra de CPET, de un espesor inicial de 1,4 mm, que se estira hasta una relación de estiramiento de 4,25:1 y se suspende bajo una carga de un 60 %.

La Figura 13 es una tabla que resume propiedades básicas de diversos polímeros que normalmente se usan para producir fibras cortas, filamentos continuos y cintas orientadas.

La Figura 14 es una tabla que resume la resistencia química relativa de diversos polímeros formadores de fibra usados en geotextiles.

La Figura 15 es una tabla que resume el efecto de pH sobre la resistencia de tracción de diversos polímeros de geotextil.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Aunque únicamente las realizaciones preferidas de la invención se explican con detalle, debe entenderse que la invención no está limitada en su alcance a los detalles de construcción y configuración de los componentes explicados en la siguiente descripción o ilustrados en los dibujos. La invención es susceptible de otras realizaciones y de ser llevada a la práctica o desarrollada de varias formas.

De igual forma, a la hora de describir las realizaciones preferidas, se recurre a la terminología por motivos de claridad. Se pretende que cada uno de ellos contemple su significado más amplio que el interpretado por los expertos en la técnica, e incluya todos los equivalentes técnicos que operan de manera similar para lograr un fin similar.

Con el fin de comprender el comportamiento y propiedades del material de PET, y de establecer los parámetros del uso de PET para fabricar rejillas integrales, en lugar de HDPE, se proporcionaron láminas de PET convencionales sometidas a extrusión comercialmente disponibles. Se usaron tres tipos de láminas de PET: PET amorfo ("APET"), PET cristalino ("CPET") y PET glicol ("PETG").

Se prepararon muestras perforadas para cada uno de los tres tipos de lámina de PET con perforaciones de lámina convencionales tales como las usadas para fabricar productos de HDPE UX comercializados por Tensar International Corporation, Inc. (en lo sucesivo "Tensar") (Atlanta, Georgia), el cesionario de la presente solicitud de patente. Por ejemplo, la Figura 1 presenta una muestra de lámina de partida de CPET que usa una perforación (3,89 cm x 0,953 cm (1,53" x 0,375")) y estirada uniaxialmente hasta una relación de estiramiento de 3,1:1.

El estiramiento uniaxial de la lámina perforada se llevó a cabo en un dispositivo de estiramiento de laboratorio Tensar. Tensar llevó a cabo el trabajo inicial de laboratorio de acuerdo con la presente invención mediante estiramiento de bandas estrechas, es decir, de 2 mm a 4 mm de anchura de PET y HDPE para establecer las condiciones de temperatura y relación de estiramiento bajo las cuales se llevó a cabo el ensayo. El intervalo de temperatura se estableció entre 100 °C y 240 °C, y la relación de estiramiento varió entre 2:1 y 10:1. Estas condiciones de temperatura y relación de estiramiento se usaron después durante el estiramiento de muestras perforadas de aproximadamente 20 cm x 25 cm (8" x 10").

Para el estiramiento a temperatura elevada, es decir, por encima de 160 °C, se instaló un Instron "Hot-Box" sobre una máquina de ensayo de tracción Instron Model 1125. Se calentaron muestras convencionales con forma de "hueso de perro" de CPET, que tenían un espesor inicial de 3 mm, y después se acondicionaron a 180 °C durante 15

- 5 minutos. Las muestras acondicionadas térmicamente se estiraron uniaxialmente después en un dispositivo de estiramiento de laboratorio de acuerdo con los protocolos de estiramiento convencionales usados por Tensar. Se estiraron las muestras hasta la relación máxima de estiramiento que se permitió por el tamaño de Hot-Box, es decir, una relación de 5,3:1. Estas muestras de 5,3:1 se sometieron después a ensayo para las propiedades tanto de tracción como de deformación plástica.
- 10 Las bandas estiradas y no estiradas y las tiras de muestras de 8 " x 10" (20 cm x 25 cm) se sometieron a ensayo en cuanto a propiedades de tracción sobre una máquina de ensayo de tracción Instron Model 1125 usando sujeciones neumáticas con forma de sierra. Se rellenaron las sujeciones de ensayo con cartón y/o papel de lija para evitar el deslizamiento y la rotura de bordes. Se normalizaron los datos de tracción en cuanto a la diferencia de espesor de lámina entre HDPE y PET dividiendo los resultados de tracción entre el área de corte transversal inicial de la muestra de ensayo (es decir, los datos de tracción resultantes tienen las unidades de N/mm²). Esta normalización permitió una comparación de material frente a material sin necesidad de estandarizar las dimensiones físicas de las muestras de ensayo.
- 15 Finalmente, se llevó a cabo una comparación de resistencia frente a peso de base entre los productos convencionales de Tensar HDPE UX y las muestras estiradas y perforadas de PET de 20 cm x 25 cm (8" x 10 ").
- 20 Para el ensayo de deformación plástica, se suspendieron muestras de relación de estiramiento de 5,3:1 bajo una carga a temperatura ambiente en un laboratorio de control de calidad. Se suspendió una muestra bajo una carga que correspondía a un 60 % de resistencia de tracción final (Figura 2), y se suspendió una segunda muestra bajo una carga que correspondía a un 70 % de resistencia de tracción final (Figura 3).
- 25 Los datos de ensayo de resistencia de tracción asociados con las muestras de relación de estiramiento de 5,3:1 se presentan en las Figuras 6 y 7. Un resumen de los datos representativos de las Figuras 6 y 7 se presenta en las Figuras 8 y 9. La Figura 8 presenta valores representativos de resistencia específica para cada tipo de polímero en condiciones de relación de estiramiento máxima y de no estiramiento.
- 30 Dado que la lámina de partida de PET de 3 mm de espesor proporcionó la resistencia específica máxima entre las muestras resumidas en las Figuras 6-8, las muestras de lámina de partida de CPET de 3 mm se estiraron uniaxialmente a diversas relaciones desde 3,1:1 hasta 5,3:1. Estos resultados se muestran en las Figuras 10 y 11. A partir de estos datos, resulta evidente que para la lámina de partida de CPET de 3 mm existe una relación sustancialmente lineal entre la relación de estiramiento y la resistencia específica de tracción (véase la Figura 11).
- 35 Como resulta evidente a partir de los resultados presentados en la presente memoria, CPET es un buen candidato para la fabricación de rejillas integrales estiradas uniaxialmente y sometidas a extrusión debido a su resistencia específica elevada y mejores características de deformación plástica. A relaciones de estiramiento comparables, CPET exhibe casi el doble de resistencia específica de HDPE. Es decir, como resulta evidente a partir de la Figura 8, la muestra HDPE 2 (espesor inicial de 2,9 mm), tiene una resistencia específica de 163 N/mm², mientras que la muestra CPET 4 (espesor inicial de 3 mm) tiene una resistencia específica de 373 N/mm².
- 40 Dado que las láminas de partida de APET cristalizan durante la operación de estiramiento en caliente, las láminas de partida de APET pueden lograr una resistencia específica similar a la HDPE. Pero, la cristalización requerida asociada al estiramiento caliente de las láminas de partida de APET hace que el procedimiento sea lento y más costoso. Además, las láminas de partida de CPET se prefieren claramente para la presente invención.
- 45 Las láminas de partida de PETG no mostraron ninguna diferencia significativa entre las muestras estiradas y no estiradas incluso a una relación de estiramiento de 8,5:1.
- 50 Como resulta evidente a partir de las Figuras 2 y 3, las primeras 5600 horas de datos de deformación plástica muestran que existe una deformación mínima asociada a las muestras de CPET. Es decir, la deformación es únicamente de un 0,78 % a una carga de 60 %, y de 1,34 % a una carga de 70 %.
- 55 Otro ensayo demostró la capacidad para preparar una rejilla a partir de una lámina de CPET que tenía un espesor inicial de 1,4 mm. En primer lugar se perforó la muestra, después se estiró hasta una relación de estiramiento de 4,25:1, y finalmente se colocó bajo una carga de un 60 % de resistencia a la tracción final. Como resulta evidente a partir de la Figura 12, los datos de deformación plástica para la muestra de 1,4 mm para las primeras 2000 horas muestran una deformación de solo aproximadamente un 2,4 %.
- Mientras que la rejilla de PET integral de la presente invención exhibe las características ventajosas anteriormente mencionadas, PET en general puede ser susceptible de hidrólisis durante el procesado en húmedo y el uso final. PET se hidroliza mediante determinados ácidos y mediante todas las bases fuertes, incluyendo algunas bases orgánicas. Los factores que pueden llevar a cabo esta hidrólisis incluyen el grupo terminal carboxilo ("CEG"), peso molecular, cristalinidad, orientación, área superficial, temperatura, nivel de pH y la presencia de cationes. Véase la Figura 14, que resume la resistencia química relativa de diversos polímeros formadores de fibras usados en geotextiles, y la Figura 15, que resume el efecto del pH sobre la resistencia a la tracción de diversos polímeros de geotextil.

- Por ejemplo, una fuente bibliográfica ha propuesto que la hidrólisis de PET es proporcional a la raíz cuadrada de la concentración de CEG. I.M. Ward, Mechanical Properties of Solid Polymers, Wiley Interscience, Nueva York, 1971. El peso molecular afecta inversamente a la concentración de CEG. Además, un PET de peso molecular elevado es menos susceptible de hidrólisis. La orientación también puede aminorar el efecto hidrolítico ya que reduce la velocidad de difusión del penetrante.
- 5 De este modo, no existen aditivos específicos que puedan retardar la hidrólisis en los materiales de PET, pudiéndose manipular una o más de las variables de CEG anteriormente mencionadas, peso molecular, cristalinidad, orientación, área superficial, temperatura, pH y presencia de cationes, para mejorar la resistencia a la hidrólisis.
- 10 Lo anterior se considera únicamente ilustrativo de los principios de la invención. Además, dado que los expertos en la técnica apreciarán numerosas modificaciones y cambios de manera sencilla, no se desea limitar la invención a la construcción exacta y operación descritas y mostradas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una georejilla polimérica integral formada por estiramiento uniaxial o biaxial y orientación de un material de tipo lámina que tiene una serie de perforaciones o indentaciones en una pluralidad de hebras orientadas e interconectadas que tienen una serie de aberturas en las mismas, **caracterizada porque** dicho material de tipo lámina y dicha georejilla polimérica están formadas por poli(tereftalato de etileno).
2. La georejilla polimérica integral de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el material de poli(tereftalato de etileno) de tipo lámina se estira biaxialmente y se orienta para formar una georejilla que tiene hebras longitudinales orientadas molecularmente y hebras transversales orientadas molecularmente interconectadas mediante juntas orientadas que definen aberturas de rejilla generalmente cuadradas o rectangulares.
- 10 3. La georejilla polimérica integral de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el poli(tereftalato de etileno) es un homopolímero o un copolímero.
4. La georejilla polimérica integral de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el poli(tereftalato de etileno) está seleccionado entre el grupo que consiste en poli(tereftalato de etileno) amorfo, poli(tereftalato de etileno) cristalino y poli(tereftalato de etileno) glicol.
- 15 5. La georejilla polimérica integral de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el material de poli(tereftalato de etileno) de tipo lámina se estira uniaxialmente y se orienta para formar una rejilla generalmente cuadrada o rectangular de hebras orientadas sustancialmente paralelas y un conjunto de barras sustancialmente paralelas generalmente en ángulo recto con respecto a las hebras, en la que un extremo de cada hebra está orientado en el interior de las hebras adyacentes de dichas barras paralelas.
- 20 6. La georejilla polimérica integral de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la rejilla está configurada con fines de refuerzo estructural o de construcción.
7. La georejilla integral de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el material de tipo lámina tiene un espesor inicial de al menos aproximadamente 1,4 mm, y en la que dicho material de partida de tipo lámina y dicha georejilla integral están formados por poli(tereftalato de etileno).
- 25 8. La georejilla integral de acuerdo con la reivindicación 7, en la que las hebras de poli(tereftalato de etileno) incluyen hebras orientadas sustancialmente en sentido transversal interconectadas mediante hebras orientadas sustancialmente en sentido longitudinal.
9. Un material de partida para fabricar una georejilla polimérica integral formada por un material de tipo lámina que tiene orificios o depresiones en el mismo, que proporcionan aberturas cuando el material de tipo lámina se estira uniaxial o biaxialmente, **caracterizada porque** dicho material de tipo lámina está formado por poli(tereftalato de etileno).
- 30 10. El material de partida de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el poli(tereftalato de etileno) es poli(tereftalato de etileno) cristalino.
11. El material de partida de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el material de partida tiene un espesor inicial de al menos 1,4 mm.
- 35 12. El material de partida de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el material de partida tiene un espesor inicial de al menos 3 mm.
13. El material de partida de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el material de tipo lámina estriado exhibe una relación sustancialmente lineal entre la relación de estiramiento y la resistencia a la tracción específica.
- 40 14. Una construcción de suelo que comprende una masa de material particulado reforzado incrustando en el mismo una georejilla polimérica integral como en la reivindicación 1.
15. Un procedimiento de refuerzo de una masa de material particulado, que comprende incrustar en la masa de material particulado la georejilla polimérica integral de la reivindicación 1.
- 45 16. Un procedimiento de fabricación de una georejilla polimérica integral formada mediante estiramiento y orientación de un material de partida de tipo lámina que tiene orificios o depresiones en la misma, para proporcionar una pluralidad de hebras orientadas e interconectadas y para configurar los orificios o depresiones como aberturas de georejilla, **caracterizado porque** dicho material de partida de tipo lámina y dicha georejilla polimérica integral están formados por poli(tereftalato de etileno).
17. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 16, en el que el material de partida de tipo lámina de poli(tereftalato de etileno) se orienta mediante estiramiento uniaxial o biaxial.
- 50 18. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 16, en el que el poli(tereftalato de etileno) es poli(tereftalato de

etileno) cristalino.

19. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 18, en el que el material de partida de tipo lámina tiene un espesor inicial de al menos 3 mm.

5 20. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 16, que además comprende una etapa de manipular una variable asociada al poli(tereftalato de etileno) para mejorar la resistencia de la rejilla integral frente a la hidrólisis, estando seleccionada la variable entre el grupo que consiste en grupo terminal de carboxilo, peso molecular, cristalinidad, orientación, área superficial, temperatura, pH y presencia de cationes.

10 21. Un procedimiento de proporcionar una construcción de georejilla por medio de estiramiento uniaxial o biaxial de un material de partida de tipo lámina que tiene orificios o depresiones en la misma para proporcionar una georejilla integral que tiene una pluralidad de hebras orientadas y una pluralidad de aberturas de rejilla, e incrustando la georejilla integral en una masa de material particulado, **que se caracteriza porque** dicho material de partida de tipo lámina y dicha georejilla integral están fabricados por poli(tereftalato de etileno) cristalino.

FIG. 1

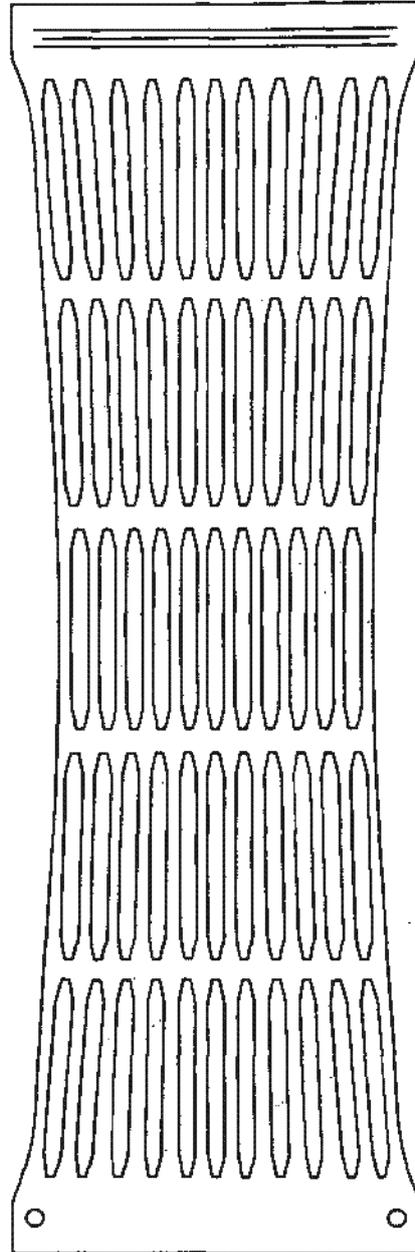


FIG. 2

CPET 3 mm#1, 60 % de Carga

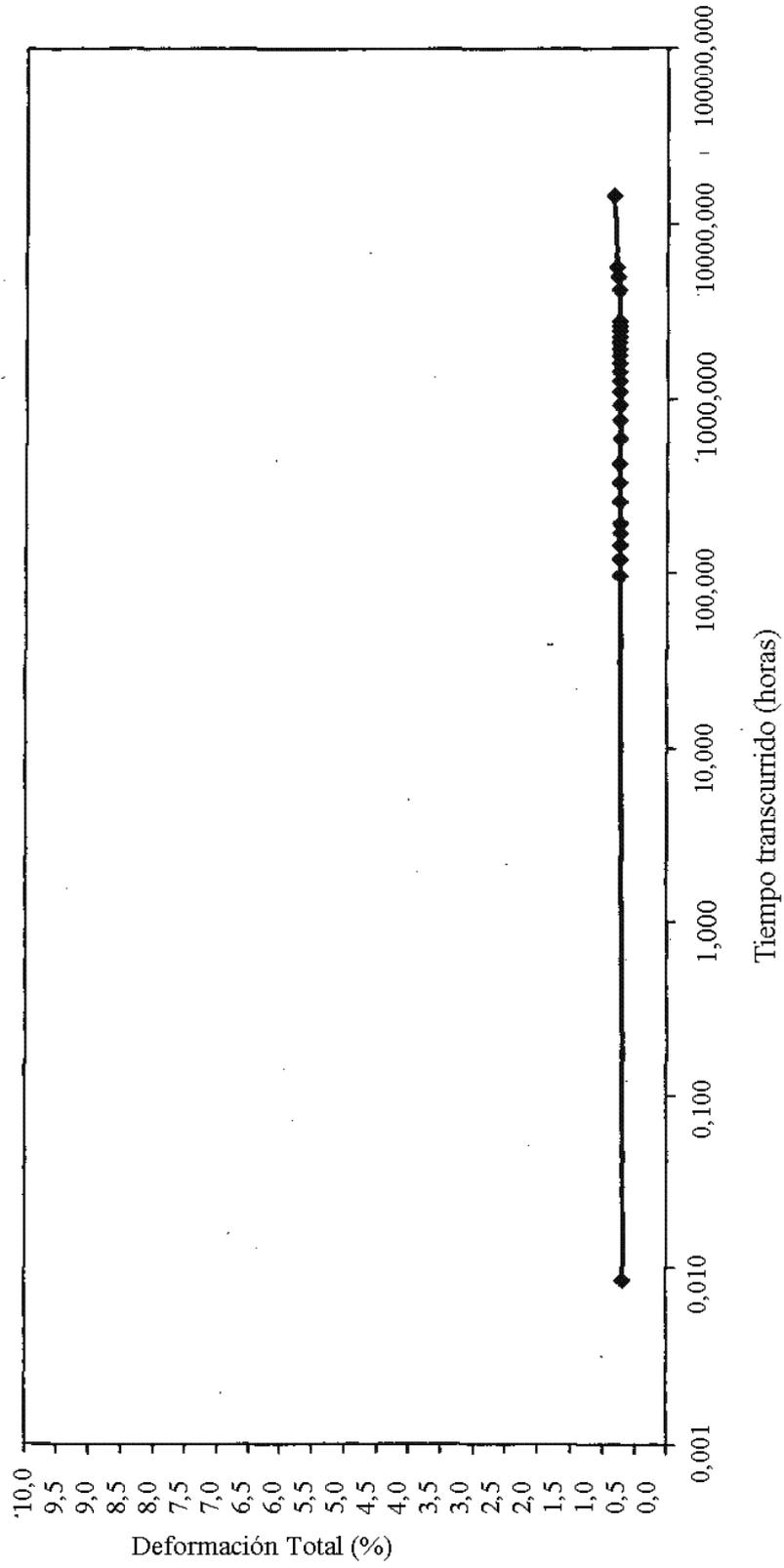


FIG. 3

CPET 3 mm#2, 70 % de Carga

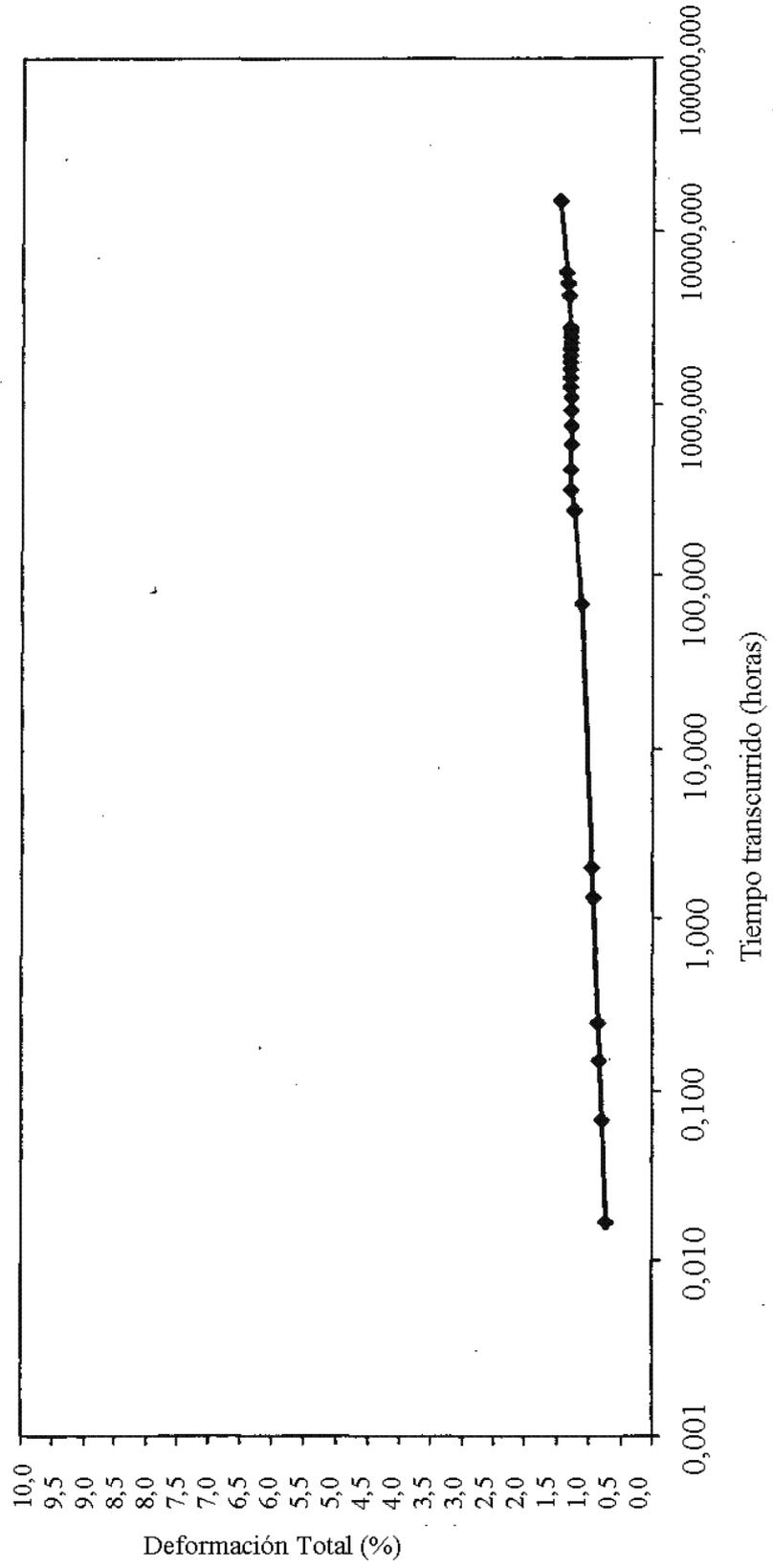
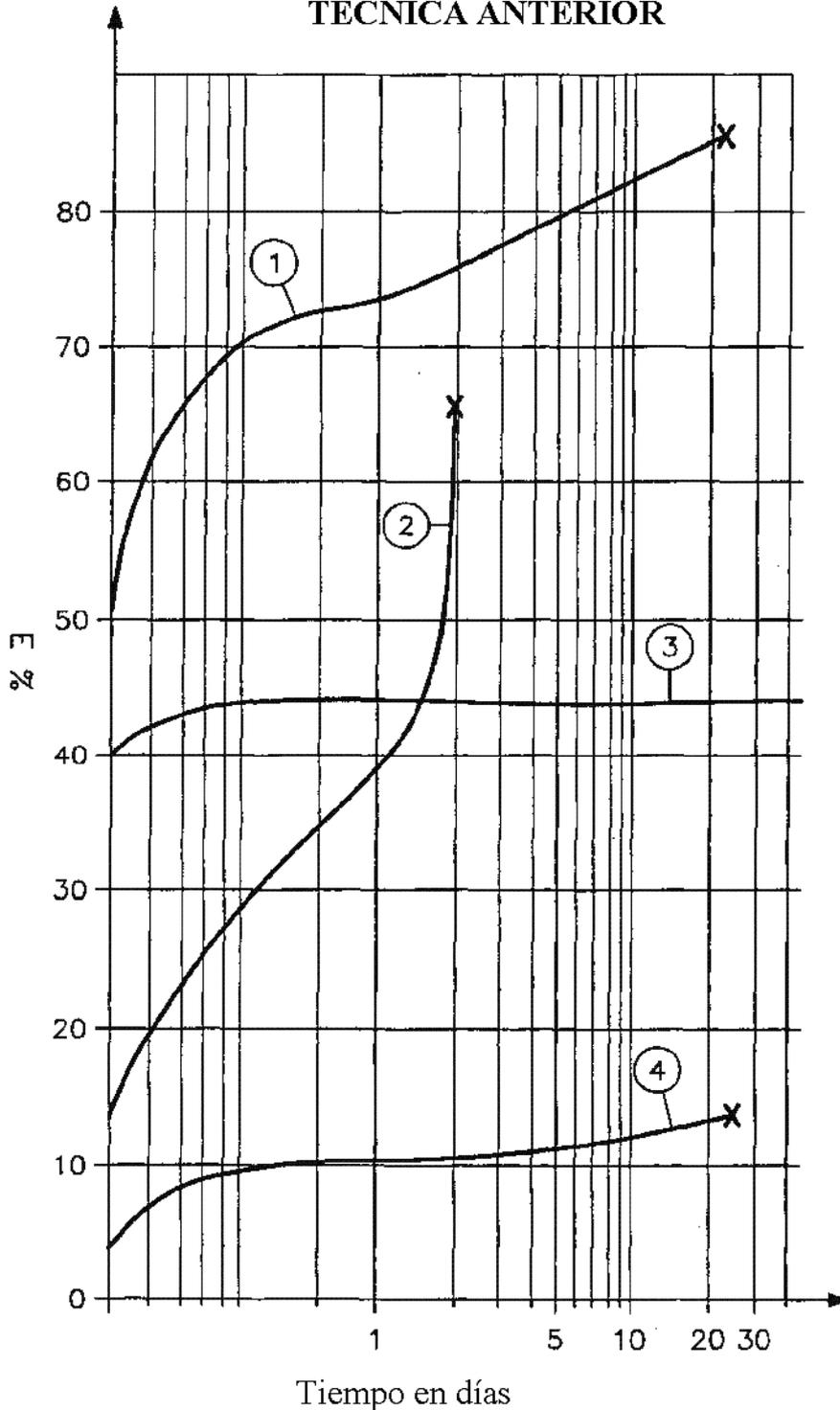


FIG. 4

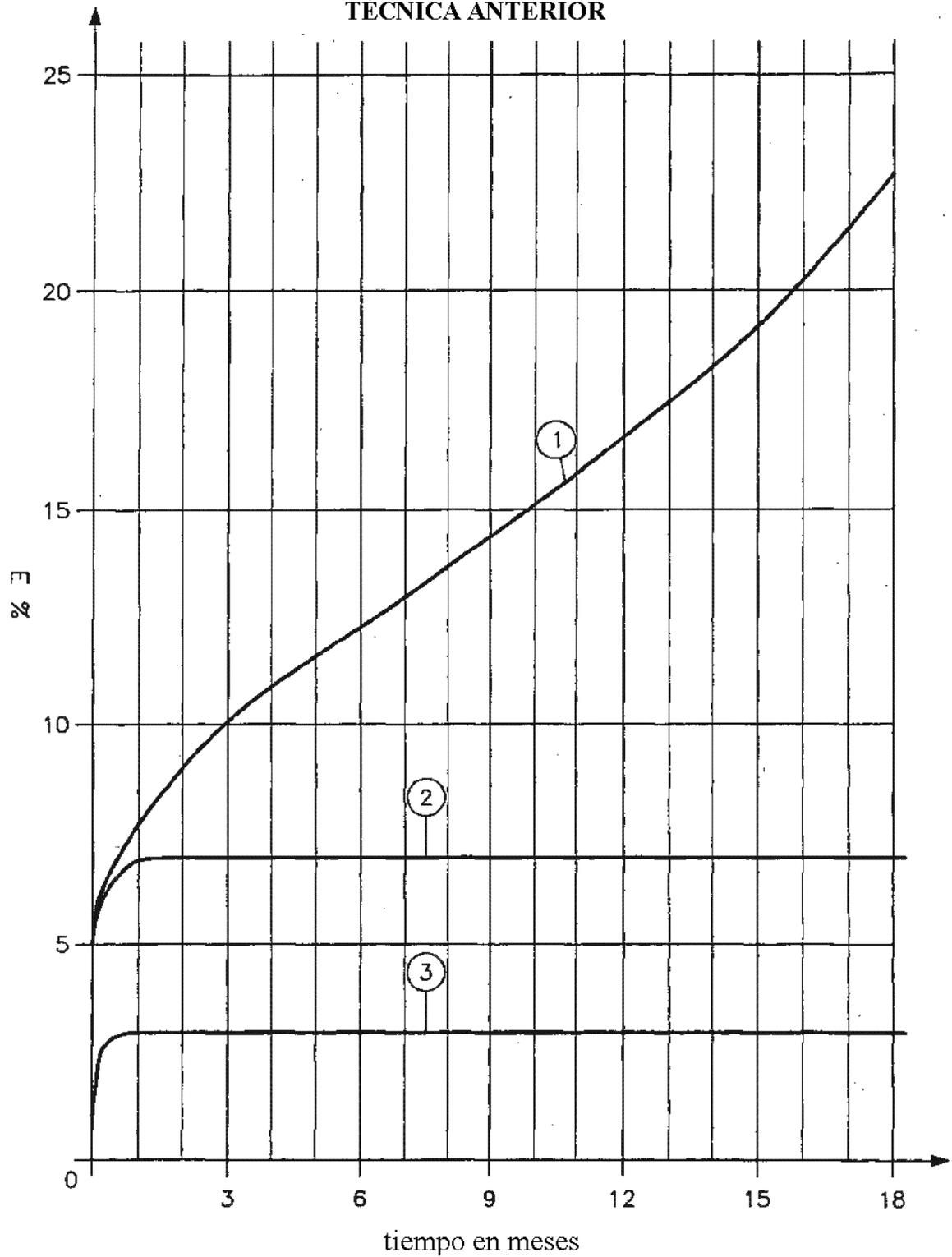
TÉCNICA ANTERIOR



Curvas comparativas de deformación plástica bajo 40 % de carga final para (1) material textil de polipropileno agujeteado no tejido; (2) material textil de polipropileno tejido; (3) material textil agujeteado no tejido; (4) material textil de polipropileno termo ligado no tejido.

FIG. 5

TÉCNICA ANTERIOR



Curvas de deformación plástica para (1) polipropileno, (2) poliamida, (3) filamentos de poliéster.

FIG. 6

Tabla 1
Resultados de Ensayo

Variante	Carga Pk Newtons (N)	Muestra de Ensayo Area seccional-X (mm ²)	Resistencia a tracción específica (N/mm ²)	Comentarios
HDPEUS21-2	1329	59,56	22,31	HPDE no estiramiento, 21 mm de ancho, 1,84 mm de espesor
HDPEUS21-1	1311	57,4	22,8	Mismo que anterior.
HDPEUS-2	2457	101,1	24,3	HPDE no estiramiento, 38,5 mm de ancho, 1,84 mm de espesor
HDPEUS-1	1417	9,277	152,74	Banda de 36,5 mm estirada 4:1, termofijado
HDPEUS247-1	1154	7,06	163,4	Perforación diablo 3/8"-5/8", estiramiento 4:1
HDPEUS20-1	1229	11,29	108,8	Banda de 20 mm estirada 4:1
HDPEUS-1	2175	20,59	105,6	Banda de 36,5 mm (2,8 mm de espesor), estirada 4:1
APETUS385	4602	70,84	64,96	Muestra no estirada de 38,5 mm de ancho
APETUS21-1	2409	39,28	61,33	Muestra no estirada de 21 mm de ancho
APETUS385-3	1188	15,47	76,6	Ancho de 38,5 mm estiramiento 5,5:1
APETS247-2	535	7,31	73,18	Perforación diablo 3/8"-5/8" (0,95-1,58 cm) estiramiento 4:1, muestra de nervio TD (SR 4,5:1)
APETS247-1	686	12,59	54,48	Perforación diablo 3/8"-5/8", estiramiento 4:1, muestra de nervio perforado (SR 2,25:1)
APETS20-1	482	8,84	54,52	Estiramiento 10:1, a partir de sección-X de 70,84 mm ²
APETS10-a-1-1	176	3,125	56,32	Estiramiento de 5:1, longitud de 158 mm entre nervios estirados a lo largo de md. Círculo perforado
APETCS-R-1	432	6,56	65,8	Estiramiento 5:1, Parte de nervio de estructura de círculo perforado. Longitud de tira 46 mm
APETCS-C-1	401	7,33	54,7	Estiramiento 5:1 Longitud de nervio 121 mm. Círculo perforado
				Estiramiento 5,66:1 de color blanco debido a que tiene una orientación tal que se produce la cristalización
APETS20-C1	2436	13,45	181,8	Temperatura 60 grados centígrados
APETS20-C2	2419	13,89	174,1	Mismo que anterior.
CPETUS	21789	276,8	78,7	CPET (PET cristalino de ¼ pulgada (0,635 cm) de espesor procedente de plásticos modernos), muestra con forma de hueso de perro
CPETS	8091	42,8	189	CPET perforado con perforación diablo de 3/8"-5/8" (0,95-1,58 cm), estirado a 153 °C, 15 min de inmersión, relación 2,35:1
CPETS2	19198	75,47	254,4	CPET, hueso de perro, estiramiento 3,56:1 95 grados centígrados a 8 minutos.
PETGUS-1	12516	245,65	50,95	Muestra con forma de hueso de perro
PETGS-1	1606	20,62	77,6	Estiramiento de 8,56:1 usando perforación diablo de 3/8"-5/8" (0,95-1,58 cm). Nervios sometidos a ensayo, apertura media de 136 mm.
CPETS3-205-1	8.503	26,22	197	Primera muestra de ensayo 4:1 sacada de los elementos de sujeción, sin ruptura. Segunda muestra de ensayo deslizada finalmente pero una vez que la fuerza de fijación había aumentado hasta el sistema máximo psig. También tras alcanzar 8503 newton de carga
CPETS3-20-1	4013	24,68	162,6	3,5:1
CPETS3-205-2	8483	29,42	288	4,0:1
CPETS3-205-3	8693	24,55	354	Muestra 2 rota 11,023 newton pero no se usaron los datos.
CPETS-3-205-4,25:1	9923	26,57	373,5	4,25:1 @ 125 grados centígrados
CPETS-CP-R-1	1933	6,55	295	Círculo perforado
CPETS3-230-QT2-R-1	2095	10,66	196,6	3,1:1 DR estirado en 4/12/06 a 125 grados centígrados
CPETS3-203-QTZ-R-3	2482	6,95	357	4,4:1 @ 160 grados centígrados sometido a ensayo en 4/20 y 4/21/08
CPETS3-205-QT2-R-5	2436	8,9	301	4,17:1
CPETS3-205-QT2-R-6	2104	10,28	205	3,27:1 140 grados centígrados, cambio velocidad = 0,148 mpm fecha 4-14-06
CPET 3mm hueso de perro	1577	4,11	384	Mini muestras de hueso de perro, longitud del indicador 40 mm, 180 C en caja caliente, 15 min, 5,3:1

FIG. 7
Resistencia Especifica (N/mm²)

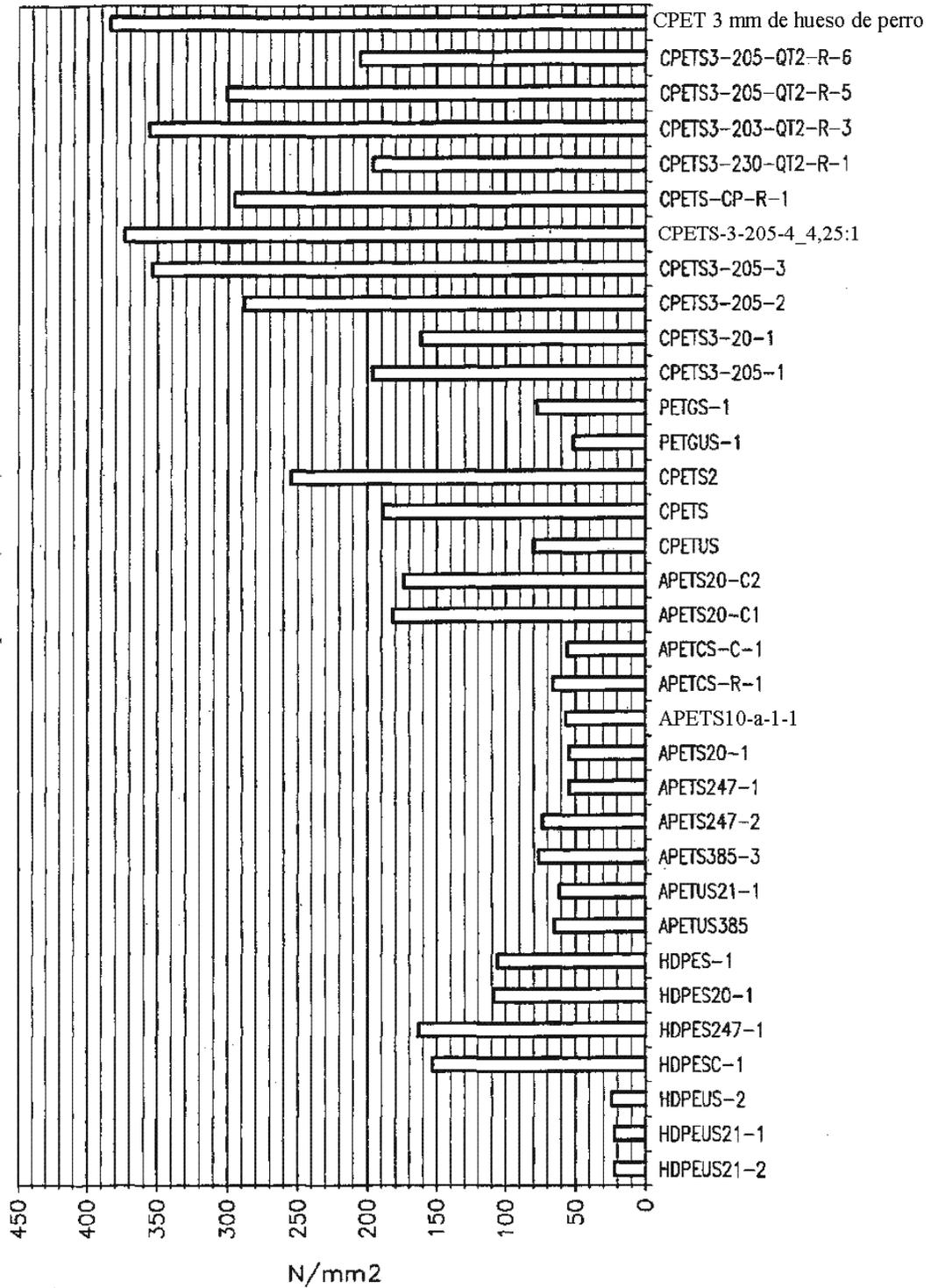


FIG. 8

Tabla 2

Resistencia Específica Representativa de Diferentes Muestras

<u>Muestra</u>	<u>Descripción</u>	<u>N/mm2</u>	<u>Comentarios</u>
HDPE-1	No estirado	23	2,9 mm de espesor
HDPE-2	Perforado/Estirado	163	2,9 mm de espesor
APET-1	No estirado	61	3 mm de espesor
APET 2	Perforado/Estirado	63	3 mm de espesor
APET 3	Perforado/Estirado/Cristalizado	178	3 mm de espesor
CPET 1	No estirado	78	6 mm de espesor
CPET 2	Perforado/Estirado	254	6 mm de espesor
CPET 3	No estirado	63	3 mm de espesor
CPET 4	Perforado/Estirado	373	3 mm de espesor
CPET 5	Mino hueso de perro_estirado	384	3 mm de espesor
PETG 1	No estirado	51	3 mm de espesor
PETG 2	Perforado/Estirado	78	3 mm de espesor

FIG. 10

Efecto de la Relación de Estiramiento sobre la Resistencia Específica

CPET 3 mm

<u>Relación de Estiramiento</u>	<u>Resistencia Específica (N/mm2)</u>
3,1	197
3,27	205
4,17	301
4,4	357
5,3	384

FIG. 9

Resistencia Específica Representativa (N/mm²)

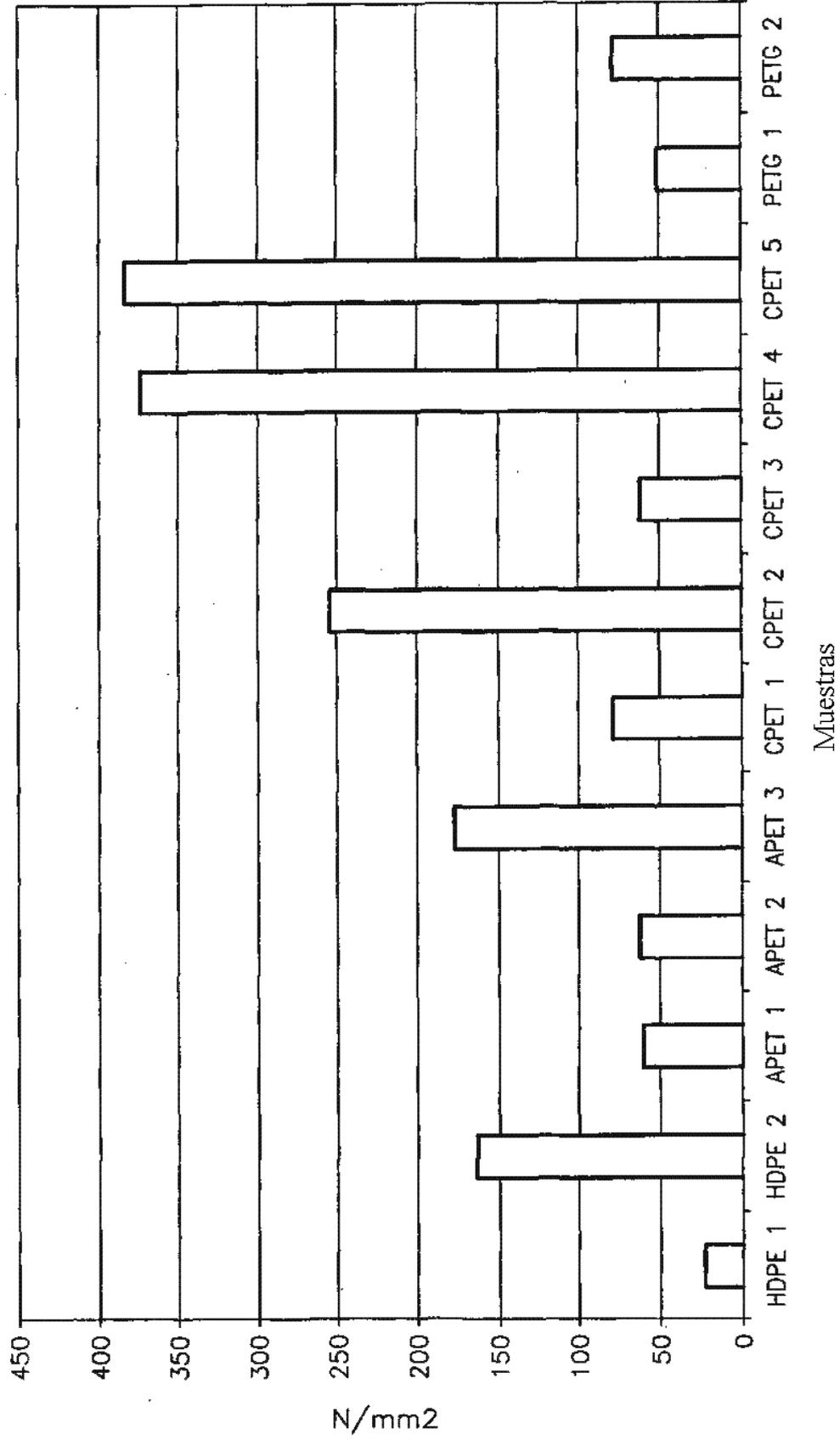


FIG. 11

Relación de Estiramiento vs. Resistencia Específica (N/mm²)

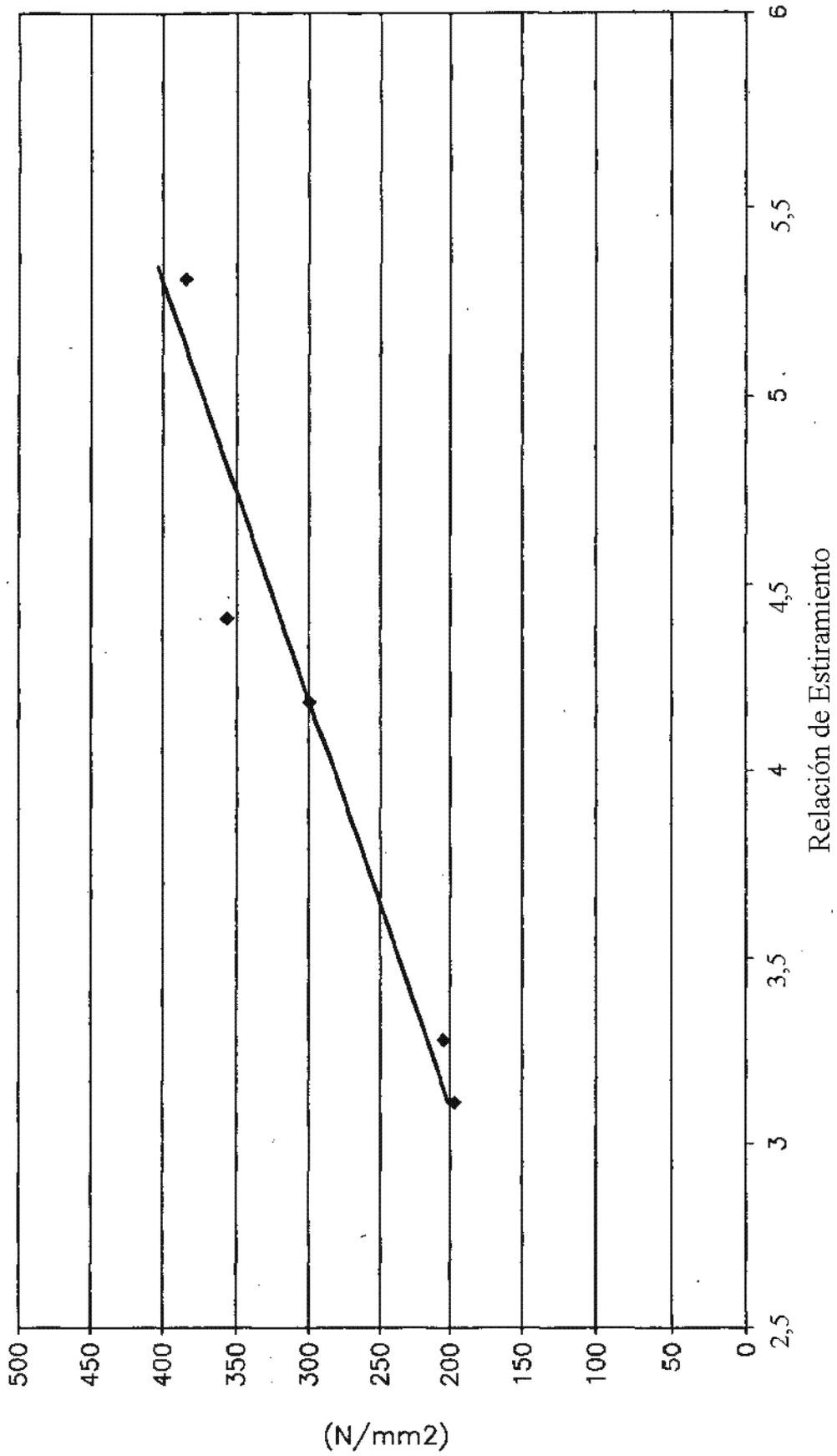


FIG. 12
CPET 55 mil (1,4 mm) Relación de Estiramiento 4,25:1 Rig #24

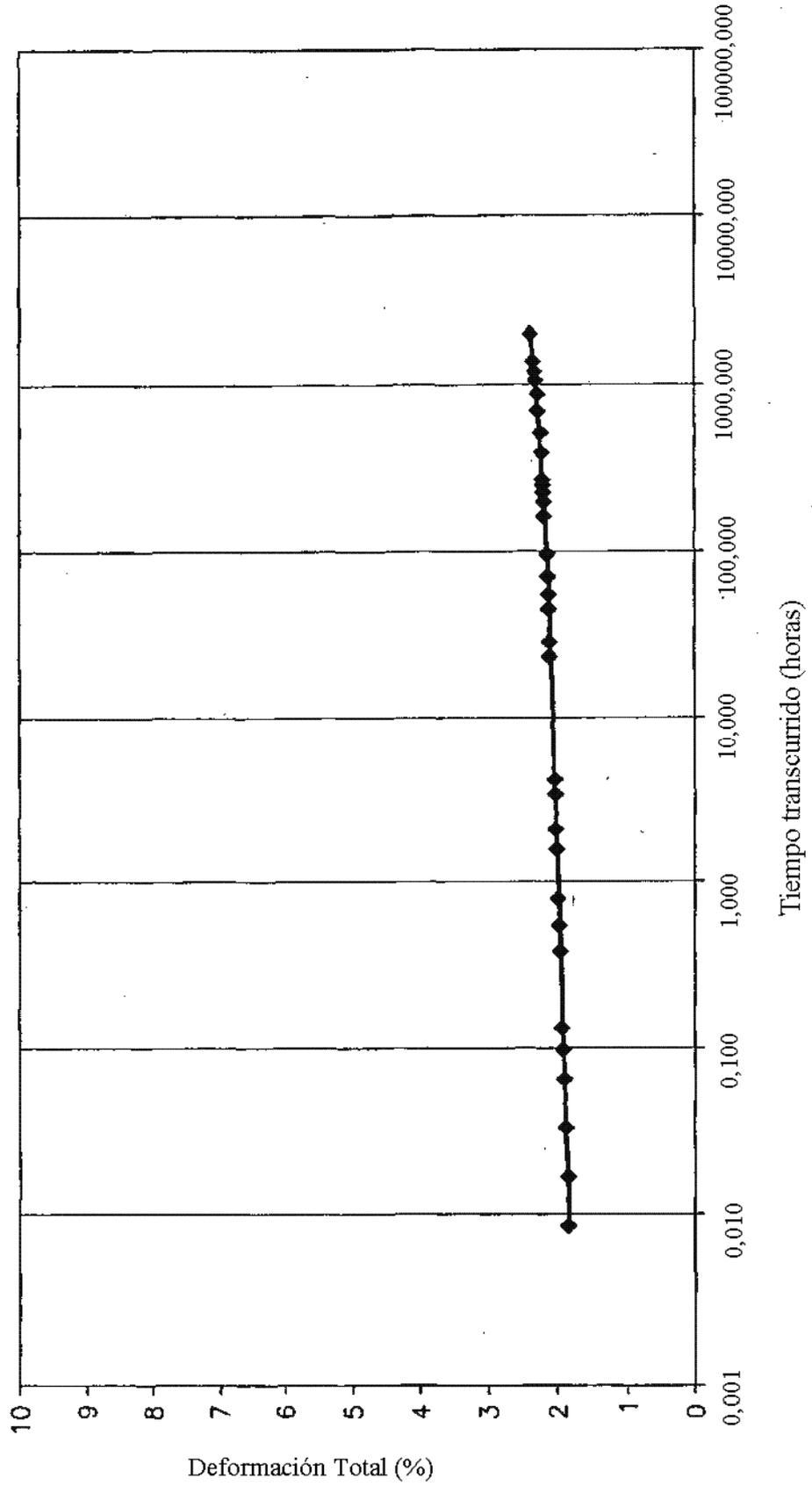


FIG. 13
TÉCNICA ANTERIOR

Comparación de Algunas Propiedades Básicas de Diferentes Polímeros Usados para Producir Fibras Cortas, Filamentos Continuos y Cintas Orientadas que son Candidatos a Uso en Geotextiles^o

Propiedad de polímero	PA	N6	N6,6	PET	PP	LDPE	HDPE
Densidad, kg m ⁻³	1450	1140	1140	1380	900-910	920-930	940-960
Cristalinidad, %	90	60	60	30-40	60-70	40-55	60-80
T _g , °C	340	30-60	30-60	75	-15 a 10	-100	-100
T _m , °C	550	215-220	250	250-260	160-165	110-120	125-135
Adsorción de agua a 20 °C, 65 % de HR	0-4	0-4	0-4	0-4	0	0	0
Resistencia a la tracción (seco), N mm ⁻²	2760	700-900	700-900	800-1200	400-600	80-250	350-600
Deformación de Brenking (seco), %	2,6	18-25	15-28	8-15	10-40	20-80	10-45
Resistencia a la tracción (húmedo), N mm ⁻²	--	600-800	600-800	800-1200	400-600	80-250	350-600
Deformación de Brenking (húmedo), %	--	20-30	18-30	8-15	10-40	20-80	10-15

Leyenda: PA, para-aramida (por ejemplo, Kevlar 49); N6, nailon 6; N6,6, nailon 6,6; PET, poliéster; PP, polipropileno; LDPE, polietileno de baja densidad (usado principalmente como polímero de enlace/encapsulado); HDPE, polietileno de alta densidad; T_g, temperatura de transición de segundo orden; T_m, temperatura de fusión.

FIG. 14 TÉCNICA ANTERIOR

Resistencia Química Relativa de Polímeros Formadores de Fibra Usados en Geotextiles^o

Polímero	Nailon		PET		PP		PE	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Sustancia química	A	B	A	B	A	B	A	B
Ácido diluido	2	1	3	2	3	3	3	3
Ácido concentrado	1	0	1	0	3	2	3	2
Álcali diluida	3	2	3	1	3	3	3	3
Álcali concentrada	1	0	1	0	3	3	3	3
Sal (salmuera)	3	3	3	3	3	3	3	3
Aceite mineral	3	3	3	3	2	1	2	1
UV	2	1	2	1	1	0	1	0
UV (estabilizado)	3	2	3	2	3	2	3	2
Calor (seco), 100 °C	3	2	3	3	3	2	3	1
Vapor, 100 °C	3	2	1	0	1	0	1	0
Absorción de humedad	3	3	3	3	3	3	3	3
Tendencia a la deformación plástica	3	2	3	3	2	1	2	1

Leyenda: A, corto plazo, instalación; B, largo plazo, uso; PET, poliéster; PP, polipropileno; PE, polietileno; 0, sin resistencia; 1, resistencia moderada; 2, resistencia pasable; 3, resistencia buena.

FIG. 15 TÉCNICA ANTERIOR

Resultados de Diversos Ensayos de Tracción de Tejidos Geotextiles
(Expresados en Porcentaje de Resistencia a Exposición de Tiempo Cero)^o

Tiempo de Exposición (días)	PP tejido	PVC tejido	PET agujeteado no tejido	PP agujeteado no tejido	PET termofijado no tejido	PP termofijado no tejido
(a) Agua corriente, pH = 7						
0	100	100	100	100	100	100
1	97	100	100	83	96	102
4	86	92	100	83	104	102
7	95	110	100	110	110	101
14	100	98	97	93	96	92
28	91	110	97	100	93	90
42	91	110	100	100	100	106
63	95	99	100	92	110	99
96	100	110	100	98	97	96
120	103	109	110	110	94	93
(b) Solución de CaO, pH = 10						
0	100	100	100	100	100	100
1	96	99	100	98	100	105
4	93	99	100	100	110	126
7	110	120	99	100	110	97
14	97	110	99	100	94	92
28	110	110	99	100	90	102
42	110	120	93	90	95	111
63	110	130	92	100	92	105
96	110	120	94	100	94	99
120	100	110	91	100	94	92
(c) Solución de CaO, pH = 12						
0	100	100	100	100	100	100
1	110	110	97	89	91	111
4	96	120	95	87	94	92
7	110	110	96	100	95	86
14	110	110	94	99	88	114
28	100	110	92	93	92	101
42	96	100	74	94	86	85
63	100	110	73	85	82	104
96	98	100	70	92	80	110
120	97	100	70	110	80	89