

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 018 465**

51 Int. Cl.:

**B29D 99/00** (2010.01)  
**B29C 70/56** (2006.01)  
**B29C 70/52** (2006.01)  
**B29C 70/86** (2006.01)  
**B29C 31/08** (2006.01)  
**B29C 70/54** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.03.2022** **E 22159823 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2024** **EP 4238750**

54 Título: **Conjunto de molde para fabricar una pieza compuesta y procedimientos relacionados**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la  
traducción de la patente:  
**16.05.2025**

73 Titular/es:

**LM WIND POWER A/S (100.00%)**  
**Jupitervej 6**  
**6000 Kolding, DK**

72 Inventor/es:

**RAZEGHI, RAMA**

74 Agente/Representante:

**DE ROOIJ, Mathieu Julien**

ES 3 018 465 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

Conjunto de molde para fabricar una pieza compuesta y procedimientos relacionados

### 5 Campo

[0001] La presente divulgación se refiere a procedimientos y sistemas para fabricar piezas compuestas, y más en particular a procedimientos y sistemas para fabricar piezas compuestas que comprenden una pila de placas pultruidas y una o más esteras de fibra. La presente divulgación se refiere además a procedimientos y sistemas para fabricar una tapa de larguero para una pala de turbina eólica.

### Antecedentes

[0002] Las turbinas eólicas modernas se usan comúnmente para suministrar electricidad a la red eléctrica. Las turbinas eólicas de este tipo comprenden en general una torre y un rotor dispuesto en la torre. El rotor, que típicamente comprende un buje y una pluralidad de palas, se pone en rotación bajo la influencia del viento sobre las palas. Dicha rotación genera un par de torsión que se transmite normalmente a través de un eje de rotor a un generador, directamente (directamente accionado) o bien a través del uso de una caja de engranajes. De esta forma, el generador produce electricidad que se puede suministrar a la red eléctrica.

[0003] Para extraer más energía del viento, se incrementa el tamaño del diámetro de rotor incrementando las dimensiones de las palas de turbina eólica. El mayor tamaño de las palas introduce mayores cargas físicas en las palas y componentes relacionados. Las palas del rotor de turbina eólica en general comprenden una concha formada por dos mitades de concha de un material compuesto, por ejemplo, materiales compuestos de fibra de vidrio. La concha de cuerpo es relativamente ligera y tiene propiedades estructurales que no se diseñan para soportar todos los momentos de flexión y otras cargas que actúan sobre la pala durante la operación. Para mejorar las propiedades estructurales de la pala de rotor tales como resistencia y rigidez, la concha de cuerpo se refuerza en general con componentes estructurales, por ejemplo, tapas de larguero en el lado de succión y presión de la pala con una o más almas a cortante que las conectan. Las tapas de larguero también se pueden denominar "laminado principal" o "laminado de tapa de larguero" de la pala de turbina eólica. Estos términos se pueden usar de manera intercambiable a lo largo de la presente divulgación.

[0004] Las tapas de larguero se pueden fabricar usando varios materiales tales como materiales compuestos laminados de fibra de vidrio y materiales compuestos laminados de fibra de carbono. Las tapas de larguero modernas se pueden fabricar usando materiales compuestos pultruidos. Los materiales compuestos fabricados por pultrusión pueden tener una sección transversal constante que se puede apilar fácilmente para formar una pieza compuesta más grande. Por lo tanto, una pluralidad de placas pultruidas se pueden apilar e infundir conjuntamente en un molde para formar una pieza compuesta más grande (es decir, más larga, más gruesa, más ancha), por ejemplo, una tapa de larguero.

[0005] Debido a los beneficios de uso de pultrusiones para la fabricación de piezas compuestas en términos de coste y otros, la industria está desarrollando nuevos enfoques para integrarlas en los procesos de fabricación de material compuesto. Los enfoques conocidos incluyen la colocación de pilas de placas pultruidas en un molde para infundirlas posteriormente. Sin embargo, las placas pultruidas pueden ser difíciles de alinear entre sí y con respecto al molde, y esto puede dar lugar a imperfecciones en el producto final. Para mitigar las desalineaciones mencionadas anteriormente, se requiere una cantidad considerable de trabajo manual, lo que da lugar a un incremento en el coste promedio de la pieza compuesta y a una reducción en el rendimiento de fabricación de materiales compuestos global.

[0006] Otros enfoques conocidos en la técnica emplean soportes intermedios o temporales ubicados en el molde para recibir y sujetar las placas pultruidas suministradas por un dispositivo de sustentación, tal como una grúa o similar. A continuación, se retiran con cuidado los soportes temporales y se bajan las placas pultruidas hasta el molde. Este proceso se debe realizar con cuidado para intentar mantener la alineación de las placas pultruidas tanto como sea posible, lo que es complicado de lograr a lo largo de toda la longitud de las placas pultruidas. En el caso de una pala de turbina eólica, por ejemplo, la longitud de la tapa de larguero puede ser de más de 50 metros, más de 60 metros o incluso más de 80 metros. Como se indica, estos enfoques son propensos a desalineaciones entre placas pultruidas y también requieren una cantidad considerable de trabajo manual para lograr un producto compuesto final de calidad aceptable. El documento WO 2016/130235 divulga un procedimiento para fabricar una pala de turbina que comprende colocar una pila de placas pultruidas y una estera de fibra en un molde.

[0007] En consecuencia, existe una necesidad de procedimientos y sistemas mejorados para fabricar piezas compuestas que comprenden placas pultruidas que mitiguen los problemas de alineación asociados con los enfoques conocidos.

**[0008]** La presente divulgación proporciona ejemplos de conjuntos y procedimientos que superan al menos parcialmente algunos de los inconvenientes de los moldes compuestos y procedimientos existentes para fabricar piezas compuestas que comprenden placas de pultrusión.

## 5 Breve explicación

**[0009]** En un primer aspecto, se proporciona un conjunto de molde. El conjunto de molde se configura para fabricar una pieza compuesta que comprende una pila de placas pultruidas y una estera de fibra. El conjunto de molde comprende una superficie de molde y al menos un tensor de estera de fibra. La superficie de molde define una dirección longitudinal y una dirección transversal. Además, el al menos un tensor de estera de fibra se configura para proporcionar tensión a la estera de fibra, de modo que la estera de fibra puede sujetar la pila de placas pultruidas a una distancia del molde.

**[0010]** De acuerdo con este primer aspecto, el conjunto de molde permite colocar y alinear las placas pultruidas con respecto a la superficie de molde y puede reducir considerablemente la necesidad de supervisión manual y mano de obra durante la fabricación de una pieza compuesta. Esto da como resultado un proceso automatizado, al menos parcialmente, con alta reproducibilidad. Al mismo tiempo, puede disminuir los costes de producción e incrementar la tasa de producción de piezas compuestas. Además, la simplicidad del conjunto de molde permite tanto reemplazar una estera de fibra existente como instalar una nueva estera de fibra, por ejemplo en situaciones en las que se deben colocar más de una pila de placas pultruidas. Además, se puede reducir la necesidad de múltiples soportes temporales a lo largo de la longitud del molde. Además, estos se pueden montar y desmontar fácilmente del conjunto de molde sin interferir con la alineación de las placas pultruidas.

**[0011]** En otro aspecto, se proporciona un procedimiento para fabricar una pieza compuesta. La pieza compuesta comprende una pila de placas pultruidas y una o más esteras de fibra, teniendo ambas con una dirección longitudinal y una dirección transversal. El procedimiento comprende proporcionar tensión a las esteras de fibra, colocar la pila de placas pultruidas sobre las esteras de fibra tensadas y descender las esteras de fibra y la pila de placas pultruidas a un molde.

**[0012]** De acuerdo con este segundo aspecto, el procedimiento permite colocar la pila de placas pultruidas encima de una estera de fibra o de múltiples esteras de fibra antes de entrar en contacto con un molde. Por tanto, la alineación de las placas pultruidas puede tener lugar lejos del molde, para posteriormente descender la estera de fibra y las placas pultruidas hasta llegar al molde. El hecho de que la estera de fibra actúe como un componente intermedio entre las placas pultruidas y el molde permite ubicar con precisión las placas pultruidas en moldes de diferentes conformaciones y dimensiones, es decir, con una geometría interna estrecha. La estera de fibra puede adoptar al menos parcialmente la geometría del molde mientras desciende y puede proporcionar un descenso controlado hasta la superficie interna del molde.

**[0013]** A lo largo de la presente divulgación, los términos "materiales compuestos pultruidos", "placas pultruidas", "pultrusiones" o términos similares se usan en general para definir materiales reforzados (por ejemplo, fibras o hebras tejidas o trenzadas) que se impregnan con una resina y se tiran a través de una pastilla calentada de modo que la resina se cura.

**[0014]** A lo largo de la presente divulgación, se puede entender que el término "estera de fibra" engloba cualquier pieza de tela o tejido que comprende fibras. Las fibras se pueden disponer en hebras o mechas. La fibra puede ser fibra natural o sintética y en particular puede ser cualquier tipo de fibra adecuada para materiales compuestos reforzados de fibra, y más en particular pueden ser fibras de vidrio o fibras de carbono. Las fibras pueden tener una variedad de diferentes orientaciones, por ejemplo, las esteras de fibra pueden ser uniaxiales, biaxiales, multiaxiales o diferentes. Las fibras se pueden tejer con diferentes tipos de tejidos o pueden estar sin tejer.

## Breve descripción de los dibujos

**[0015]** A continuación se describirán ejemplos no limitantes de la presente divulgación, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 ilustra una vista en perspectiva de una turbina eólica de acuerdo con un ejemplo;

la figura 2A es un diagrama esquemático que ilustra una pala de turbina eólica de acuerdo con un ejemplo;

la figura 2B ilustra esquemáticamente una estructura interna de una pala de turbina eólica;

la figura 2C ilustra un sistema de moldeo que se puede usar en la fabricación de una pala de turbina eólica;

la figura 3 ilustra esquemáticamente un conjunto de molde de acuerdo con un ejemplo;

La figura 4 ilustra esquemáticamente el conjunto de molde de la figura 3 a través del plano A-A' en una primera configuración;

5 La figura 5 ilustra esquemáticamente el conjunto de molde de la figura 3 a través del plano A-A' en una segunda configuración;

La figura 6 es un diagrama de flujo de un procedimiento para fabricar una pieza compuesta de acuerdo con un ejemplo;

10 La figura 7 es un diagrama de flujo de otro procedimiento para fabricar un componente de concha de pala de acuerdo con un ejemplo.

### Descripción detallada de los ejemplos

15 **[0016]** Ahora se hará referencia en detalle a modos de realización de la presente divulgación, de los que uno o más ejemplos se ilustran en los dibujos. Cada ejemplo se proporciona solo a modo de explicación, no como limitación.

20 **[0017]** La fig. 1 ilustra una turbina eólica a barlovento moderna convencional 2 de acuerdo con el llamado "concepto danés" con una torre 4, una góndola 6 y un rotor con un eje de rotor sustancialmente horizontal. El rotor incluye un buje 8 y tres palas 10 que se extienden radialmente desde el buje 8, teniendo cada una una raíz de pala 16 más cercana al buje y una punta de pala 14 más alejada del buje 8.

25 **[0018]** La fig. 2 muestra una vista esquemática de una pala de turbina eólica ejemplar 10. La pala de turbina eólica 10 tiene la conformación de una pala de turbina eólica convencional con un extremo de raíz 17 y un extremo de punta 15 y comprende una región de raíz 30 lo más cercana al buje, una región perfilada o de perfil alar 34 lo más alejada del buje y una región de transición 32 entre la región de raíz 30 y la región de perfil alar 34. La pala 10 comprende un borde de ataque 18 orientado hacia la dirección de rotación de la pala 10, cuando la pala se monta en el buje, y un borde de salida 20 orientado hacia la dirección opuesta del borde de ataque 18.

30 **[0019]** La región de perfil alar 34 (también llamada región perfilada) tiene una conformación de pala ideal o casi ideal con respecto a generar sustentación, mientras que la región de raíz 30, debido a consideraciones estructurales, tiene una sección transversal sustancialmente circular o elíptica, lo que, por ejemplo, hace más fácil y más seguro montar la pala 10 en el buje. El diámetro (o la cuerda) de la región de raíz 30 puede ser constante a lo largo de toda el área de raíz 30. La región de transición 32 tiene un perfil de transición que cambia gradualmente de la conformación circular o elíptica de la región de raíz 30 al perfil de perfil alar de la región de perfil alar 34. La longitud de cuerda de la región de transición 32 se incrementa típicamente con el incremento en la distancia r desde el buje. La región de perfil alar 34 tiene un perfil de perfil alar con una cuerda que se extiende entre el borde de ataque 18 y el borde de salida 20 de la pala 10. El ancho de la cuerda disminuye con el incremento en la distancia r desde el buje.

**[0020]** Un hombro 40 de la pala 10 se define como la posición donde la pala 10 tiene su mayor longitud de cuerda. El hombro 40 se proporciona típicamente en el límite entre la región de transición 32 y la región de perfil alar 34.

45 **[0021]** Cabe destacar que las cuerdas de diferentes secciones de la pala normalmente no se encuentran en un plano común, puesto que la pala puede estar torsionada y/o curvada (es decir, flexionada previamente), proporcionando, por tanto, al plano de cuerda una trayectoria correspondientemente torsionada y/o curvada, siendo este el caso, lo más a menudo, para compensar que la velocidad local de la pala sea dependiente del radio desde el buje. La pala de turbina eólica 10 comprende una concha de pala que comprende dos partes de concha de pala o medias conchas, una primera parte de concha de pala 24 y una segunda parte de concha de pala 26, típicamente hechas de polímero reforzado con fibra. La pala de turbina eólica 10 puede comprender partes de concha adicionales, tales como una tercera parte de concha y/o una cuarta parte de concha. La primera parte de concha de pala 24 es típicamente un lado de presión o parte de concha de pala a barlovento. La segunda parte de concha de pala 26 es típicamente un lado de succión o parte de concha de pala a sotavento. La primera parte de concha de pala 24 y la segunda parte de concha de pala 26 se fijan entre sí con adhesivo, tal como pegamento, a lo largo de líneas de unión o juntas de pegamento 28 que se extienden a lo largo del borde de salida 20 y el borde de ataque 18 de la pala 10. Típicamente, los extremos de raíz de las partes de concha de pala 24, 26 tienen una conformación de sección transversal exterior semicircular o semiovalada.

60 **[0022]** La fig. 2B es un diagrama esquemático que ilustra una vista en sección transversal de una pala de turbina eólica ejemplar 10, por ejemplo, una vista en sección transversal de la región de perfil alar de la pala de turbina eólica 10. La pala de turbina eólica 10 comprende un borde de ataque 18, un borde de salida 20, un lado de presión 24, un lado de succión 26, una primera tapa de larguero 74 y una segunda tapa de larguero 76. La pala de turbina eólica 10 comprende una línea de cuerda 38 entre el borde de ataque 18 y el borde de salida 20. La pala de turbina eólica 10 comprende almas a cortante 42, tales como un alma a cortante de borde de ataque y un alma a cortante de borde de salida. Las almas a cortante 42 podrían ser de forma alternativa una caja de larguero con lados de

languero, tales como un lado de languero de borde de salida y un lado de languero de borde de ataque. Las tapas de languero 74, 76 pueden comprender fibras de carbono mientras que el resto de las partes de concha 24, 26 pueden comprender fibras de vidrio.

**[0023]** La fig. 2C es un diagrama esquemático que ilustra un sistema de molde ejemplar para moldear una concha de pala de una pala de turbina eólica. El sistema de molde 100 comprende un primer molde 102 y un segundo molde 112. El primer molde 102 se configura para fabricar una primera parte de concha de pala de una pala de turbina eólica, tal como una parte de concha a barlovento de la pala de turbina eólica (formando la succión). El segundo molde 112 se configura para fabricar una segunda parte de concha de pala de la pala de turbina eólica, tal como una parte de concha a sotavento de la pala de turbina eólica (formando la superficie de presión).

**[0024]** La figura 3 ilustra esquemáticamente una vista en perspectiva superior de un conjunto de molde 200 de acuerdo con un ejemplo. El conjunto de molde 200 se configura para fabricar una pieza compuesta 210 que comprende una pila de placas pultruidas 211 y una estera de fibra 212. Cabe destacar que solo se han ilustrado los bordes de la estera de fibra y que estos se representan con líneas discontinuas. El conjunto de molde 200 comprende un molde 220 que tiene una dirección longitudinal y una dirección transversal. Además, el conjunto de molde 200 comprende al menos un tensor de estera de fibra 223 configurado para proporcionar tensión a la estera de fibra 212 para sujetar la pila de placas pultruidas 211 a una distancia del molde 220. En el presente ejemplo, el conjunto de molde 200 comprende una pluralidad de tensores de estera de fibra 223, comprendiendo cada uno un rodillo como actuador. El rodillo enrolla y desenrolla la estera de fibra y proporciona tensión a la estera de fibra 212 en la dirección transversal. Los rodillos de la figura 3 están distribuidos en pares, uno a cada lado del molde 220. Al hacerlo, cada par de rodillos también puede controlar la posición local de la pila de placas pultruidas 211 a través de la dirección transversal; es decir, enrollando la estera de fibra 212 en un lado mientras desenrolla la estera de fibra 212 en el otro lado.

**[0025]** En algunos ejemplos, el conjunto de molde 200 puede comprender un tensor de estera de fibra 223 con otros actuadores tales como una pinza, un alicate, un mandril u otros para modificar la distancia de la estera de fibra 212 y la pila de placas pultruidas 211 al molde 220. Además, el tensor de estera de fibra 223 puede comprender una combinación de actuadores para proporcionar un control más versátil de la estera de fibra 212.

**[0026]** Además, el tensor de estera de fibra 223 también puede comprender uno o más accionamientos para accionar y controlar los actuadores, tales como por ejemplo un motor eléctrico. El accionamiento se puede configurar para controlar los actuadores independientemente entre sí, de manera síncrona o todos conjuntamente con una única secuencia de consignas. Los rodillos de estera de fibra, u otros actuadores, se pueden distribuir a lo largo de la longitud del molde en uno o ambos lados del molde. Además, los rodillos de estera de fibra pueden tener una longitud sustancialmente más corta que la longitud del molde 220 o la estera de fibra 212, o se pueden extender sustancialmente a lo largo de toda la longitud del molde 220. Una pluralidad de rodillos más cortos pueden permitir ajustar el descenso siguiendo diferentes secuencias, si se accionan por un accionamiento adecuado.

**[0027]** Aunque la figura 3 ilustra un ejemplo en el que las placas pultruidas se sujetan por una única estera de fibra 212, también son posibles otras configuraciones. Aunque se muestra una única estera de fibra 212, debe quedar claro que esta estera de fibra 212 puede comprender una pila de una pluralidad de esteras de fibra.

**[0028]** Además, una pluralidad de esteras de fibra se pueden localizar a lo largo del molde 220 en diferentes posiciones longitudinales a lo largo del molde. Cada estera de fibra se puede localizar sustancialmente al lado de la otra, o se pueden separar una de otra por una distancia. Por ejemplo, el conjunto de molde de la figura 3 puede incluir tres esteras de fibra, una asociada con cada par de tensores de estera de fibra 223. Por tanto, un par de tensores de estera de fibra 223 pueden ajustar la tensión de la estera de fibra, y por lo tanto la distancia de las placas pultruidas al molde 220, independientemente entre sí. Además, se pueden usar diferentes tipos de esteras de fibra 212 en diferentes ubicaciones debido, por ejemplo, a un incremento deseado en la rigidez de la pieza compuesta. En algunos ejemplos, una primera estera de fibra puede ser una estera de fibra biaxial y una segunda estera de fibra puede ser una estera de fibra triaxial, o una primera estera de fibra puede ser una estera de fibra de carbono y una segunda estera de fibra puede ser una estera de fibra de vidrio.

**[0029]** En una etapa de producción posterior, las placas pultruidas y una o más esteras de fibra se pueden infundir con resina, por ejemplo resina epoxi. Después del curado, se obtiene la pieza compuesta, en la que las esteras de fibra forman una parte integral de la pieza compuesta proporcionando resistencia y rigidez. Por tanto, se puede optimizar el uso de esteras de fibra (material, peso, espesor, tipo) a lo largo de la pieza compuesta.

**[0030]** Adicionalmente, la figura 3 también ilustra que el conjunto de molde 200 puede comprender además al menos dos paredes laterales 221, 222 dispuestas sustancialmente en la dirección longitudinal. Las bridas 221, 222 se pueden configurar para guiar pasivamente el descenso de la estera de fibra 212 y la pila de placas pultruidas 211.

**[0031]** Además, los actuadores del conjunto de molde 200 también pueden comprender una unidad de fijación para agarrar y trasladar cada extremo de la estera de fibra 212 en la dirección transversal con respecto al molde

220. En estos ejemplos, el ancho de la estera de fibra 212 (en la dirección transversal) se puede reducir sustancialmente, puesto que la unidad de fijación se puede mover hacia la región central del molde 220 mientras desciende y hacia las regiones laterales del molde 220 mientras asciende.

5 **[0032]** Las figuras 4 y 5 ilustran diferentes momentos en un proceso usando un conjunto de molde de acuerdo con la presente invención a través del plano A-A' ilustrado en la figura 3.

10 **[0033]** La figura 4 ilustra un conjunto de molde 200 que comprende además una estera de fibra 212 y una pila de placas pultruidas 211. Como se analiza previamente, la estera de fibra 212 puede ser biaxial o triaxial, y la pila de placas pultruidas 211 puede comprender placas de fibra de carbono, placas de fibra de vidrio o una combinación de las mismas.

15 **[0034]** El conjunto de molde 200 de la figura 4 está en un primer momento, en el que la estera de fibra 212 se ha tensado por los tensores de estera de fibra 223. Esta tensión proporcionada por los tensores 223 es suficiente para soportar el peso de la pila de placas pultruidas 211 por encima del molde 220 a una distancia dada del mismo. Una vez se verifica que las placas pultruidas 211 se alinean, los tensores de estera de fibra 233, pueden ajustar la tensión proporcionada para iniciar el descenso de la estera de fibra 212 y las placas pultruidas 211. En el ejemplo ilustrado, esto se puede lograr desenrollando los actuadores. Si los actuadores se desenrollan a la misma tasa, las placas pultruidas 211 descenderán sustancialmente de forma vertical hasta el molde. Esto reduce  
20 considerablemente el riesgo de desalineación durante el proceso de colocación y, en consecuencia, reduce el trabajo manual requerido.

25 **[0035]** El conjunto de molde 200 de la figura 5 está en un segundo momento, en el que la estera de fibra 212 se ha liberado al menos parcialmente de los tensores de estera de fibra 233. En esta configuración, la pila de placas pultruidas 211 ya reposa sobre el molde 220, con una estera de fibra 212 como capa intermedia. Durante el descenso, las bridas 221, 222 se pueden usar como referencia para guiar las placas pultruidas 211.

30 **[0036]** El conjunto de molde 200 en las figuras 3-5 se puede configurar para fabricar un componente de concha de pala de turbina eólica que comprende una tapa de larguero y una estera de fibra 212.

35 **[0037]** Aunque en todos los ejemplos representados, las placas pultruidas 211 se muestran como placas delgadas, anchas y largas, que se apilan una sobre otra, cabe destacar que esto se hace solo con propósitos ilustrativos. Es decir, en cualquiera de los ejemplos representados, una única placa pultruida 211 puede comprender en realidad una pluralidad de placas (o "tiras") una junto a la otra.

40 **[0038]** La figura 6 es un diagrama de flujo de un ejemplo de un procedimiento 600 para fabricar una pieza compuesta. La pieza compuesta comprende una pila de placas pultruidas 211 y una estera de fibra 212, y tanto la pila de placas pultruidas 211 como la estera de fibra 212 tienen una dirección longitudinal y una dirección transversal. En particular, la figura 6 muestra que el procedimiento 600 comprende, en el bloque 601, proporcionar tensión a la estera de fibra 212. Además, el procedimiento 600, en el bloque 602, comprende colocar la pila de placas pultruidas 211 sobre la estera de fibra tensada 212. Además, el procedimiento 600 también comprende, en el bloque 603, descender la estera de fibra 212 y la pila de placas pultruidas 211 a un molde 220.

45 **[0039]** De acuerdo con este aspecto, el procedimiento 600 permite colocar la pila de placas pultruidas 211 sobre una capa intermedia, es decir la estera de fibra 212. La estera de fibra 212 permite situar la pila de placas pultruidas con equipo de sustentación, y reduciendo considerablemente las restricciones dimensionales. Por tanto, una vez que la pila de placas pultruidas 211 se recibe y se sujeta por la estera de fibra 212, tanto la estera de fibra 212 como la pila de placas pultruidas 211 pueden descender hasta el molde 220. Además, puesto que la estera de fibra 212 puede adoptar al menos parcialmente la geometría del molde 220, las desalineaciones durante el descenso  
50 se reducen considerablemente.

55 **[0040]** En algunos ejemplos, proporcionar tensión a la estera de fibra 212 se puede llevar a cabo tirando de la estera de fibra 212 sobre el molde 220, directamente contra los bordes laterales del molde 220 o bien contra una guía, es decir, una pared lateral, colocada en el molde 220.

**[0041]** En los ejemplos, el procedimiento 600 también puede comprender infundir la estera de fibra 212 y la pila de placas pultruidas 211 con resina. Para infundir la resina, se puede usar vacío, por ejemplo en un proceso VARTM (moldeo por transferencia de resina asistido por vacío). Se puede usar una bolsa de vacío.

60 **[0042]** Adicionalmente, el procedimiento 600 también puede incluir alinear la pila de placas pultruidas 211 entre al menos dos paredes laterales localizadas en el molde 220. Las paredes laterales pueden formar parte del molde para una infusión de resina posterior. La alineación se puede realizar por un actuador tal como un rodillo, un mandril, una pinza u otro. En caso de disponer de elementos enrolladores, la alineación de la pila de placas pultruidas 211 se puede lograr ajustando las tasas de enrollado y desenrollado de los elementos enrolladores,  
65 como se analiza previamente en relación con el conjunto de molde 200. En ejemplos alternativos, los rodillos se

pueden usar como dispositivos de guía, es decir, la tensión se aplica por un actuador y se usan uno o más rodillos para guiar la estera de fibra sobre el molde.

5     **[0043]** Si se usan otros actuadores tales como pinzas, los actuadores pueden trasladar la estera de fibra 212 y las placas de pultrusión 211 sobre él, a lo largo de la dirección transversal del molde 220. Por lo tanto, en ejemplos, descender la estera de fibra 212 y la pila de placas pultruidas 211 puede comprender liberar al menos parcialmente la estera de fibra 212 de un sujetador de estera de fibra.

10    **[0044]** El procedimiento 600 también puede comprender recortar la estera de fibra 212 a lo largo de la dirección longitudinal. El recorte se puede llevar a cabo manualmente por operarios calificados, de forma semiautomática o en un proceso totalmente automatizado. Adicionalmente, la operación de recorte se puede realizar antes de infundir con resina la estera de fibra 212 y la pila de placas pultruidas 211.

15    **[0045]** En algunos ejemplos, de forma alternativa o adicionalmente al recorte, el procedimiento 600 puede comprender doblar el ancho adicional de la estera de fibra 212 sobre la parte superior de la pila de placas pultruidas 211.

20    **[0046]** En algunos ejemplos, descender la estera de fibra 212 y la pila de placas pultruidas 211 comprende descender una primera parte de la estera de fibra 212 y la pila de placas pultruidas 211 en un primer punto en el tiempo y descender una segunda parte de la estera de fibra 212 y la pila de placas pultruidas 211 en un segundo punto en el tiempo. Esto se puede lograr, por ejemplo, asignando una consigna de descenso a un actuador (o un par de actuadores como se analiza en las figuras 4-5), mientras que los actuadores restantes no modifican su estado o modifican su estado a una tasa diferente. Por tanto, una vez que una parte de la estera de fibra 212 está descendiendo, un segundo actuador puede iniciar el descenso de la parte asociada de la estera de fibra 212. Cabe destacar que lo mismo se aplica en caso de tener múltiples esteras de fibra 212 distribuidas en diferentes ubicaciones a lo largo de la dirección longitudinal de la pila de pultrusión 211.

30    **[0047]** La figura 7 es un diagrama de flujo de un ejemplo de un procedimiento 700 para fabricar una tapa de larguero de una pala de turbina eólica. El componente de tapa de larguero comprende una pila de placas pultruidas 211 y una estera de fibra 212, y tanto la pila de placas pultruidas 211 como la estera de fibra 212 tienen una dirección longitudinal y una dirección transversal. En particular, la figura 7 muestra que el procedimiento 700 de acuerdo con este ejemplo comprende, en el bloque 601, proporcionar tensión a la estera de fibra 212. Además, el procedimiento comprende colocar la pila de placas pultruidas 211 sobre la estera de fibra tensada 212 en el bloque 702. El procedimiento 700 también comprende, en el bloque 703, descender la estera de fibra 212 y la pila de placas pultruidas 211 a un molde.

40    **[0048]** La pila de placas pultruidas 211 puede comprender capas adicionales de material tales como capas de material intermedio, es decir, telas de fibra de vidrio o carbono, telas híbridas o velos de fibra adecuados, entre placas pultruidas. Adicionalmente, la pila de placas pultruidas 211 también puede comprender componentes de un sistema de protección contra rayos tal como una red de conductores. Además, en algunos ejemplos, se puede usar una capa adicional para cubrir las superficies superior, inferior y laterales de la pila de placas pultruidas 211. Esta capa adicional puede ser una fibra de vidrio o carbono biaxial, una estera de hebras cortadas (CSM) o cualquier otro material adecuado.

45    **[0049]** Cabe destacar que algunas o todas las características técnicas descritas en relación con el conjunto de molde 200 se pueden incluir en el procedimiento 600 para fabricar un componente compuesto, y/o en el procedimiento 700 para fabricar un componente de concha de pala, y viceversa.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento (600) para fabricar una pieza compuesta (210) que comprende una pila de placas pultruidas (211) y una estera de fibra (212), teniendo la pila de placas pultruidas (211) y la estera de fibra (212) una dirección longitudinal y una dirección transversal, el procedimiento (600) **caracterizado por** que comprende:  
5 proporcionar (601) tensión a la estera de fibra (212);  
colocar (602) la pila de placas pultruidas (211) sobre la estera de fibra tensada (212); y  
10 descender (603) la estera de fibra (212) y la pila de placas pultruidas (211) a un molde (220).
2. El procedimiento (600) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el procedimiento (600) comprende además infundir la estera de fibra (212) y la pila de placas pultruidas (211) con resina.
- 15 3. El procedimiento (600) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en el que el procedimiento (600) comprende además alinear la pila de placas pultruidas (211) entre al menos dos paredes laterales (221, 222) localizadas en el molde.
- 20 4. El procedimiento (600) de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el procedimiento (600) comprende además retirar las paredes laterales (221, 222) localizadas en el molde (220).
5. El procedimiento (600) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4, en el que descender la estera de fibra (212) y la pila de placas pultruidas (211) comprende liberar al menos parcialmente la estera de fibra (212) de un sujetador de estera de fibra (223).
- 25 6. El procedimiento (600) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 5, en el que descender la estera de fibra (212) y la pila de placas pultruidas (211) comprende descender una primera parte de la estera de fibra (212) y la pila de placas pultruidas (211) en un primer punto en el tiempo, y descender una segunda parte de la estera de fibra (212) y la pila de placas pultruidas (211) en un segundo punto en el tiempo.
- 30 7. El procedimiento (600) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 6, en el que proporcionar tensión a la estera de fibra (212) se lleva a cabo tirando de la estera de fibra (212) sobre al menos dos paredes laterales (211, 222) localizadas en el molde (220).
- 35 8. El procedimiento (600) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 7, en el que la pila de placas pultruidas (211) está configurada para formar una tapa de larguero de una pala de turbina eólica (10).
9. Un conjunto de molde (200) para fabricar una pieza compuesta (210) que comprende una pila de placas pultruidas (211) y una estera de fibra (212), comprendiendo el conjunto de molde (200) un molde (220) que tiene una dirección longitudinal y una dirección transversal, y **caracterizado por** al menos un tensor de estera de fibra (223) configurado para proporcionar tensión a la estera de fibra (212) para sujetar la pila de placas pultruidas (211) a una distancia del molde (220).
- 40 10. El conjunto de molde (200) de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el tensor de estera de fibra (223) comprende un accionador y un actuador, y el tensor de estera de fibra (223) está configurado para modificar selectivamente la distancia de la estera de fibra (212) y la pila de placas pultruidas (211) desde el molde (220).
- 45 11. El conjunto de molde (200) de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el actuador comprende una unidad de fijación para agarrar y trasladar cada extremo de la estera de fibra (212) en la dirección transversal con respecto al molde (220).
- 50 12. El conjunto de molde (200) de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el conjunto de molde (200) incluye además una o más paredes laterales (221, 222) para guiar la estera de fibra (212) sobre el molde (220).
- 55 13. El conjunto de molde (200) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 - 12, en el que el actuador comprende al menos un rodillo de estera de fibra para enrollar y desenrollar la estera de fibra en la dirección transversal.
- 60 14. El conjunto de molde (200) de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el accionador se configura para controlar los rodillos de estera de fibra del actuador de forma independiente entre sí.
- 65 15. El conjunto de molde (200) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 - 14, en el que el conjunto de molde (200) comprende además al menos dos paredes laterales (211, 222) dispuestas sustancialmente en la dirección longitudinal, para guiar pasivamente el descenso de la estera de fibra (212) y la pila de placas pultruidas (211).



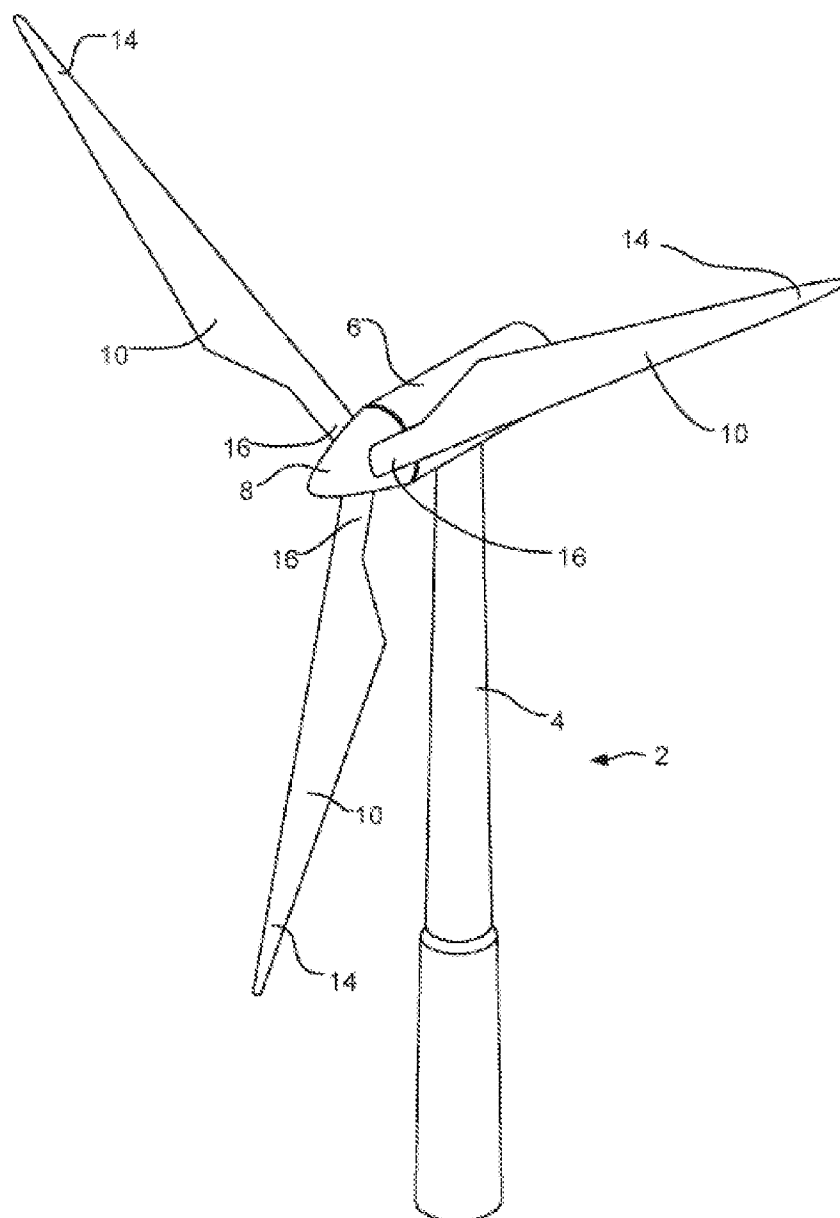


Fig. 1

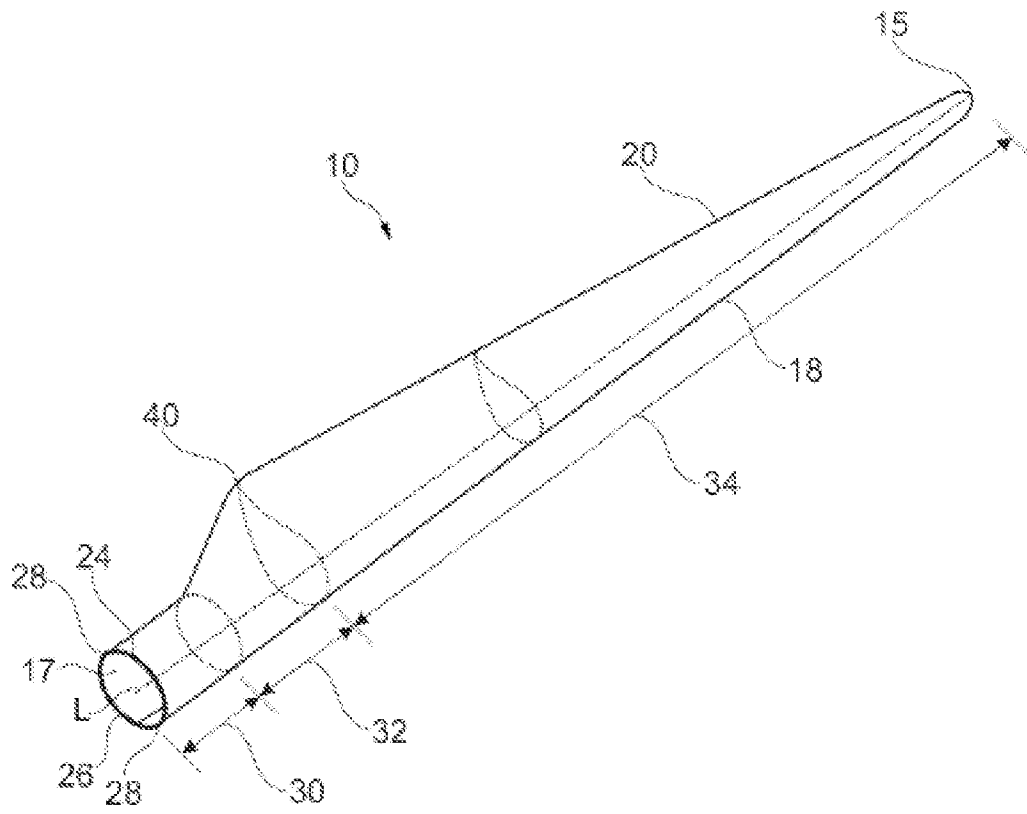


Fig. 2A

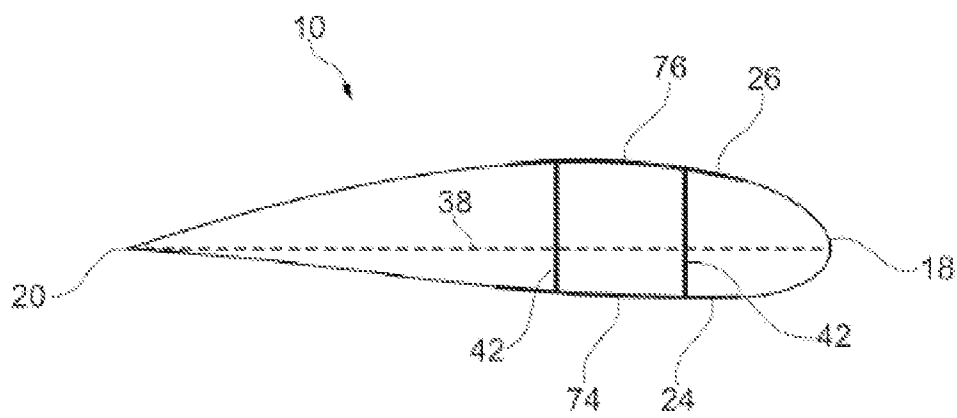


Fig. 2B

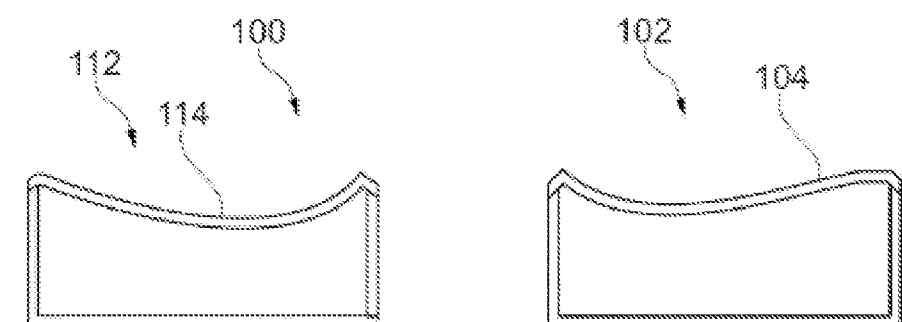


Fig. 2C

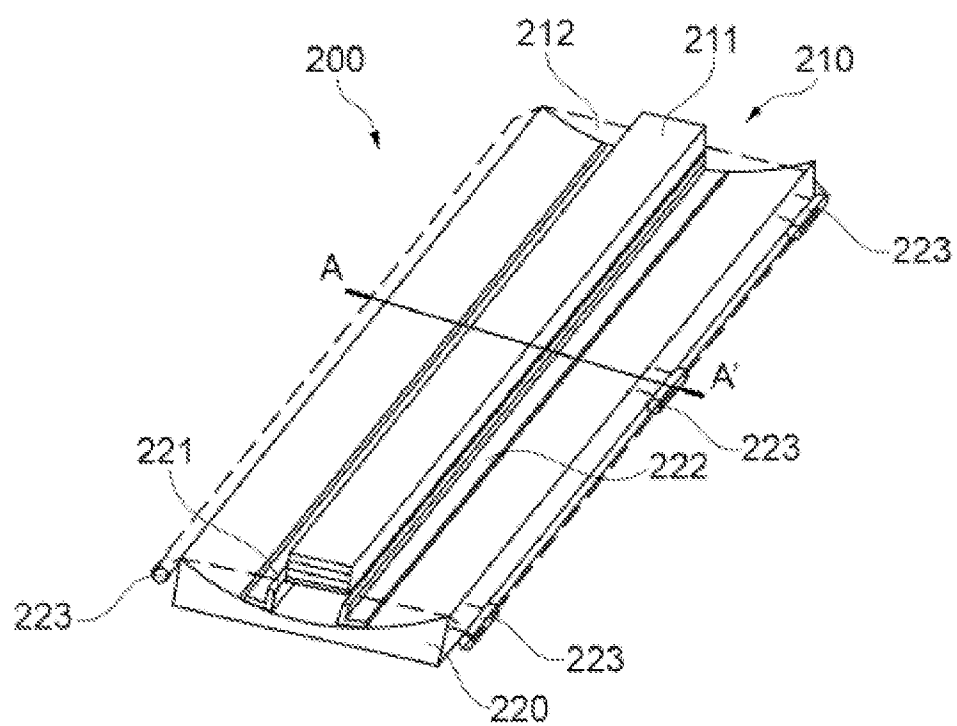


Fig. 3

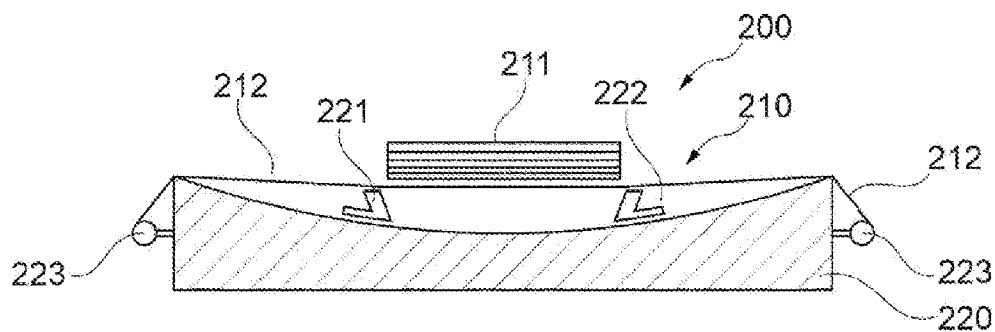


Fig. 4

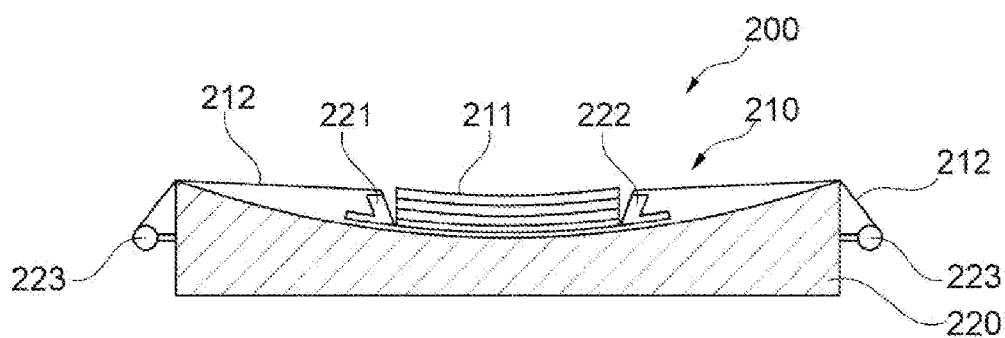


Fig. 5

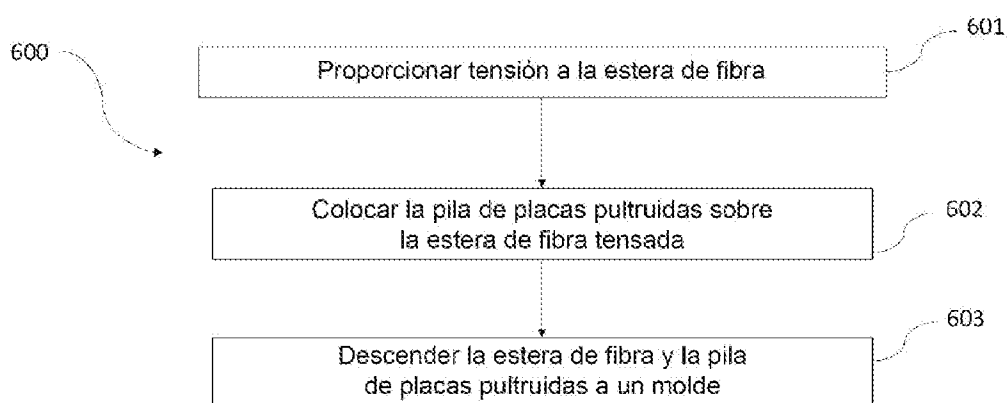


Fig. 6

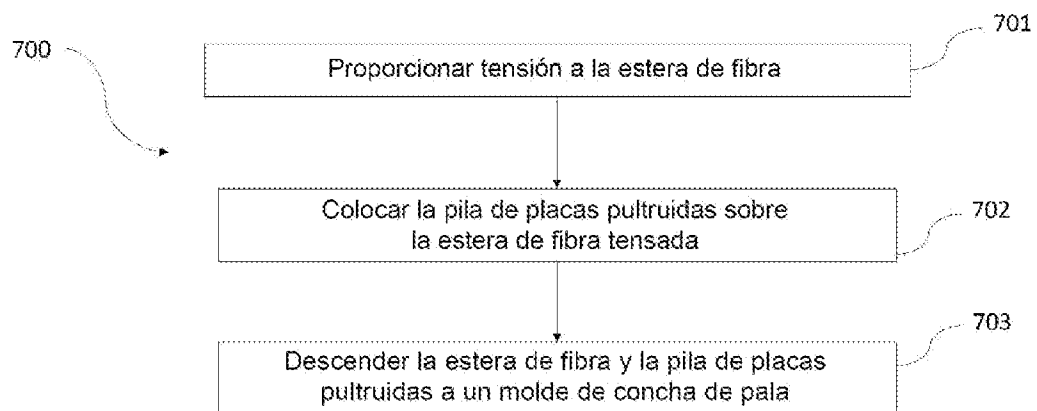


Fig.7