

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 884 808**

51 Int. Cl.:

B29C 70/24 (2006.01)

B29B 11/16 (2006.01)

D03D 25/00 (2006.01)

D03D 11/02 (2006.01)

B29C 70/54 (2006.01)

B29K 105/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.12.2009 PCT/US2009/069235**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.07.2010 WO10078157**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2009 E 09803965 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.06.2021 EP 2382082**

54 Título: **Preforma tejida con refuerzos fuera del eje integrales**

30 Prioridad:

30.12.2008 US 346576

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

13.12.2021

73 Titular/es:

**ALBANY ENGINEERED COMPOSITES, INC.
(100.0%)
112 Airport Drive
Rochester, NH 03867, US**

72 Inventor/es:

GOERING, JONATHAN

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 884 808 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

Preforma tejida con refuerzos fuera del eje integrales

Antecedentes de la invención

5 Campo de la invención

Esta invención se refiere en general a preformas tejidas y en particular se refiere a preformas tejidas utilizadas en materiales compuestos reforzados, que pueden tejerse en plano y doblarse en su forma final, la forma final tiene refuerzo en dos o más direcciones.

Descripción de la técnica previa

10 El uso de materiales compuestos reforzados para producir componentes estructurales está ahora muy extendido, particularmente en aplicaciones donde se buscan sus características deseables de ser livianas, fuertes, tenaces, térmicamente resistentes, autosustentables y adaptables a ser formadas y moldeadas. Dichos componentes se utilizan, por ejemplo, en aplicaciones aeronáuticas, aeroespaciales, satelitales, recreativas (como en barcos de carreras y automóviles) y otras aplicaciones.

15 Normalmente, dichos componentes consisten en materiales de refuerzo incrustados en materiales de matriz. El componente de refuerzo puede estar hecho de materiales tales como vidrio, carbono, cerámica, aramida, polietileno y/u otros materiales que exhiban propiedades físicas, térmicas, químicas y/o de otro tipo deseadas, entre las que se encuentra la gran resistencia contra la rotura por tensión. Mediante el uso de dichos materiales de refuerzo, que finalmente se convierten en un elemento constituyente del componente terminado, las características deseadas de los materiales de refuerzo, tales como una resistencia muy alta, se imparten al componente compuesto terminado. Los materiales de refuerzo constituyentes por lo regular pueden ser tejidos, entretejidos u orientados de otro modo en configuraciones y formas deseadas para preformas de refuerzo. Por lo general, se presta especial atención para garantizar la utilización óptima de las propiedades para las que se han seleccionado los materiales de refuerzo constituyentes. Por lo general, tales preformas de refuerzo se combinan con material de matriz para formar los componentes terminados deseados o para producir material de trabajo para la producción final de componentes terminados.

25 Después de que se ha construido la preforma de refuerzo deseada, se puede introducir material de matriz en la preforma y dentro de ella, de modo que por lo regular la preforma de refuerzo quede encerrada en el material de matriz y el material de matriz llene las áreas intersticiales entre los elementos constituyentes de la preforma de refuerzo. El material de la matriz puede ser cualquiera de una amplia variedad de materiales, tales como epoxi, poliéster, bismaleimida, viniléster, 30 cerámica, carbono y/u otros materiales, que también exhiben propiedades físicas, térmicas, químicas y/o de otro tipo deseadas. Los materiales elegidos para su uso como matriz pueden ser o no los mismos que los de la preforma de refuerzo y pueden tener o no propiedades físicas, químicas, térmicas o de otro tipo comparables. Sin embargo, normalmente no serán de los mismos materiales ni tendrán propiedades físicas, químicas, térmicas u otras comparables, ya que un objetivo habitual que se busca al usar compuestos en primer lugar es lograr una combinación de características en el producto terminado que no es alcanzable mediante el uso de un solo material constituyente. Así combinados, la preforma de refuerzo y el material de matriz pueden curarse y estabilizarse en la misma operación mediante termoendurecimiento u otros métodos conocidos, y luego someterse a otras operaciones para producir el componente deseado. Es importante señalar en este punto que después de haber sido curado de esta manera, las masas solidificadas del material de la matriz normalmente se adhieren muy fuertemente al material de refuerzo (por ejemplo, la preforma de refuerzo). Como resultado, la tensión sobre el componente acabado, particularmente a través de su material de matriz que actúa como un adhesivo entre fibras, puede ser transferida y soportada eficazmente por el material constituyente de la preforma de refuerzo.

45 Con frecuencia, se desea producir componentes en configuraciones que no sean formas geométricas simples como (propriadamente dichas) placas, láminas, sólidos rectangulares o cuadrados, etc. Una forma de hacerlo es combinar dichas formas geométricas básicas en las formas más complejas deseadas. Una de estas combinaciones típicas se realiza uniendo las preformas de refuerzo hechas como se describió anteriormente en un ángulo (por lo regular, un ángulo recto) entre sí. Los propósitos habituales de dichas disposiciones angulares de preformas de refuerzo unidas son crear una forma deseada para formar una preforma de refuerzo que incluya una o más paredes de extremo o intersecciones en "T", por ejemplo, o para fortalecer la combinación resultante de preformas de refuerzo y la estructura compuesta que produce 50 contra desviaciones o fallas al estar expuesto a fuerzas externas, como presión o tensión. En cualquier caso, una consideración relacionada es hacer que cada unión entre los componentes constituyentes sea lo más fuerte posible. Dada la muy alta resistencia deseada de los constituyentes de la preforma de refuerzo propiadamente dicho, la debilidad de la unión se convierte, efectivamente, en un "eslabón débil" en una "cadena" estructural.

55 Un ejemplo de una configuración de intersección se expone en la Patente de Estados Unidos No. 6 103 337. Esta referencia establece un medio eficaz para unir dos placas de refuerzo en forma de T.

En el pasado se han hecho varias otras propuestas para hacer tales coyunturas. Se ha propuesto formar y curar un elemento de panel y un elemento de refuerzo en ángulo separados entre sí, teniendo este último una sola superficie de contacto de panel o bifurcándose en un extremo para formar dos superficies de contacto de panel coplanar, divergentes. A continuación, los dos componentes se unen uniéndose adhesivamente la(s) superficie(s) de contacto del panel del elemento de refuerzo a una superficie de contacto del otro componente usando adhesivo termoendurecible u otro material adhesivo. Sin embargo, cuando se aplica tensión al panel curado o al revestimiento de la estructura compuesta, las cargas a valores inaceptablemente bajos dan como resultado fuerzas de "desprendimiento" que separan el elemento de refuerzo del panel en su interfaz, ya que la resistencia efectiva de la unión es la del material de matriz y no el adhesivo.

El uso de pernos o remaches metálicos en la interfaz de dichos componentes es inaceptable dado que tales adiciones destruyen y debilitan al menos parcialmente la integridad de las estructuras compuestas en sí mismas, agregan peso e introducen diferencias en el coeficiente de expansión térmica entre dichos elementos y el material circundante.

Otros enfoques para resolver este problema se han basado en el concepto de introducir fibras de alta resistencia a través del área de la unión mediante el uso de métodos tales como coser uno de los componentes al otro y confiar en el hilo de coser para introducir tales fibras de refuerzo en y a través del sitio de la unión. Un enfoque de este tipo se muestra en la patente de EE.UU. No. 4,331,495 y su contraparte divisional, la patente de EE.UU. No. 4,256,790. Estas patentes describen uniones que se han realizado entre un primer y un segundo panel compuesto hecho de capas de fibra unidas con adhesivo. El primer panel está bifurcado en un extremo para formar dos superficies de contacto de panel coplanar, divergentes de la manera de la técnica anterior, que se han unido al segundo panel mediante puntadas de hilo compuesto flexible sin curar a través de ambos paneles. A continuación, los paneles y el hilo se han "curado conjuntamente", es decir, se han curado simultáneamente. Otro método para mejorar la resistencia de la unión se expone en la patente de EE.UU. No. 5,429,853. Sin embargo, este método es similar a los métodos descritos anteriormente porque los elementos distintos contruidos por separado se unen mediante la costura de un tercer hilo o fibra entre los dos. Independientemente del enfoque que se utilice, la estructura resultante tendrá uniones relativamente débiles en las interfaces entre las piezas individuales y se requerirá una mano de obra sustancial para cortar y agrupar las capas individuales.

Si bien la técnica anterior ha buscado mejorar la integridad estructural del material compuesto reforzado y ha logrado el éxito, particularmente en el caso de la patente de EE.UU. No. 6,103,337, existe el deseo de mejorarlo o abordar el problema a través de un enfoque diferente del uso de adhesivos o acoplamientos mecánicos. En este sentido, un enfoque podría ser la creación de una estructura tridimensional ("3D") tejida por máquinas especializadas. Sin embargo, el gasto involucrado es considerable y rara vez es deseable tener una máquina de tejer dirigida a crear una estructura única. A pesar de este hecho, las preformas 3D que se pueden procesar en componentes compuestos reforzados con fibra son deseables porque proporcionan una mayor resistencia con respecto a los compuestos laminados bidimensionales convencionales. Estas preformas son particularmente útiles en aplicaciones que requieren que el material compuesto lleve cargas fuera del plano. Sin embargo, las preformas de la técnica anterior discutidas anteriormente han estado limitadas en su capacidad para soportar cargas elevadas fuera del plano, para ser tejidas en un proceso de telar automatizado y para proporcionar espesores variables de partes de la preforma.

Otro enfoque sería tejer una estructura bidimensional ("2D") y doblarla en forma 3D para que el panel se refuerce integralmente, es decir, los hilos se entrelazan continuamente entre la base plana o porción del panel y el refuerzo. Un ejemplo de una estructura tejida 2D que se pliega en forma 3D se describe en la Patente de Estados Unidos 6 874 543. Las preformas de fibra con formas estructurales específicas, como por ejemplo secciones transversales 'T', 'I', 'H' o 'Pi', se pueden tejer en un telar de lanzadera convencional, y varias patentes existentes describen el método de tejer tales estructuras (Patente de Estados Unidos No. 6,446,675 y Patente de Estados Unidos No. 6,712,099, por ejemplo). Otro enfoque para construir paneles reforzados se expone en la Patente de Estados Unidos No. 6,019,138, que describe un método para fabricar paneles reforzados con refuerzos tanto en la dirección de urdimbre como en la de relleno. Como se describe, este método logra el refuerzo en dos direcciones mediante sobretejido, o simplemente tejiendo puntos altos en la porción de panel de la preforma. Sin embargo, en toda la técnica anterior, las preformas se han construido de modo que los refuerzos tengan una orientación de 0 grados o +/-90 grados.

El documento US 2006/0121809 describe preformas tridimensionales tejidas integralmente con refuerzos en dos direcciones (0 y +/-90 grados con respecto a una urdimbre axial o dirección de fibra de trama) construidas a partir de una tela de base tejida que tiene la primera, segunda y tercera telas tejidas.

Breve descripción de la invención

Por consiguiente, existe la necesidad de una preforma tejida integralmente que proporcione refuerzo en dos o más direcciones que pueda tejerse en un proceso utilizando un telar convencional sin modificaciones especiales.

El alcance de la invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

La preforma se puede tejer usando cualquier patrón conveniente para la fibra de urdimbre, es decir, capa a capa, entrelazado de ángulo de espesor pasante, ortogonal, etc. Si bien se prefiere la fibra de carbono, la invención es aplicable a prácticamente cualquier otro tipo de fibra.

Para una mejor comprensión de la invención, sus ventajas operativas y los objetos específicos logrados por sus usos, se hace referencia a la materia descriptiva adjunta en la que las modalidades preferidas, pero no limitantes, de la invención se ilustran en los dibujos adjuntos en cuyos componentes correspondientes se identifican con los mismos números de referencia.

- 5 Los términos "que comprende" y "comprende" en esta descripción pueden significar "que incluye" e "incluye" o pueden tener el significado comúnmente dado al término "que comprende" o "comprende".

Breve descripción de los dibujos

- 10 Los dibujos adjuntos, los cuales incluyen proporcionar un entendimiento mayor de la invención, se incorporan y constituyen una parte de esta memoria descriptiva. Los dibujos presentados en la presente ilustran diferentes modalidades de la invención y junto con la memoria descriptiva sirven para explicar los principios de la invención. En los dibujos:

La figura 1 es una fotografía de una preforma tejida, de acuerdo con una modalidad de la invención.

La figura 2 es una fotografía de una preforma tejida que se corta y dobla de acuerdo con una modalidad.

La figura 3 es una simulación de papel de la preforma mostrada en la figura 2.

La figura 4 es un esquema de una preforma tejida, de acuerdo con una modalidad de la invención.

- 15 La figura 5 es un esquema de una preforma tejida, de acuerdo con una modalidad de la invención.

La figura 6 es un esquema de una preforma tejida, de acuerdo con una modalidad de la invención.

Las figuras 7- 15 son vistas transversales de una preforma tejida, de acuerdo con una modalidad de la invención.

Las figuras 16-18 son esquemas de una preforma tejida, de acuerdo con una modalidad de la invención.

Las figuras 19(a)-19(b) son simulaciones de papel de una preforma tejida, de acuerdo con una modalidad de la invención.

- 20 Las figuras 20(a)-20(c) son fotografías de una preforma tejida, de acuerdo con una modalidad de la invención. Las figuras 21(a)-21(d) son fotografías de una preforma tejida, de acuerdo con una modalidad de la invención. Las figuras 22(a)-22(b) son simulaciones de papel de una preforma tejida, de acuerdo con una modalidad de la invención. La figura 23 es un esquema de una preforma tejida, de acuerdo con una modalidad de la invención.

Descripción detallada de las modalidades preferidas

- 25 Esta descripción describe varias técnicas para tejer una preforma de fibra que se puede procesar en un componente compuesto que consiste en un revestimiento con refuerzos integrales en múltiples direcciones. Los tipos de estructuras descritos en esta descripción pueden usarse en estructuras aeroespaciales tales como paneles de alas, paneles de fuselaje y superficies de control, por ejemplo. Una de las técnicas de acuerdo con una modalidad ejemplar es particularmente adecuada para el caso donde los refuerzos forman hexágonos que proporcionan refuerzo en las
- 30 direcciones de 0° , $+60^\circ$ y -60° , y otra técnica de acuerdo con otra modalidad ejemplar es muy adecuada para proporcionar refuerzo en prácticamente cualquier dirección, es decir, los refuerzos pueden formarse prácticamente en cualquier dirección. El segundo enfoque se describirá para dos casos: 1) el caso donde los refuerzos forman hexágonos (es decir, refuerzo de $0/660^\circ$), y 2) el caso donde los refuerzos están en las direcciones de 645° . Este segundo caso también es apropiado para componentes más complicados, como rodillos en forma de 'I' o canales donde solo una parte de la
- 35 estructura requiere refuerzo fuera del eje; la red de un rodillo en forma de 'I', por ejemplo.

- Ambos enfoques superan una de las principales limitaciones de los revestimientos tejidos en 3D, a saber, que solo pueden proporcionar refuerzo en las direcciones de 0° y 90° . Esta configuración es relativamente débil cuando se carga en corte en el plano. La adición de refuerzos de 645° proporciona una ruta de carga adicional para soportar esta carga de corte, lo que aumenta la rigidez y la resistencia de la estructura. Las carcasas reforzadas $0/660^\circ$, por otro lado, proporcionan una
- 40 rigidez cuasi isotrópica en el plano del revestimiento. Ambas técnicas se basan en el intercambio de posiciones de pares de fibras de urdimbre y/o trama a medida que se tejen a través de la tela. En el primer enfoque, sin embargo, las fibras solo intercambian posiciones en una dirección, por ejemplo.

- Pasando ahora a las figuras, las figuras 1 y 2 son fotografías de una preforma ejemplar que se forma utilizando el enfoque anterior. La figura 1 muestra la preforma 100 en su etapa de tela a medida que sale del telar, y la figura 2 muestra la
- 45 misma preforma después de que la capa superficial de la tela ha sido cortada y la preforma 100 se pliega en su forma final. Las ubicaciones donde las fibras de trama intercambian posiciones 50 pueden verse como la serie de líneas horizontales cortas en la figura 1.

La tela de estas fotografías consiste, por ejemplo, en cuatro capas entrelazadas y una capa superficial. La capa superficial puede formar los refuerzos y las capas entrelazadas pueden formar el revestimiento. Algunas de las fibras de la trama en

la capa superficial, por ejemplo, intercambian posiciones con las fibras de la trama en la segunda capa entrelazada, bloqueando así la capa superficial al revestimiento. El espaciado de las fibras de la trama se puede diseñar de modo que los refuerzos formen un hexágono regular cuando la capa superficial se corta y se pliega. Por consiguiente, la invención de acuerdo con una modalidad ejemplar puede ser una preforma tejida para un sustrato con paredes laterales integrales formadas en una disposición hexagonal.

El objetivo aquí es tejer una preforma de una pieza que consiste en un sustrato con paredes laterales integrales que se puede formar en una matriz hexagonal. Las paredes laterales consisten en dos capas de tela que se doblan de manera perpendicular al sustrato. Una simulación de papel de una sección repetida 25 de la preforma 100 se muestra en la figura 3. Cabe señalar que hay una fibra continua entre el sustrato y las paredes laterales en dos de los seis lados de cada hexágono.

La preforma 100 se divide en nueve regiones 1-9, como se muestra en la figura 4. La dirección de la fibra 1 puede alinearse con la urdimbre o la trama, pero las paredes laterales que están conectadas integralmente al sustrato siempre serán paralelas a la dirección de la fibra 1. La preforma 100 incluye al menos dos capas, la capa 1 y la capa 2, por ejemplo, como se muestra en la figura 5. Las fibras en la dirección 1 siempre permanecen completamente dentro de una sola capa, pero las fibras en la dirección 2 cambian periódicamente de una capa a la siguiente en las intersecciones entre algunas regiones. Es útil definir varios grupos de fibras de dirección 2, como se muestra en la figura 5. Las fibras de dirección 2 en el Grupo A se tejen en la capa 1 en la región 1 y en la capa 2 en la región 2. De manera similar, las fibras de dirección 2 en el Grupo B se tejen en la capa 1 en la región 2 y en la capa 2 en la región 1. Relaciones similares se mantienen para las fibras de dirección 2 en los grupos E y F, e I y J. Por el contrario, las fibras de dirección 2 en los Grupos C y G siempre se tejen en la capa 1, y las fibras de dirección 2 en los Grupos D y H siempre se tejen en la capa 2.

Un ejemplo de arquitectura de fibra de acuerdo con una modalidad de la presente invención se muestra en la figura 6. Para fines de demostración, la dirección 1 se refiere a la dirección de la urdimbre y la dirección 2 se refiere a la dirección de la trama. Se han dibujado una serie de secciones transversales para aclarar las posiciones de varias fibras en cada región. La posición en el plano de cada corte transversal se muestra en la figura 6. Como se puede ver, los cortes de la sección transversal se ilustran en pares (es decir, A1-A1 y A2-A2, por ejemplo), de modo que todas las fibras de urdimbre necesarias para bloquear todas las fibras de trama podrían separarse en dos grupos.

Las posiciones a través del grosor de los cortes de sección transversal en la dirección de la trama se muestran en la figura 7, como ejemplo. Los círculos representan fibras de trama 60 que corren perpendiculares al ojo del espectador y las líneas continuas representan fibras de urdimbre 80. La figura 7 también muestra que hay cuatro capas, por ejemplo, en la preforma. La capa 1 consiste en una sola capa de tela, que no se intercambia con ninguna otra capa en esta sección transversal particular; sin embargo, hay intercambios en otras secciones transversales. Las capas 2, 3 y 4 están realmente entrelazadas. Las capas 2 y 4 se agregan simplemente para demostrar cómo se puede acumular el espesor del sustrato; sin embargo, no son necesarios para la práctica de la invención.

Las posiciones a través del grosor de los cortes de sección transversal en la dirección de urdimbre se muestran en la figura 8. En la figura 8, los círculos representan fibras de trama 80 que corren perpendiculares al ojo del espectador y las líneas continuas representan fibras de urdimbre 60. Las secciones transversales de urdimbre para el corte A-A se muestran en la figura 9. La fibra de urdimbre 80 en la capa 1 es continua en todas las regiones en todas las secciones transversales de urdimbre. Estas fibras de urdimbre se convierten en fibras longitudinales en las paredes laterales al plegarse. La fibra de urdimbre 80 en las capas 2, 3 y 4 es continua también en todas las regiones en todas las secciones transversales de urdimbre. Pueden añadirse capas adicionales para aumentar el grosor del sustrato, como resultará evidente para un experto en la técnica.

Se muestran secciones transversales similares para los cortes B-B, C-C y DD en las figuras 10-12, respectivamente. Las diferencias entre las secciones transversales A-A a D-D son las posiciones relativas de las fibras de trama 60 en las capas 1 y 3. Cabe señalar, sin embargo, que las fibras de trama 60 en las capas 1 y 3 no cambian de capa en las regiones 3 y 7.

Ahora, las secciones transversales de la trama se muestran en las figuras 13-15. Las fibras de trama 60 en las capas 2 y 4 permanecen en una sola capa en todas las secciones transversales de la trama. Con referencia a la columna de trama 1 para el corte de sección E-E en la parte superior de la figura 13, la fibra de trama 60 en la capa 1 en la región 1 se teje en la capa 3 en la región 2. La fibra de trama 60 en la capa 3 en la región 1 se teje en la capa 1 en la región 2. Las fibras de trama 60 en la capa 1 eventualmente se convierten en fibras transversales, con relación a la dirección longitudinal de los refuerzos, en las paredes laterales.

Como se mencionó anteriormente, las fibras de trama 60 en la región 3 y 7 no se tejen entre capas. Esto se muestra en la figura 14 para la región 3. La figura 15 muestra cómo las fibras de trama 60 en las capas 1 y 3 cambian de posición a medida que van de la región 4 a la región 5 a la región 6. No se han mostrado las secciones transversales para la región 7 y las regiones combinadas 8 y 9, pero son comparables a las secciones transversales para la región 3 y las regiones combinadas 1 y 2, respectivamente.

De acuerdo con una modalidad ejemplar de la invención, se realizan una serie de ranuras en la preforma 100 para permitir

que se abran las paredes laterales. El primer paso aquí es hacer cortes longitudinales (en la dirección de la urdimbre) en la capa 1 en las posiciones mostradas en la figura 16 por las flechas marcadas con el número 1 a lo largo de la línea de puntos respectiva. El segundo paso es una serie de cortes transversales entre los cortes longitudinales anteriores. Estos cortes se muestran en la figura 16 por las flechas marcadas con el número 2 a lo largo de la línea de puntos respectiva. Finalmente, se realiza otra serie de cortes longitudinales en las ubicaciones mostradas en la figura 16 por las flechas marcadas con el número 3 a lo largo de la línea de puntos respectiva.

Las paredes laterales continuas se forman luego doblando las dos mitades de la capa 1 de manera que queden perpendiculares al sustrato, como se muestra en la figura 17. Sin embargo, estas paredes laterales solo se unirán al sustrato en las intersecciones de las regiones 1 y 2, 4 y 5, 5 y 6, y 8 y 9. Las secciones de la pared lateral que no están unidas al sustrato tienen exactamente la longitud correcta para formar las paredes laterales restantes de un hexágono, como se muestra en la figura 18. Cada pared lateral incluirá dos capas de tela, de acuerdo con una modalidad ejemplar de la invención.

Una simulación de papel de una preforma 100, de acuerdo con esta modalidad, se muestra en su estado como tejido en la figura 19(a). Las regiones 1-2, 4-6 y 8-9 representan grupos de fibras de trama que cambian de posición entre las dos capas, y las regiones 3 y 7 representan grupos de fibras de trama que solo se tejen en la capa superior. La misma preforma 100 después del corte y plegado se muestra en la figura 19(b). La forma hexagonal de las paredes laterales es fácilmente evidente como puede verse en la figura 19(b).

Por lo tanto, de acuerdo con esta modalidad, una preforma tejida integralmente con refuerzos en dos o más direcciones se construyen a partir de una tela base tejida. La estructura de tela puede incluir una primera capa de tela tejida, una segunda capa de tela tejida y varios hilos entretejidos entre la primera capa de tela tejida y la segunda capa de tela tejida en una serie de regiones independientes. La primera tela se corta y se dobla con relación a la segunda tela de modo que se forma un primer refuerzo en una primera dirección en la preforma, y una porción del primer refuerzo se pliega para formar un segundo refuerzo en una segunda dirección en la preforma, el segundo refuerzo es un refuerzo fuera del eje. La preforma tejida puede también incluir una tercera capa de tela tejida y algunos hilos pueden entretejerse entre la segunda capa de tela tejida y la tercera capa de tela tejida en una serie de regiones independientes. La tercera tela se corta y se dobla con relación a la segunda tela de modo que se forma un tercer refuerzo en una tercera dirección en la preforma, y una porción del tercer refuerzo se pliega para formar un cuarto refuerzo en una cuarta dirección en la preforma, el cuarto refuerzo es un refuerzo fuera del eje.

Cabe señalar que la preforma se puede tejer con cualquier patrón elegido. Por ejemplo, el patrón de fibra de urdimbre puede seleccionarse entre estilos de capa a capa, ortogonal y entrelazado angular. Los hilos entretejidos pueden ser hilos de urdimbre y/o trama. Estos hilos pueden estar hechos de cualquier material, por ejemplo, carbono, nailon, rayón, fibra de vidrio, algodón, cerámica, aramida y polietileno.

Una modalidad adicional es un material compuesto reforzado con fibra que incluye la preforma tejida integralmente descrita en la modalidad anterior. La preforma, por ejemplo, se puede impregnar con un material de matriz, como, por ejemplo, una resina. El material compuesto se puede procesar mediante moldeo por transferencia de resina o filtración de vapor químico. El material de resina puede ser epoxi, poliéster, bismaleimida, viniléster, cerámica y carbono.

La invención de acuerdo con una modalidad ejemplar es un método para formar una preforma tejida integralmente similar a la primera, excepto que las fibras en ambas direcciones intercambian posiciones entre los refuerzos y el revestimiento. Las fotografías de una tela 200 que usa este enfoque se muestran en las figuras 20(a)-(c). La tela 200 en estas fotos muestra un panel que tiene refuerzos en una matriz hexagonal. El patrón hexagonal formado por las fibras que intercambian ubicaciones es fácilmente evidente como puede verse en la figura 20(a).

Los segmentos en forma de hexágono de la capa superficial de la preforma 200 pueden cortarse para formar tres refuerzos, como se muestra en la figura 20(b). Estos refuerzos se pliegan en su lugar para formar una matriz hexagonal, por ejemplo, como se muestra en la figura 20(c). En esta fotografía sólo se muestra un hexágono completo, pero este elemento repetitivo puede duplicarse en toda la superficie del panel, como resultará evidente para un experto en la técnica.

Este mismo método también se puede usar para formar una preforma 300 que tiene refuerzos en las direcciones de 645° disponiendo las ubicaciones de intercambio en un patrón de diamante en lugar de un patrón hexagonal, por ejemplo, como se muestra en las figuras 21(a)-21(d). Cabe señalar que la figura 21(c) y 21(d) son lados opuestos, por ejemplo, el lado superior y el lado inferior, de la misma preforma 300. En este caso, el refuerzo de +45° en un lado puede equilibrarse con un refuerzo de -45° en el lado opuesto, por ejemplo. Sin embargo, esta no es una condición necesaria y las configuraciones con refuerzos en un solo lado están dentro del alcance de la presente invención.

Por lo tanto, de acuerdo con esta modalidad, una preforma tejida integralmente con refuerzos en dos o más direcciones puede construirse a partir de una tela tejida. La tela puede incluir una primera capa de tela tejida, una segunda capa de tela tejida y varios hilos entretejidos entre la primera capa de tela tejida y la segunda capa de tela tejida. Algunos de los hilos están entretejidos sobre una región entre la primera tela y la segunda tela, y la primera tela se corta y se dobla con relación a la segunda tela de modo que se forma un primer refuerzo fuera del eje en la preforma. Una primera porción en un primer lado de una región entretejida de la primera capa de tela tejida se pliega junto con una primera porción de un

5 segundo lado de la región entretejida de la primera capa de tela tejida para formar una nervadura de refuerzo fuera del eje en una primera dirección. La preforma tejida puede también incluir una tercera capa de tela tejida y varios hilos entretejidos entre la segunda capa de tela tejida y la tercera capa de tela tejida. Algunos de los hilos están entretejidos sobre una región entre la segunda tela y la tercera tela, y la tercera tela se corta y se dobla con relación a la segunda tela de modo que se forma un segundo refuerzo fuera del eje en la preforma. Una primera porción en un primer lado de una región entretejida de la primera capa de tela tejida se pliega junto con una primera porción de un segundo lado de la región entretejida de la tercera capa de tela tejida para formar una nervadura de refuerzo fuera del eje en una segunda dirección.

10 Como se describe en las modalidades anteriores, la preforma se puede tejer con cualquier patrón elegido. Por ejemplo, el patrón de fibra de urdimbre puede seleccionarse entre estilos de capa a capa, ortogonal y entrelazado angular. Los hilos entretejidos pueden ser hilos de urdimbre y/o trama. Estos hilos pueden estar hechos de cualquier material, por ejemplo, carbono, nailon, rayón, fibra de vidrio, algodón, cerámica, aramida y polietileno.

15 Una modalidad adicional es un material compuesto reforzado con fibra que incluye la preforma tejida integralmente descrita en la modalidad anterior. La preforma, por ejemplo, se puede impregnar con un material de matriz, como, por ejemplo, una resina para formar un compuesto. El material compuesto se puede procesar mediante moldeo por transferencia de resina o filtración de vapor químico. El material de resina puede ser epoxi, poliéster, bismaleimida, viniléster, cerámica y carbono.

20 Como se mencionó anteriormente, los métodos de la presente divulgación también se pueden incorporar en la red de rodillos tejidos en 3D que tienen bridas y redes integrales, por ejemplo, rodillos en forma de 'I' o canales. En estos casos, las ubicaciones de intercambio se organizan para formar triángulos que colocarán refuerzos entre las bridas. Aunque los refuerzos se pueden orientar prácticamente en cualquier ángulo, en relación con las bridas, orientarlos a 645° maximiza su contribución a la resistencia al corte y la rigidez del rodillo. Otra orientación útil posible con esta técnica es cuando los refuerzos son perpendiculares a las bridas, formando intercostales que soportan el rodillo en compresión a través del espesor. Las simulaciones de papel de configuraciones típicas para un rodillo en forma de 'I' y para un canal se muestran en las figuras 22(a) y 22(b), respectivamente.

25 Una modalidad ejemplar es un método para formar una preforma tejida integralmente 500, como se muestra en la figura 23. En esta modalidad, las fibras de urdimbre y trama que se tejen en la superficie en la región 1 pueden intercambiar lugares con fibras de urdimbre y trama complementarias que se han tejido en el revestimiento en la interfaz entre las regiones 1 y 2, por ejemplo. Estas mismas fibras pueden intercambiar lugares nuevamente en la intersección de las regiones 2 y 3. La lámina superior de tela 500 puede cortarse en la dirección de la trama para producir el material que se pliega para formar los refuerzos de acuerdo con esta modalidad.

30

Aunque las modalidades preferidas de la presente invención y modificaciones de esta se han descrito en detalle en el presente documento, debe entenderse que esta invención no se limita a esta modalidad y modificaciones precisas, y que un experto en la materia puede realizar otras modificaciones y variaciones en la técnica sin apartarse del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Una preforma tejida integralmente (100, 200, 300, 400, 500) con refuerzos en dos o más direcciones construida a partir de tela base tejida de hilos de urdimbre o fibras (80) e hilos de urdimbre o fibras (60), dicha tela de base comprende:
- una primera capa de tela tejida (1);
- 5 una segunda capa de tela tejida (2);
- una tercera capa de tela tejida (3);
- una pluralidad de hilos entretejidos entre dicha primera capa de tela tejida (1) y dicha segunda capa de tela tejida (2), en donde dicha pluralidad de hilos están entretejidos sobre una región entre dicha primera capa de tela (1) y dicha segunda capa de tela (2), y dicha primera capa de tela (1) se pliega con respecto a dicha segunda capa de tela (2) para formar en
- 10 dicha preforma un primer refuerzo integral fuera del eje perpendicular a la segunda capa de tela (2) y orientado en una dirección o ángulo diferente a 0 y +/-90 grados con respecto a la dirección de la fibra de trama o urdimbre axial de dicha segunda capa de tela tejida (2), y
- una pluralidad de hilos entretejidos entre dicha segunda capa de tela tejida (2) y dicha tercera capa de tela tejida (3), en donde dicha pluralidad de hilos está entretejida sobre una región entre dicha segunda capa de tela (2) y dicha tercera
- 15 capa de tela (3), y dicha tercera capa de tela (3) se pliega con relación a dicha segunda capa de tela (2) de manera que se forma un segundo refuerzo integral fuera del eje en dicha preforma.
2. La preforma tejida de conformidad con la reivindicación 1, en donde dicha primera capa de tela tejida (1) se corta desde una superficie superior de dicha segunda capa de tela tejida (2) en una o más regiones.
- 3 La preforma tejida de conformidad con la reivindicación 2, en donde una primera porción en un primer lado de
- 20 una región entretejida de dicha primera capa de tela tejida (1) se pliega junto con una primera porción de un segundo lado de la región entretejida de dicha primera capa de tela tejida (1) para formar una nervadura de refuerzo fuera del eje en una primera dirección.
4. La preforma tejida de conformidad con la reivindicación 1, en donde dicha tercera capa de tela tejida (3) se corta desde una superficie inferior de dicha segunda capa de tela tejida (2) en una o más regiones.
- 25 5. La preforma tejida de conformidad con la reivindicación 4, en donde una tercera porción en un primer lado de una región entretejida de dicha primera capa de tela tejida (3) se pliega junto con una primera porción de un segundo lado de la región entretejida de dicha tercera capa de tela tejida (3) para formar una nervadura de refuerzo fuera del eje en una segunda dirección.
6. La preforma tejida de conformidad con la reivindicación 1, en donde el patrón de fibra de urdimbre es un patrón seleccionado del grupo que consiste en capa a capa, ortogonal y entrelazado angular.
- 30 7. La preforma tejida de conformidad con la reivindicación 1, en donde dicho primer refuerzo fuera del eje está formado en una orientación de +/-60 grados o +/-45 grados con respecto a una dirección de la fibra de urdimbre o trama axial de dicha segunda capa de tela tejida (2) y/o los segundos refuerzos fuera del eje se forman en una orientación de +/-60 grados o +/-45 grados con respecto a una dirección de la fibra de urdimbre o trama axial de dicha segunda capa de
- 35 tela tejida (2).
8. Una preforma tejida integralmente con refuerzos en dos o más direcciones construida a partir de una capa de tela base tejida de hilos de urdimbre o fibras (80) e hilos de urdimbre o fibras (60), dicha tela de base comprende:
- una primera capa de tela tejida (1);
- una segunda capa de tela tejida (2);
- 40 una tercera capa de tela tejida (3);
- una pluralidad de hilos entretejidos entre dicha primera capa de tela tejida (1) y dicha segunda capa de tela tejida (2), en una pluralidad de regiones independientes, en donde dicha primera capa de tela (1) se dobla en relación con dicha segunda capa de tela (2) de manera que se forma un primer refuerzo integral en una dirección en dicha preforma, y una porción de dicho primer refuerzo se dobla para formar un segundo refuerzo en una segunda dirección en dicha preforma, dicho segundo refuerzo es un refuerzo fuera del eje perpendicular a la segunda capa de tela (2) y orientado en una
- 45 dirección o ángulo diferente a 0 y +/-90 grados con respecto a la dirección de la fibra de trama o urdimbre axial de dicha segunda capa de tela tejida (2), y
- una pluralidad de hilos entretejidos entre dicha segunda capa de tela tejida (2) y dicha tercera capa de tela tejida (3), en una pluralidad de regiones independientes, en donde dicha tercera capa de tela (3) se dobla en relación con dicha segunda

- capa de tela (2) en una manera que se forma una tercera capa de refuerzo en una tercera dirección en dicha preforma, y una porción de dicho tercer refuerzo se dobla para formar un cuarto refuerzo en una cuarta dirección en dicha preforma, dicho cuarto refuerzo es un refuerzo fuera del eje perpendicular a la segunda capa de tela (2) y orientado en una dirección o ángulo diferente a 0 y +/-90 grados con respecto a la dirección de la fibra de trama o urdimbre axial de dicha segunda capa de tela tejida (2).
- 5
9. La preforma tejida de conformidad con la reivindicación 8, en donde dicha primera capa de tela tejida (1) se corta desde una superficie superior de dicha segunda capa de tela tejida (2) en una o más regiones.
10. La preforma tejida de conformidad con la reivindicación 8, en donde dicha tercera capa de tela tejida (3) se corta desde una superficie inferior de dicha segunda capa de tela tejida (2) en una o más regiones.
- 10 11. La preforma tejida de conformidad con la reivindicación 8, en donde el patrón de la fibra de urdimbre es un patrón seleccionado del grupo que consiste en capa a capa, ortogonal y entrelazado angular.
12. La preforma tejida de conformidad con la reivindicación 1 u 8, en donde los hilos entretrejidos son hilos de urdimbre (80) o hilos de trama (60).
- 15 13. La preforma tejida de conformidad con la reivindicación 1 u 8, en donde dichos hilos o fibras de urdimbre (80) e hilos o fibras de trama (60) se seleccionan del grupo que consiste en carbono, nylon, rayón, fibra de vidrio, algodón, cerámica, aramida y polietileno.
14. La preforma tejida de conformidad con la reivindicación 8, en donde dicho segundo refuerzo y cuarto refuerzo se forman en orientación relativa de +/-60 grados o +/-45 grados a una dirección de fibra de urdimbre o de trama axial de dicha segunda capa de tela tejida (2).
- 20 15. Un compuesto de refuerzo de fibra que comprende una preforma de tejido integralmente de acuerdo con la reivindicación 1 u 8.
16. El compuesto de conformidad con la reivindicación 15, que además comprende un material de matriz.
17. El compuesto de conformidad con la reivindicación 16, en donde dicho material de matriz es una resina, y dicho compuesto se forma de un proceso seleccionado del grupo que consiste en moldeo de transferencia de resina y filtración de vapor químico.
- 25 18. El compuesto de conformidad con la reivindicación 16, en donde dicho material de matriz se selecciona del grupo que consisten en epoxi, poliéster, bismaleimida, vinil-éster, cerámica y carbón.
19. La preforma tejida de conformidad con la reivindicación 1 u 8, en donde los hilos tejidos es un rodillo en forma de 'I'.

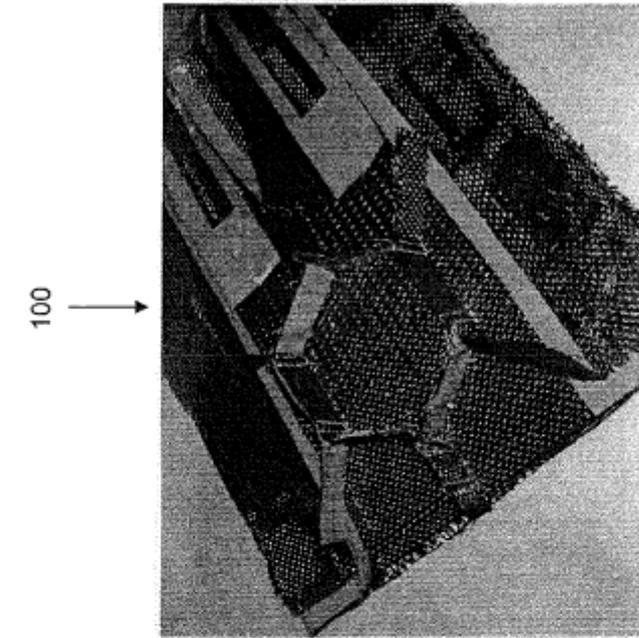


FIG. 2

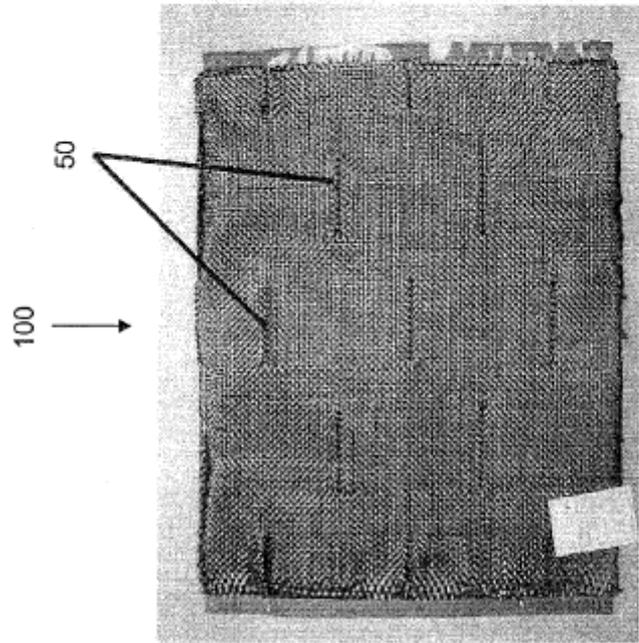


FIG. 1

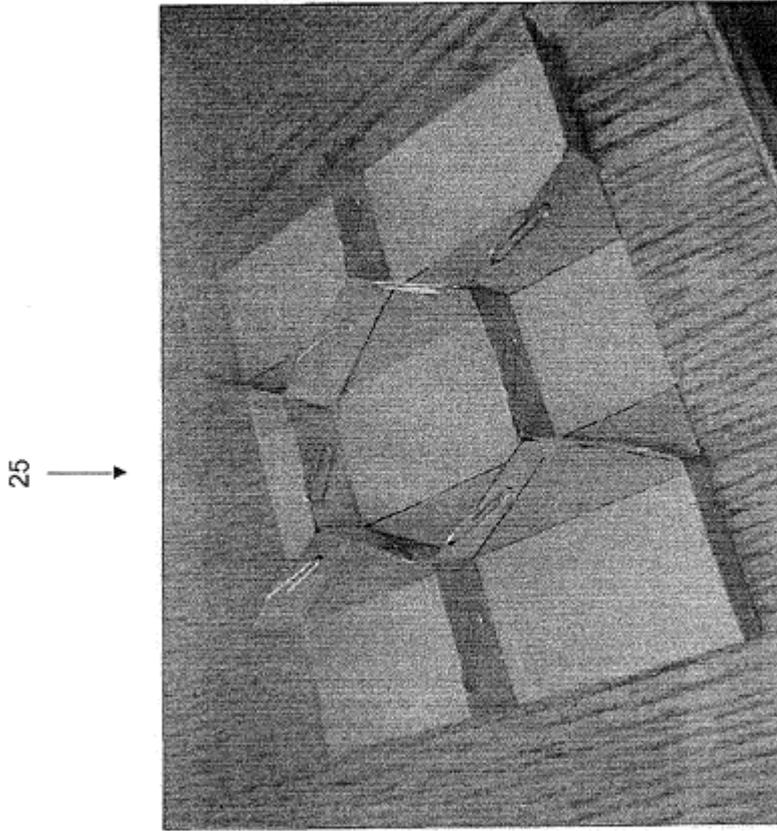


FIG. 3

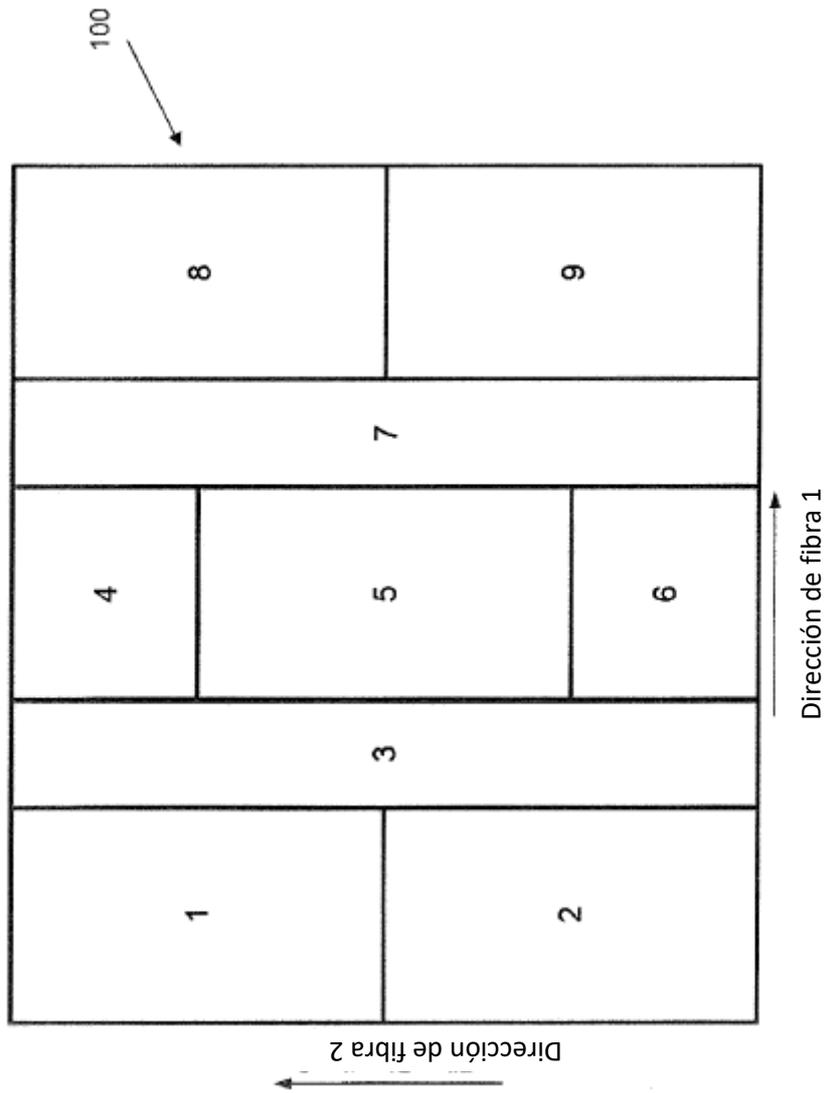


FIG. 4

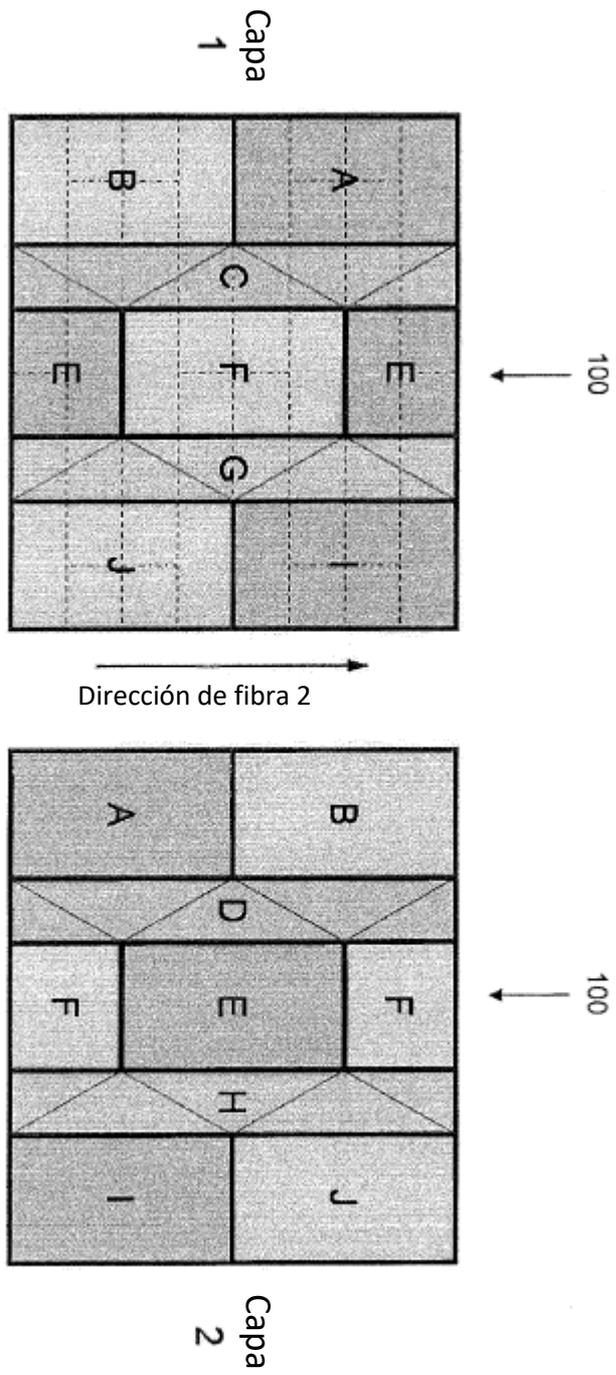


FIG. 5

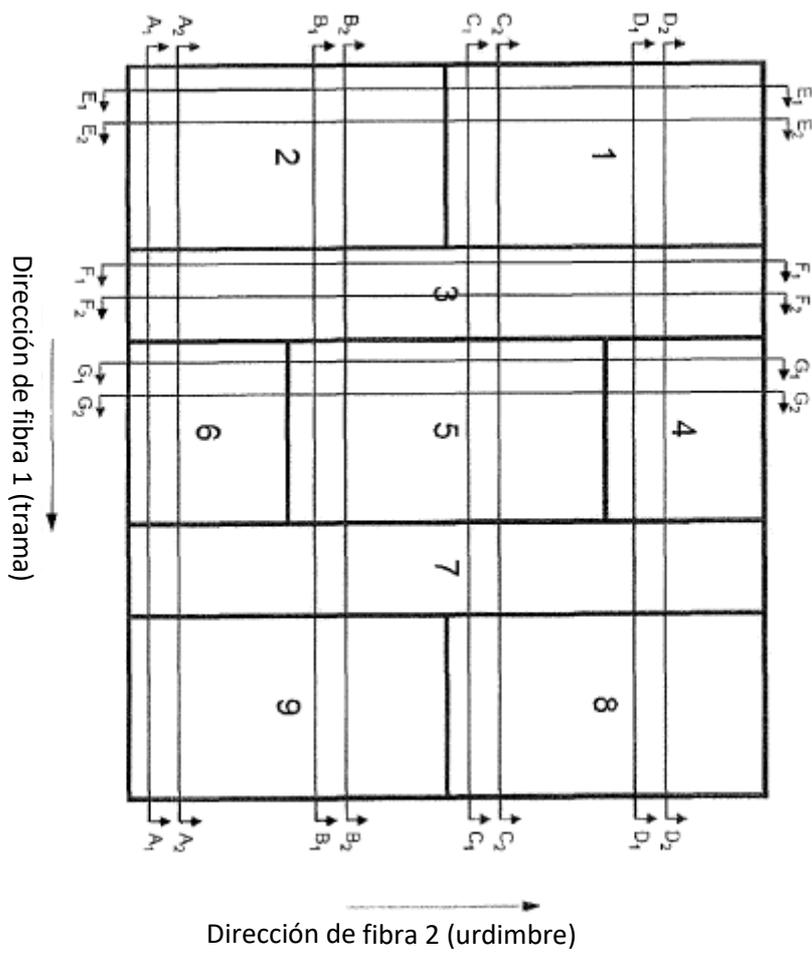


FIG. 6

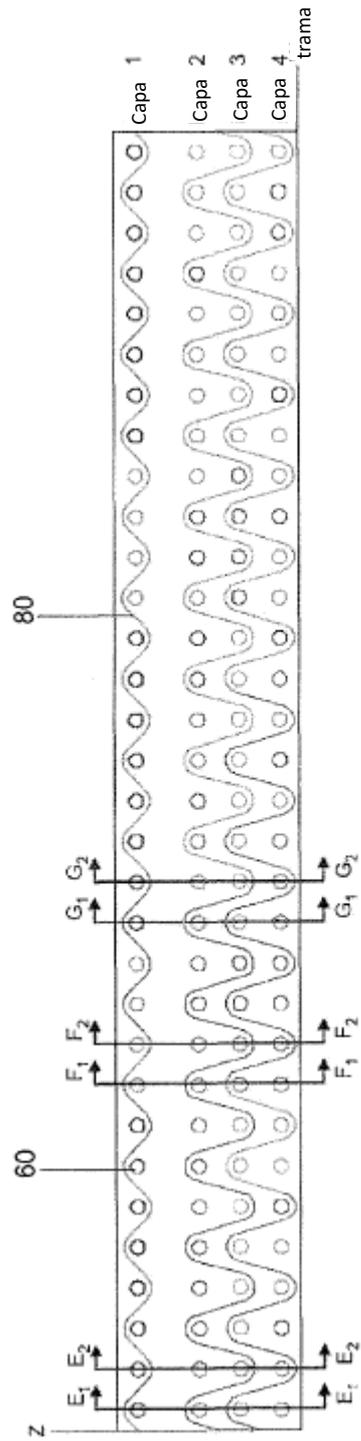


FIG. 7

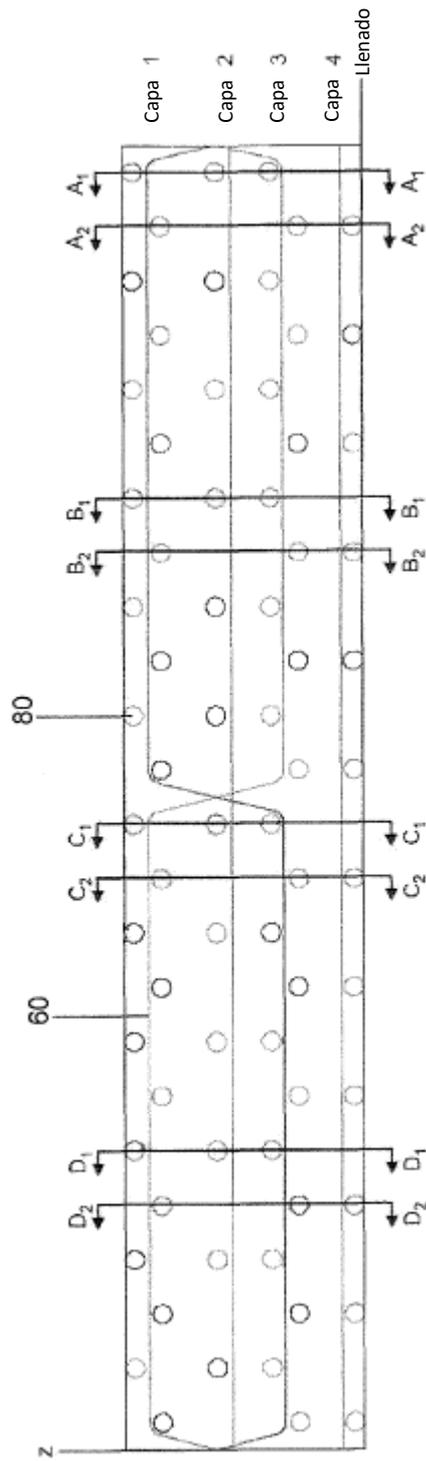


FIG. 8

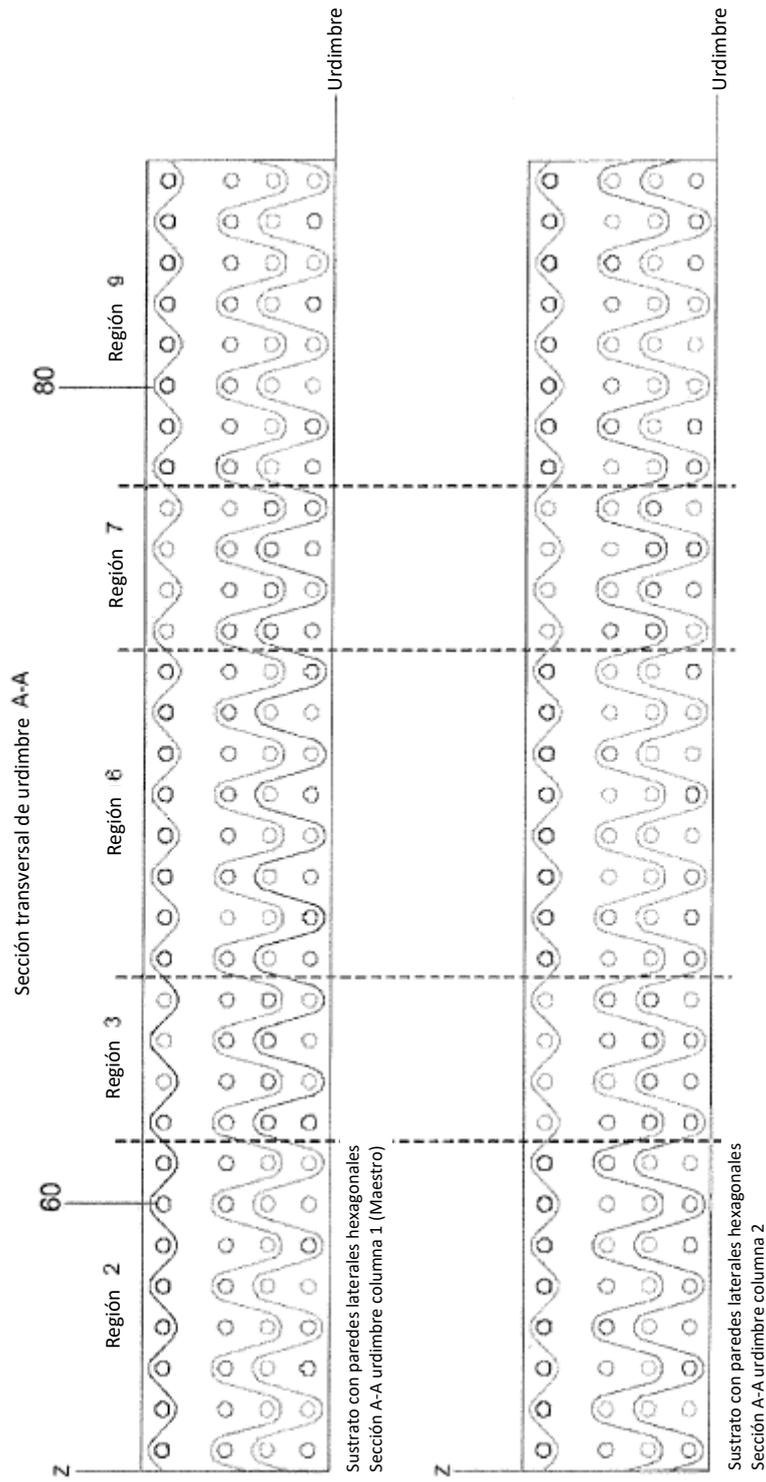


FIG. 9

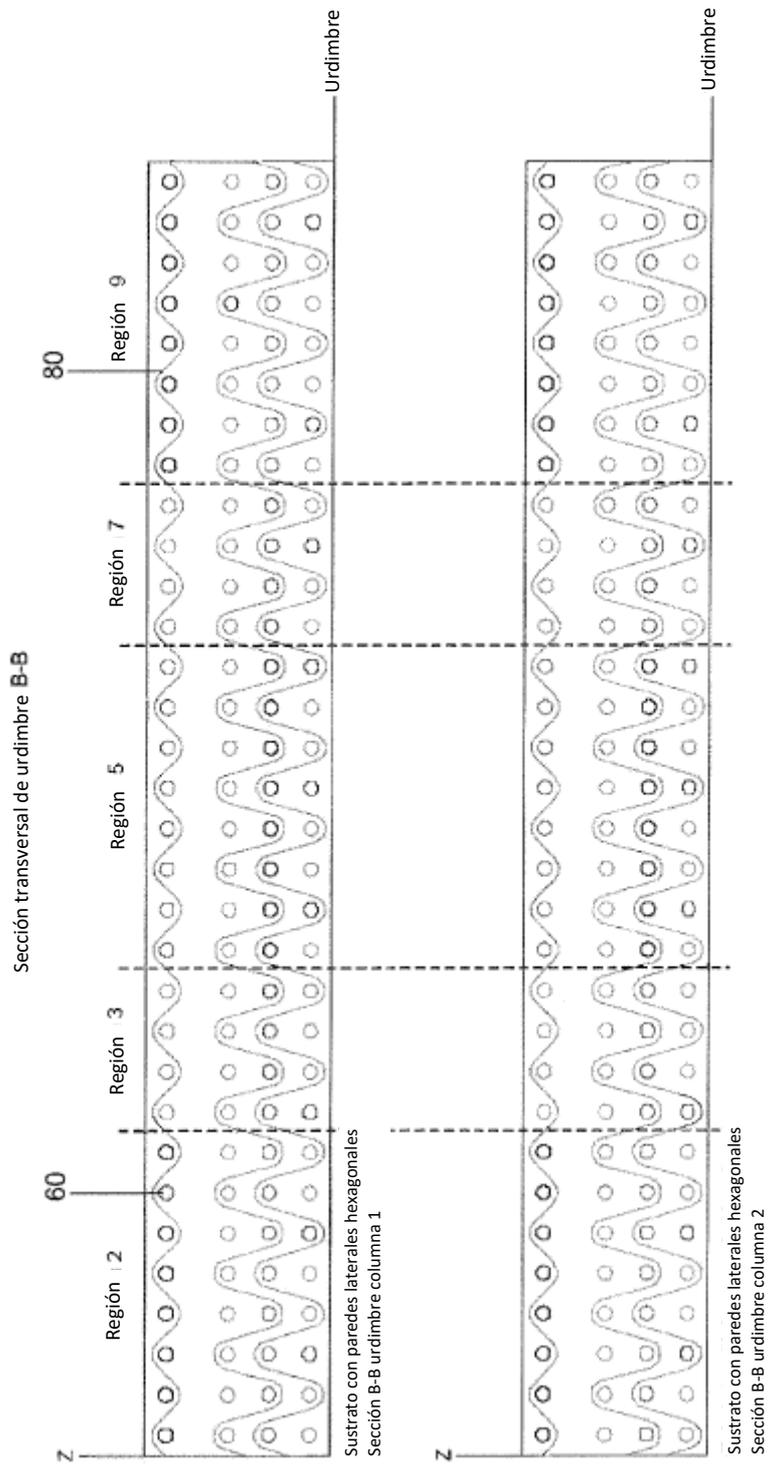


FIG. 10

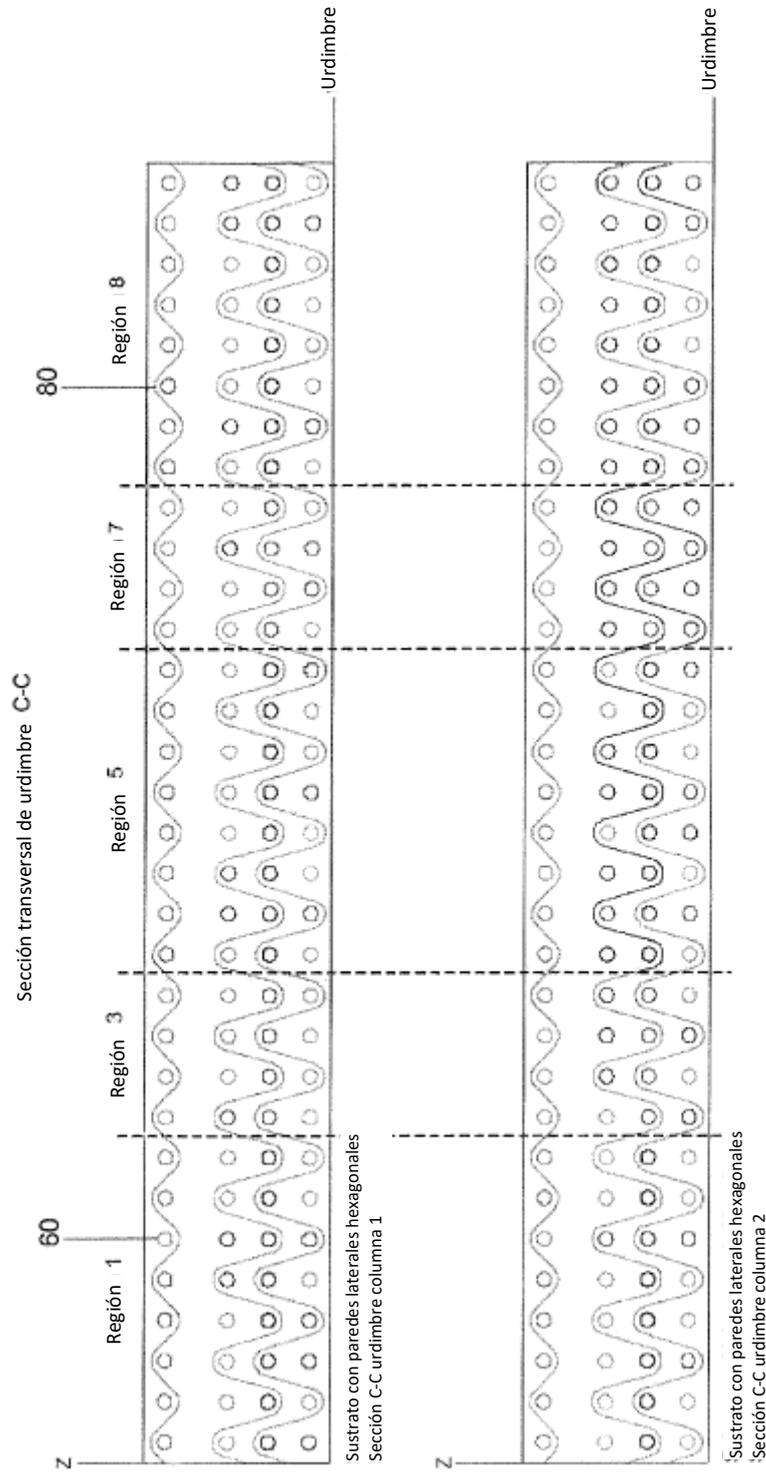


FIG. 11

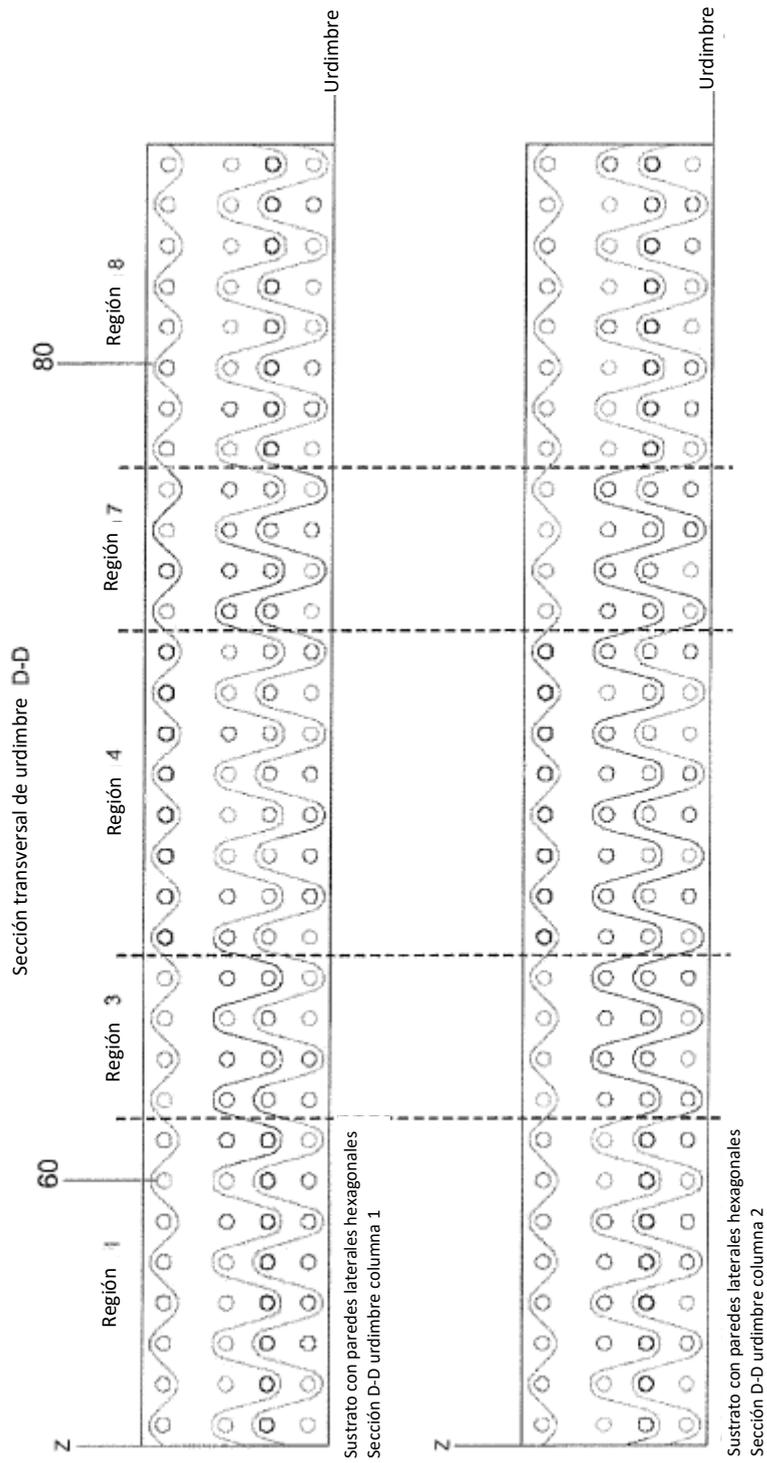
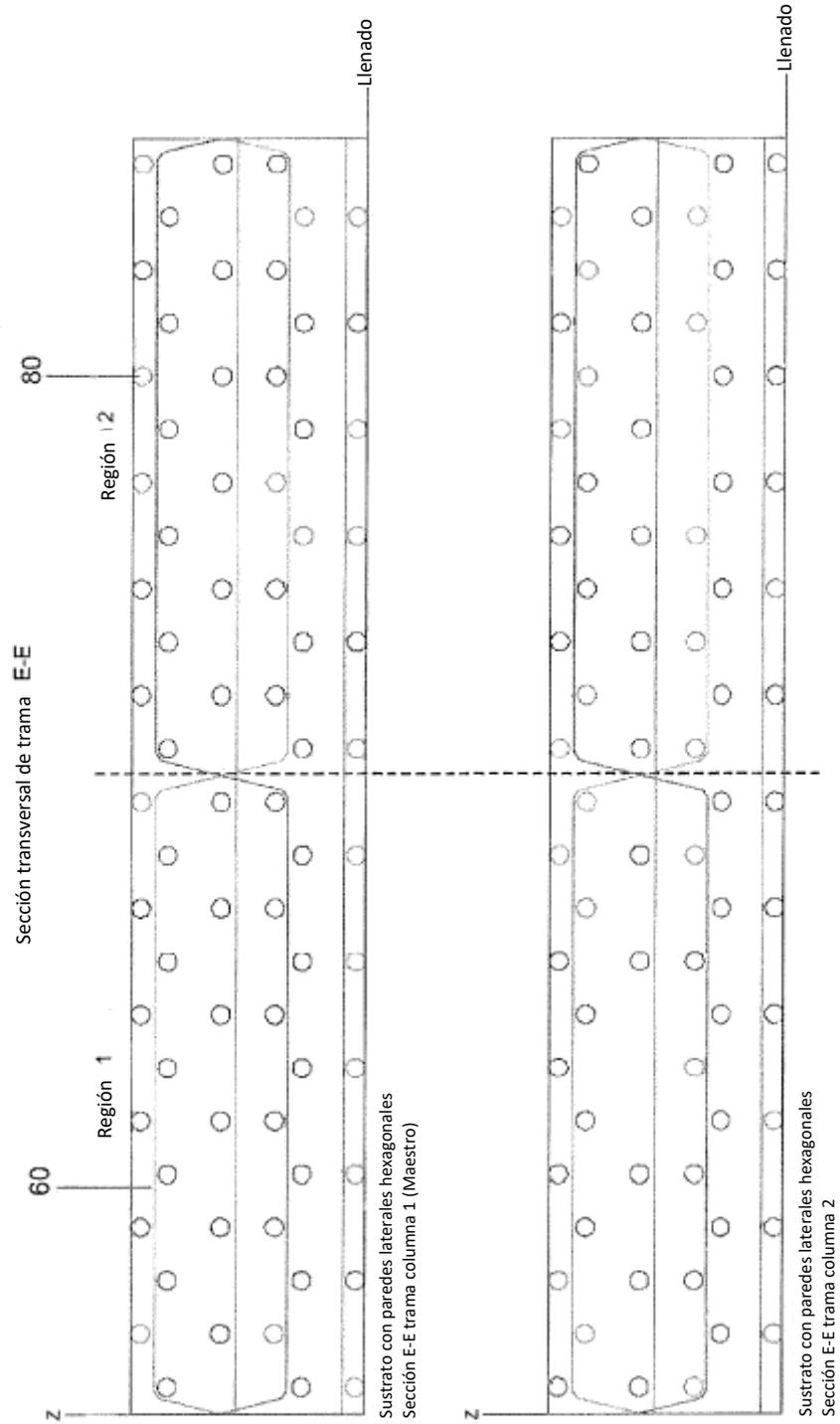


FIG. 12



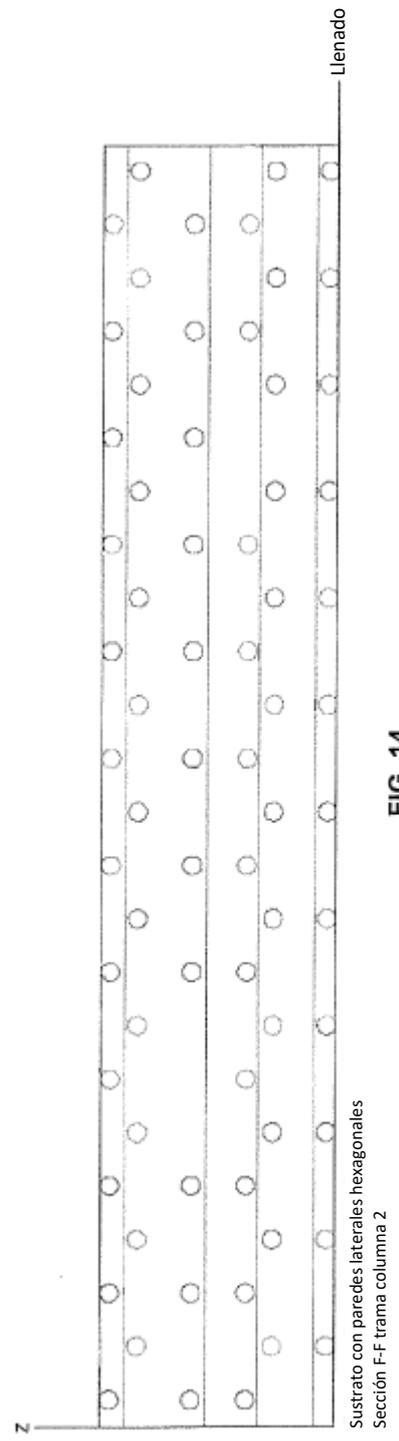
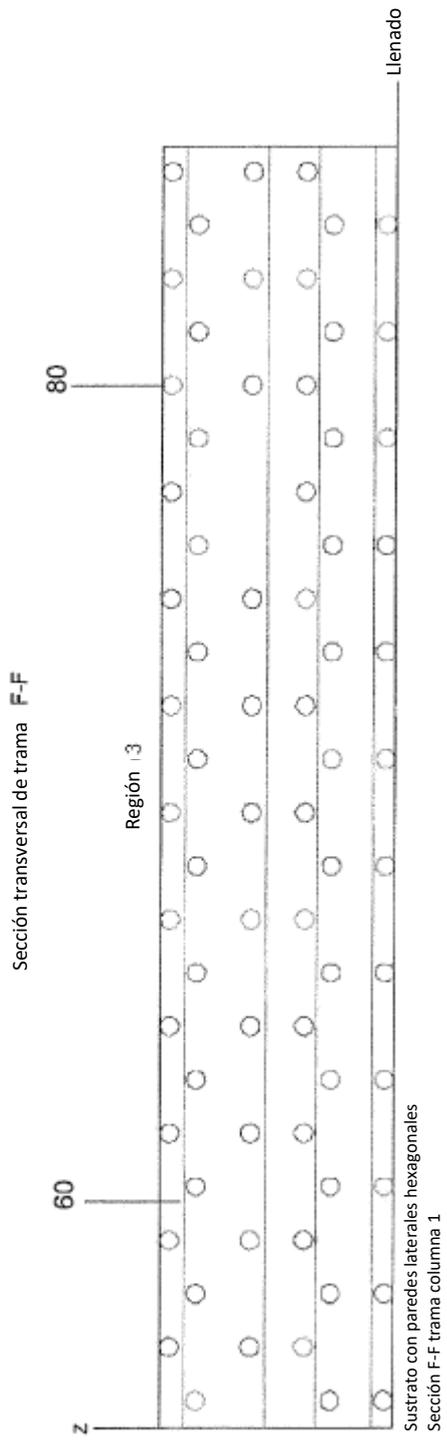


FIG. 14

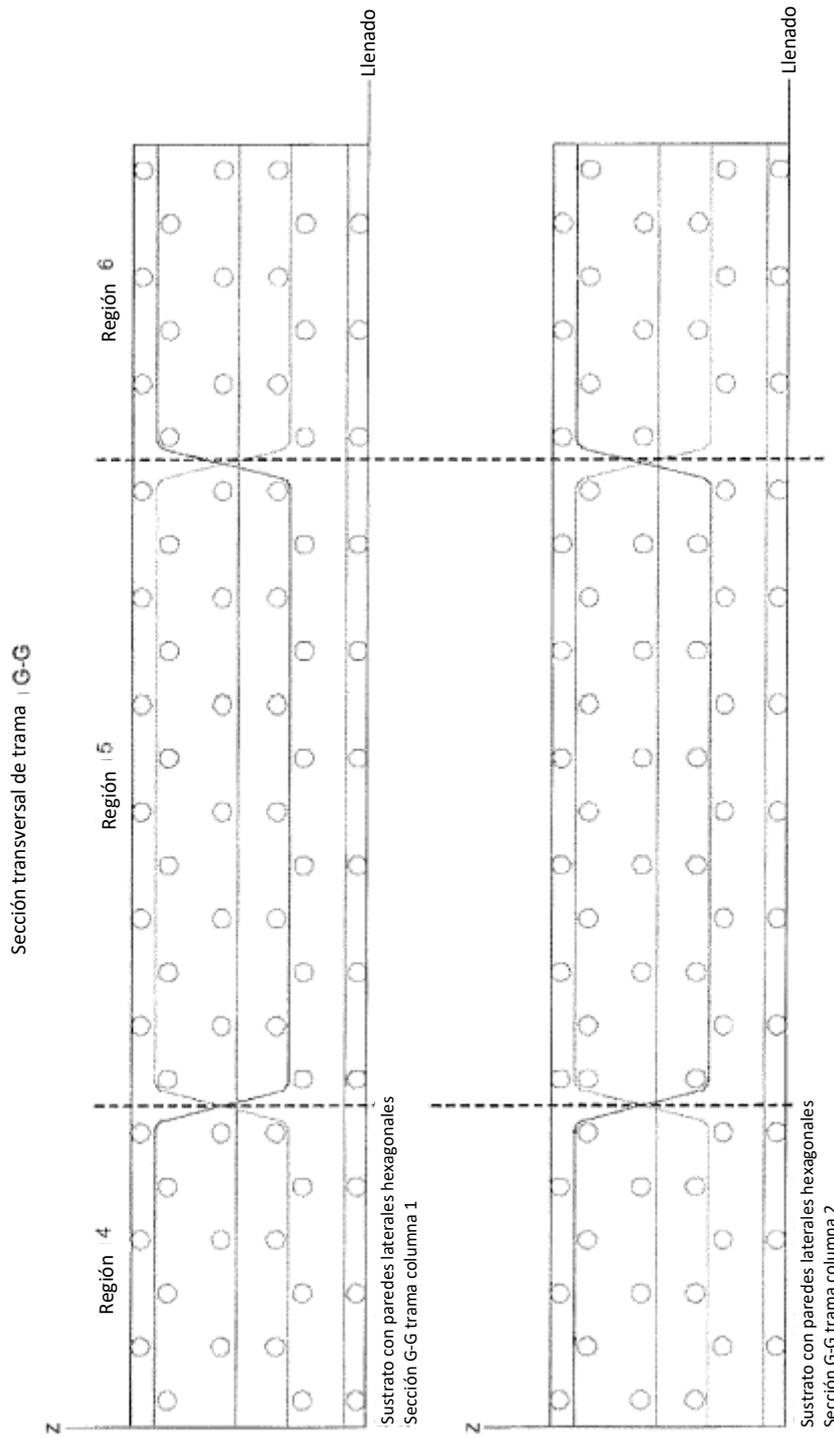


FIG. 15

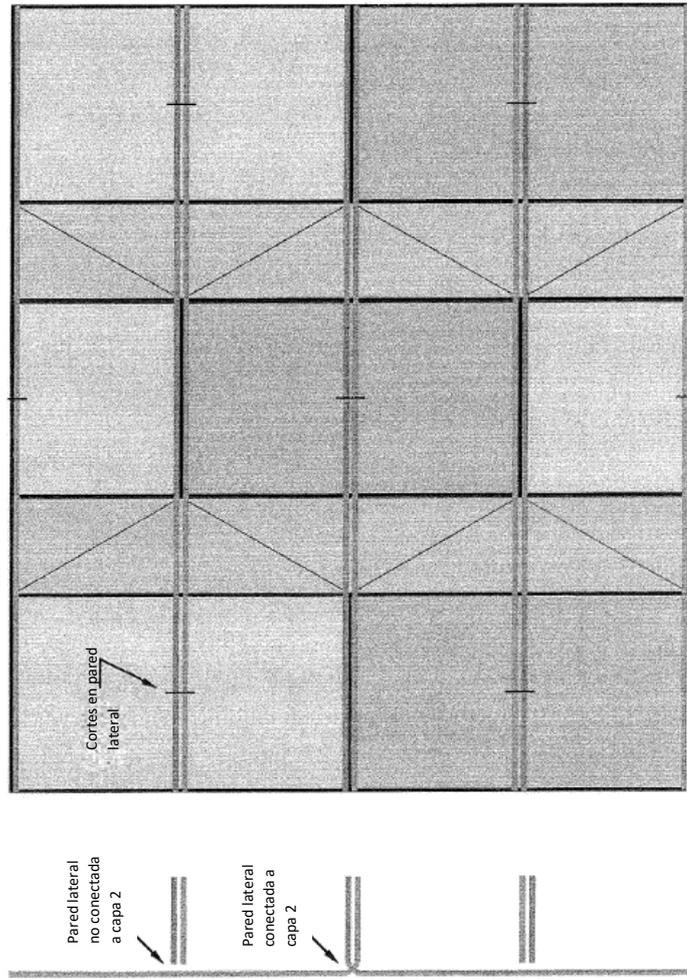


FIG. 17

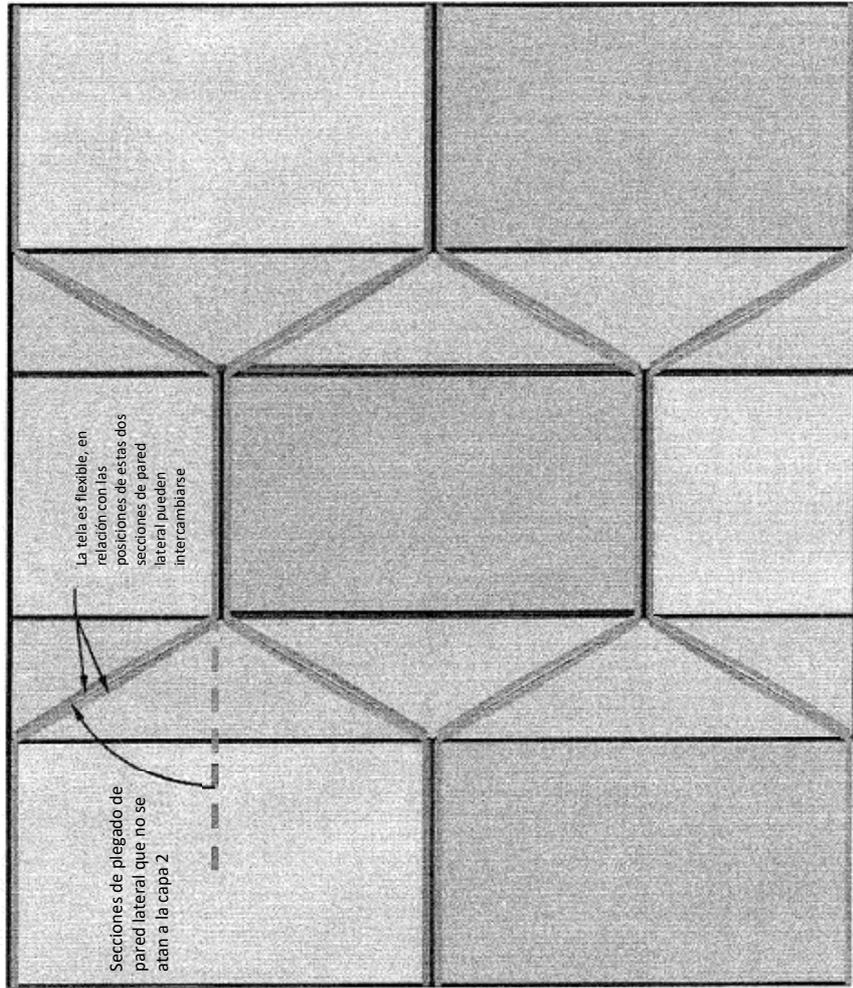


FIG. 18

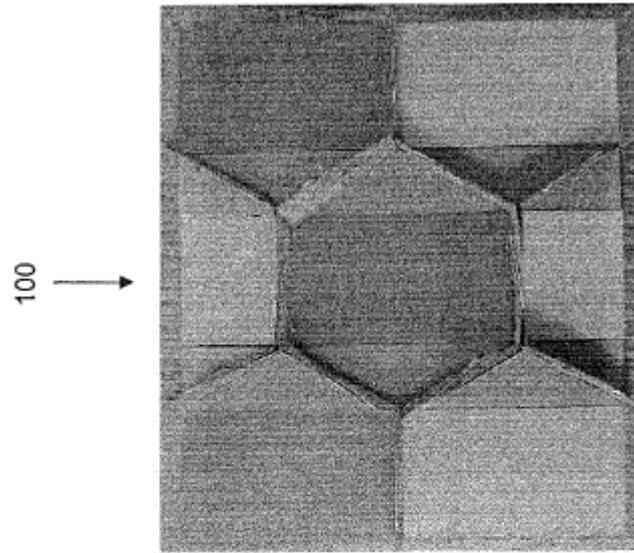


FIG. 19(b)

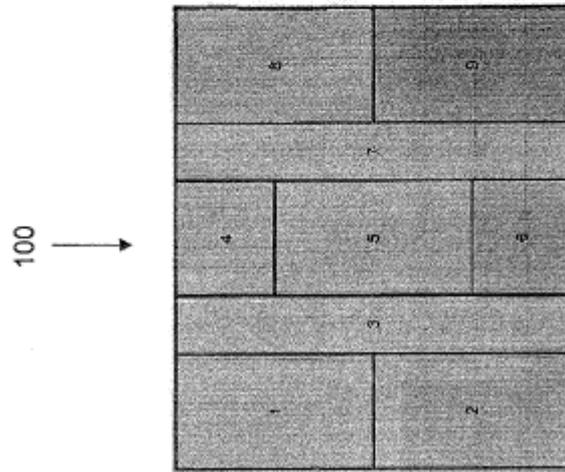


FIG. 19(a)



FIG. 20(b)

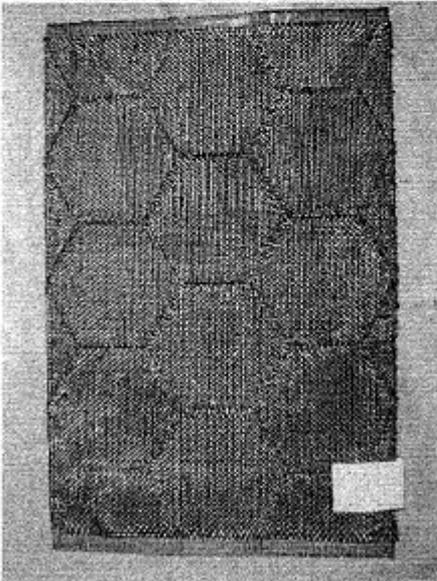


FIG. 20(a)

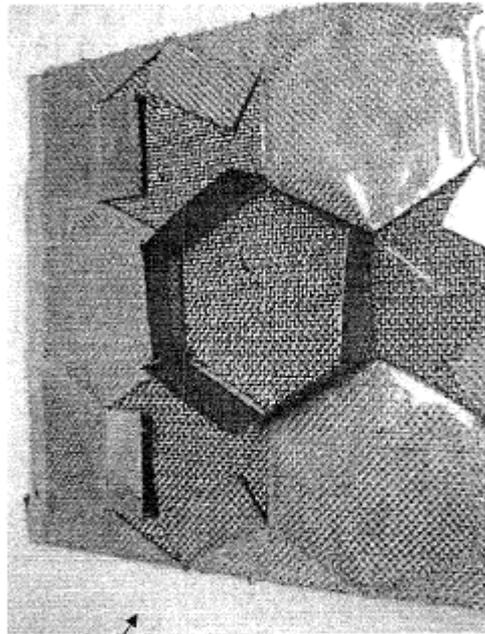


FIG. 20(c)

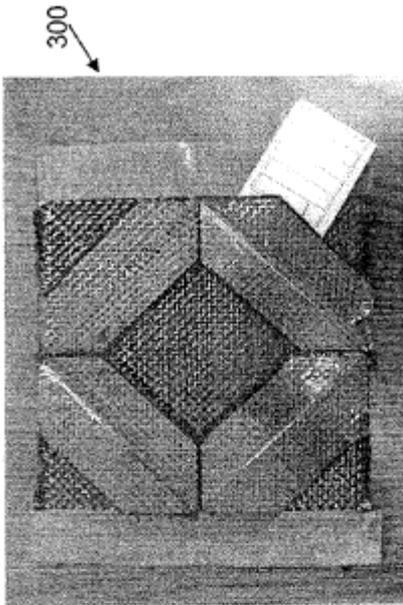


FIG. 21(b)

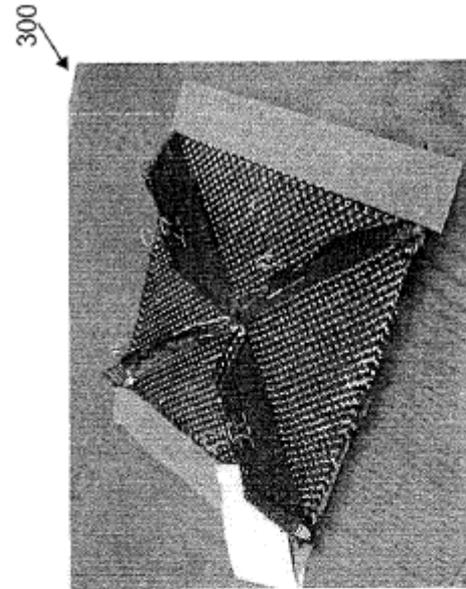


FIG. 21(d)

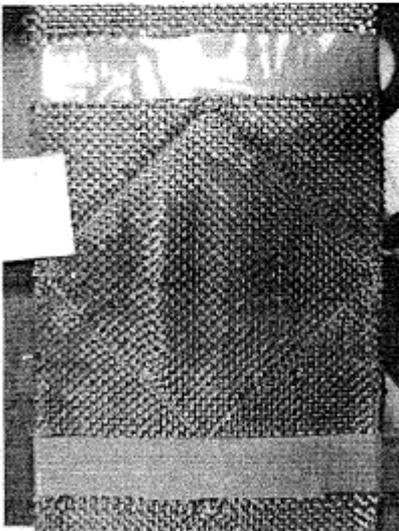


FIG. 21(a)

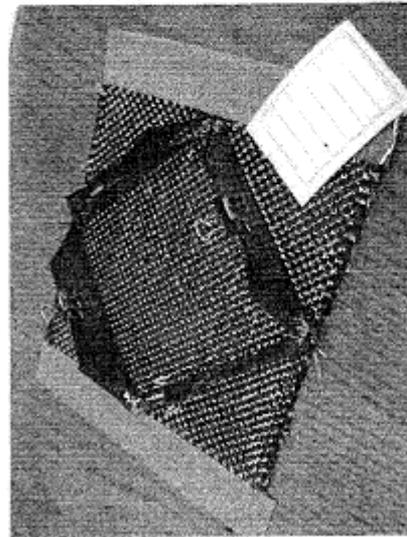


FIG. 21(c)

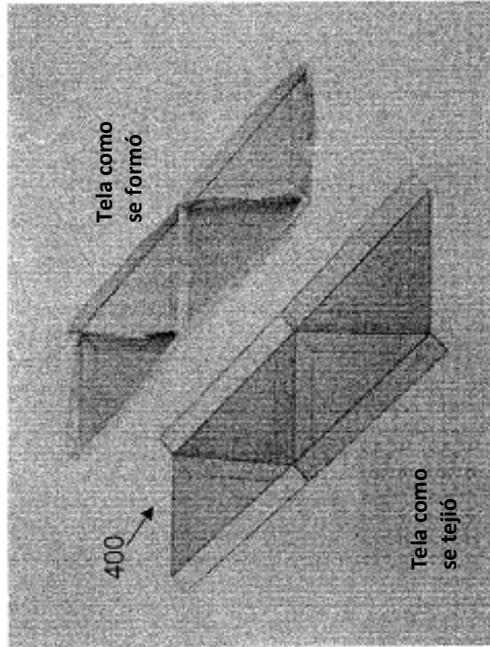


FIG. 22(b)

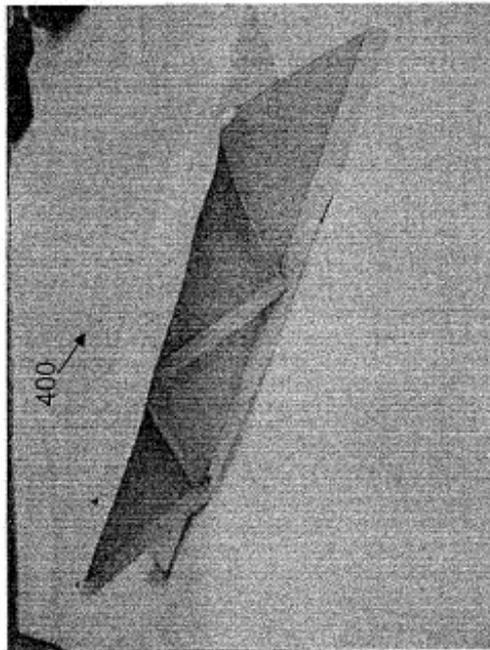


FIG. 22(a)

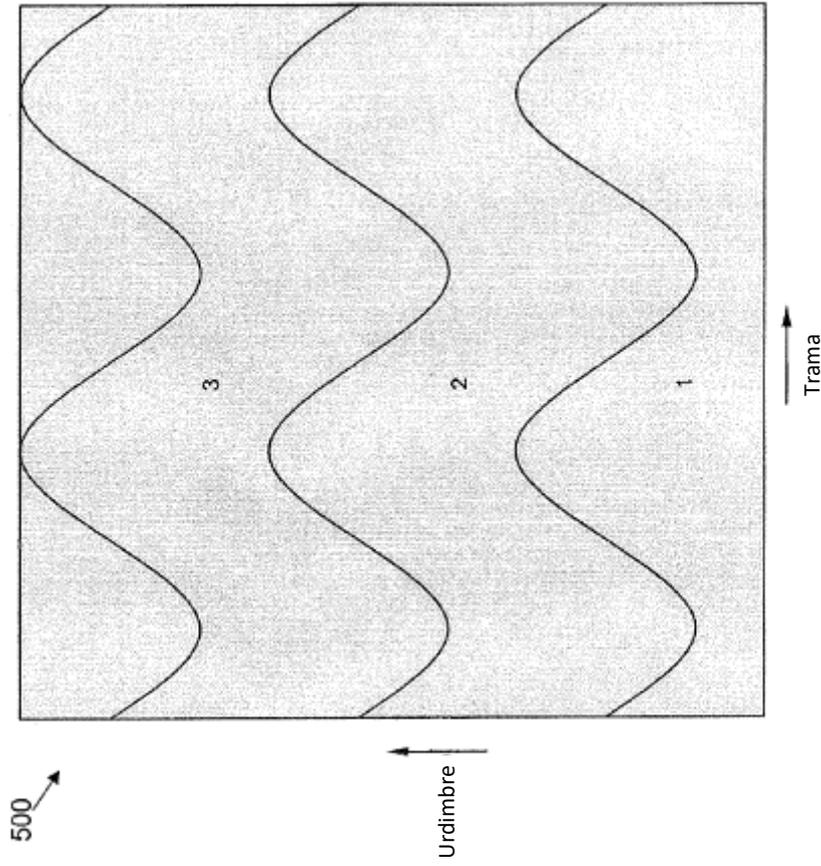


FIG. 23