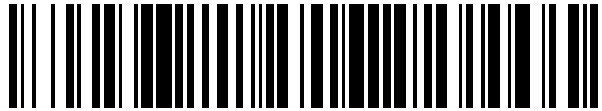


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 942 175**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.11.2013 PCT/US2013/070883**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.05.2014 WO14081754**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2013 E 13801942 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.01.2023 EP 2923077**

54 Título: **Rotor de turbina eólica y procedimientos de montaje del mismo**

30 Prioridad:

21.11.2012 US 201213683734

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

30.05.2023

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

KHAN, ZAEEM, ASHRAF

74 Agente/Representante:

DE ROOIJ, Mathieu Julien

ES 2 942 175 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

Rotor de turbina eólica y procedimientos de montaje del mismo

5 ANTECEDENTES DE LA DIVULGACIÓN

[0001] Las realizaciones aquí descritas se refieren en general a turbinas eólicas y, más en particular, a procedimientos y sistemas para mejorar la eficacia del rotor de una turbina eólica.

10 [0002] Algunas turbinas eólicas pueden incluir un buje de hierro fundido acoplado al eje de una turbina eólica, en el que las palas están acopladas al buje. Más concretamente, los rotores de las turbinas eólicas convencionales pueden utilizar una configuración de tres palas en la que los extremos de raíz de las palas están acoplados al buje. Estos extremos de raíz, sin embargo, pueden no tener forma aerodinámica y no producir potencia a partir del viento. Más concretamente, una parte de la pala cercana al extremo de raíz puede no producir ninguna sustentación aerodinámica apreciable.

15 [0003] Para lograr una mayor conversión de energía, la eficiencia aerodinámica de la turbina eólica puede mejorarse aumentando el tamaño de las palas de la turbina eólica. Sin embargo, el aumento del tamaño de las palas suele implicar el aumento del tamaño de otros componentes y maquinaria de la turbina eólica, lo que puede dar lugar a un aumento de los costes de la turbina eólica. Más concretamente, los costes de transporte, fabricación y/o instalación pueden aumentar en el caso de palas de mayor tamaño. Además, el aumento del tamaño de las palas puede suponer una mayor carga para un conjunto de pitch y un conjunto de orientación ("*yaw assembly*") y, en particular, para los respectivos rodamientos de estos conjuntos, debido a los momentos de flexión y/o las fuerzas de empuje creadas por las palas de gran tamaño. Más concretamente, los momentos de flexión y/o las fuerzas de empuje pueden sobrepasar el límite de carga de los rodamientos típicos.

20 [0004] Además, debido a las cargas aerodinámicas experimentadas durante la operación, las palas más grandes pueden experimentar momentos de abatimiento ("*flap*") y de flexión en el plano en los extremos de raíz que pueden reducir la eficiencia de la turbina eólica. Las cargas aerodinámicas pueden provocar una flexión en los extremos de punta de las palas grandes, en las que una flexión excesiva de la punta puede ser catastrófica si las palas entran en contacto con la torre de la turbina eólica.

25 [0005] El documento WO2010040829 divulga una torre provista en su parte superior de un eje horizontal que tiene un eje. Un rotor de turbina comprende palas de turbina conectadas por una disposición de montaje a miembros de rodamiento y a un rotor o a un generador. Los componentes de las fuerzas que actúan sobre las palas paralelamente al eje se comunican de forma sustancialmente exclusiva a los miembros de rodamiento, por ejemplo mediante miembros rectos rígidos.

30 [0006] El par alrededor del eje producido por las palas se comunica casi exclusivamente al rotor a través de un miembro.

35 [0007] El documento JP 2005 282451 se refiere a un aparato de generación de electricidad a partir del viento que proporciona un generador de energía eólica que proporciona una mayor eficiencia de generación de energía eólica incluso si es de mayor tamaño.

40 BREVE DESCRIPCIÓN DE LA DIVULGACIÓN

45 [0008] En un aspecto, se proporciona un rotor acoplado a un eje. El rotor incluye un buje de estructura en celosía ("*space frame hub*") que tiene una porción central acoplada al eje y un primer miembro estructural, un segundo miembro estructural y un tercer miembro estructural acoplados a la porción central, en el que el primer miembro estructural, el segundo miembro estructural y el tercer miembro estructural tiene una primera longitud. El rotor incluye además una primera pala acoplada al primer miembro estructural, una segunda pala acoplada al segundo miembro estructural y una tercera pala acoplada al tercer miembro estructural y cada una de ellas con un extremo de punta distanciado del eje en una segunda longitud mayor que la primera.

50 [0009] En otro aspecto, se proporciona una turbina eólica. La turbina eólica incluye una torre; una góndola acoplada a la torre; un eje acoplado a la góndola; y un rotor acoplado a la torre. El rotor incluye un buje de estructura en celosía que tiene una porción central acoplada al eje. Una pluralidad de miembros estructurales está acoplada a la porción central, en la que cada miembro de la pluralidad de miembros estructurales tiene una primera longitud. El rotor incluye además una pluralidad de palas, en las que cada pala de la pluralidad de palas está acoplada a una porción respectiva de la pluralidad de porciones y cada pala tiene un extremo de punta distanciado del eje en una segunda longitud mayor que la primera. Un conjunto de pitch está acoplado a cada porción de la pluralidad de porciones y a cada pala de la pluralidad de palas.

55 [0010] Según otro aspecto, se proporciona un procedimiento para acoplar un rotor a un eje. El procedimiento incluye el acoplamiento radial de una porción de estructura en celosía a una porción central de estructura en celosía; el

acoplamiento de un conjunto de pitch a la porción de estructura en celosía; el acoplamiento de una pala a la porción de estructura en celosía y al conjunto de pitch; y el acoplamiento de la porción central de estructura en celosía al eje,

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0011]

La fig. 1 es una vista en perspectiva de una turbina eólica de ejemplo.
 La fig. 2 es una vista en sección parcial de un rotor de ejemplo acoplado a una góndola utilizada con la turbina eólica mostrada en la fig. 1.
 La fig. 3 es una vista en perspectiva de un buje, unas palas y una cúpula de ejemplo del rotor mostrado en la fig. 2.
 La fig. 4 es una vista en perspectiva del buje, una porción central y una pluralidad de porciones del buje mostrado en la fig. 3
 La fig. 5 es otra vista en perspectiva del buje, las palas y la cúpula mostrados en la fig. 3.
 La fig. 6 es una vista en sección transversal del buje y una pala mostrados en la fig. 3.
 La fig. 7 es una vista frontal del rotor mostrado en la fig. 2.
 La fig. 8 muestra un diagrama de flujo de ejemplo que ilustra un procedimiento de montaje de un rotor de una turbina eólica.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA DIVULGACIÓN

[0012] Las realizaciones aquí descritas se refieren a turbinas eólicas y a procedimientos de montaje de una turbina eólica. Más concretamente, las realizaciones se refieren a un rotor configurado para facilitar la minimización de los momentos de flexión de las palas del rotor y la minimización de la desviación de la punta de las palas del rotor. Debe entenderse que las realizaciones aquí descritas para rotores no se limitan a las turbinas eólicas, y debe entenderse además que las descripciones y figuras que utilizan un rotor y una turbina eólica son sólo de ejemplo.

[0013] La fig. 1 es una vista esquemática de una turbina eólica 100 de ejemplo. En la realización de ejemplo, la turbina eólica 100 es una turbina eólica de eje horizontal. Alternativamente, la turbina eólica 100 puede ser una turbina eólica de eje vertical. En la realización de ejemplo, la turbina eólica 100 incluye una torre 102 que se extiende desde una superficie de apoyo 104 y se acopla a ella. La torre 102 puede acoplarse a la superficie 104 con pernos de anclaje o mediante una pieza de montaje de cimentación (no mostrada), por ejemplo. Una góndola 106 está acoplada a la torre 102, y un rotor 108 está acoplado a la góndola 106. El rotor 108 incluye un buje giratorio 110 y una pluralidad de palas 112 acopladas al buje 110. En la realización de ejemplo, el rotor 108 incluye tres palas 112. Alternativamente, el rotor 108 puede tener cualquier número adecuado de palas 112 que permita que la turbina eólica 100 funcione como se describe en el presente documento. La torre 102 puede tener cualquier altura y/o construcción adecuada que permita que la turbina eólica 100 funcione como se describe en el presente documento.

[0014] Las palas del rotor 112 están espaciadas alrededor del buje 110 para facilitar la rotación del rotor 108, transfiriendo así la energía cinética del viento 114 en energía mecánica utilizable y, posteriormente, en energía eléctrica. El rotor 108 y la góndola 106 giran alrededor de la torre 102 sobre un eje de orientación 116 para controlar una orientación de las palas del rotor 112 con respecto a una dirección del viento 114. Las palas del rotor 112 se acoplan al buje 110 acoplando una porción de raíz de las palas del rotor 118 al buje 110 en una pluralidad de regiones de transferencia de carga 120. Las regiones de transferencia de carga 120 tienen, cada una, una región de transferencia de carga al buje (no mostrada) y una región de transferencia de carga a las palas del rotor (no mostrada). Las cargas inducidas a las palas del rotor 112 se transfieren al buje 110 a través de las regiones de transferencia de carga 120. Cada pala del rotor 112 también incluye una porción de punta de pala del rotor 122.

[0015] En la realización de ejemplo, las palas del rotor 112 tienen una longitud de entre aproximadamente 30 metros (m) (99 pies (ft)) y aproximadamente 120 m (394 ft). Alternativamente, las palas del rotor 112 pueden tener cualquier longitud adecuada que permita a la turbina eólica 100 funcionar como se describe en el presente documento. Por ejemplo, las palas del rotor 112 pueden tener una longitud adecuada inferior a 30 m o superior a 120 m. Cuando el viento 114 entra en contacto con la pala del rotor 112, se inducen fuerzas de sustentación en la pala del rotor 112 y se induce la rotación del rotor 108 alrededor de un eje de rotación 124 a medida que se acelera la parte de la punta de la pala del rotor 122.

[0016] La fig. 2 es una vista en sección parcial de la góndola 106 utilizada con la turbina eólica 100. En la realización de ejemplo, varios componentes de la turbina eólica 100 están alojados en la góndola 106. Por ejemplo, en la realización de ejemplo, la góndola 106 incluye conjuntos de pitch 130. Además, en la realización de ejemplo, el rotor 108 está acoplado de forma giratoria a una máquina eléctrica 132, por ejemplo un generador, situada dentro de la góndola 106 a través de un eje del rotor 134 (a veces denominado eje principal o eje de baja velocidad), una caja de engranajes 136, un eje de alta velocidad 138 y un acoplamiento 140. La rotación del eje del rotor 134 acciona rotativamente la caja de engranajes 136 que, a su vez, acciona el eje de alta velocidad 138. El eje de alta velocidad 138 acciona rotativamente el generador 132 a través del acoplamiento 140 y la rotación del eje de alta velocidad 138 facilita la producción de potencia eléctrica por el generador 132. La caja de engranajes 136 se apoya en un soporte

142 y el generador 132 se apoya en un soporte 144. En la realización de ejemplo, la caja de engranajes 136 utiliza una geometría de doble trayectoria para accionar el eje 138 de alta velocidad. Alternativamente, el eje del rotor 134 puede acoplarse directamente al generador 132 mediante el acoplamiento 140.

5 **[0017]** La góndola 106 también incluye un mecanismo de accionamiento de orientación 146 que hace girar la góndola 106 y el rotor 108 alrededor del eje de orientación 116 para controlar la orientación de las palas del rotor 112 con respecto a la dirección del viento 114. La góndola 106 también incluye al menos un mástil meteorológico 148 que, en una realización, incluye una veleta y un anemómetro (ninguno se muestra en la Fig. 2). En una realización, el mástil meteorológico 148 proporciona información, incluida la dirección y/o la velocidad del viento, a un sistema de control de turbina 150. El sistema de control de turbina 150 incluye uno o más controladores u otros procesadores configurados para ejecutar algoritmos de control. Tal como se utiliza en el presente documento, el término "procesador" incluye cualquier sistema programable, incluidos sistemas y microcontroladores, circuitos de conjunto de instrucciones reducidas (RISC), circuitos integrados de aplicación específica (ASIC), circuitos lógicos programables (PLC) y cualquier otro circuito capaz de ejecutar las funciones descritas en el presente documento. Los ejemplos anteriores son meramente ejemplificativos, por lo que no pretenden limitar en modo alguno la definición y/o el significado del término procesador. Además, el sistema de control de turbina 150 puede ejecutar un programa SCADA (supervisión, control y adquisición de datos).

20 **[0018]** El conjunto de pitch 130 está acoplado operativamente al sistema de control de turbina 150. En la realización de ejemplo, la góndola 106 también incluye el rodamiento de apoyo delantero 152 y el rodamiento de apoyo trasero 154. El rodamiento de apoyo delantero 152 y el rodamiento de apoyo trasero 154 facilitan el apoyo radial y la alineación del eje del rotor 134. El rodamiento de apoyo delantero 152 está acoplado al eje del rotor 134 cerca del buje 110. El rodamiento de apoyo de popa 154 está situado en el eje del rotor 134 cerca de la caja de engranajes 136 y/o del generador 132. La góndola 106 puede incluir cualquier número de rodamientos de apoyo que permitan que la turbina eólica 100 funcione como se describe en el presente documento. El eje del rotor 134, el generador 132, la caja de engranajes 136, el eje de alta velocidad 138, el acoplamiento 140 y cualquier dispositivo de fijación, soporte y/o sujeción asociado, incluidos, entre otros, el soporte 142, el soporte 144, el rodamiento de soporte delantero 152 y el rodamiento de soporte trasero 154, se denominan a veces tren de potencia 156.

30 **[0019]** La fig. 3 es una vista en perspectiva del rotor 108 que incluye el buje 110, las palas 112 y una cúpula 158 (porciones retiradas a efectos ilustrativos). El buje 110 está acoplado al eje 134 y la cúpula 158 está acoplada al buje 110. En la realización de ejemplo, el buje 110 incluye una estructura de bastidor en celosía 160 que tiene una configuración rígida, ligera y similar a un entramado, formada por puntales entrelazados 162 en un patrón geométrico 164. La estructura de bastidor en celosía 160 puede incluir cualquier configuración y/o patrón para permitir que el rotor 108 funcione como se describe en el presente documento. La estructura de bastidor en celosía 160 está configurada para soportar la pluralidad de palas 112 alejadas del eje 134 al tiempo que minimiza la longitud y/o la masa de las palas.

40 **[0020]** La fig. 4 ilustra una vista en perspectiva del buje 110 que incluye una porción central 166 y una pluralidad de miembros estructurales 168 acoplados a la porción central 166. La porción central 166 está acoplada al eje 134 e incluye una pluralidad de miembros de puntal 170. En la realización de ejemplo, los miembros de puntal 170 están configurados en una estructura en celosía que tiene una forma de poliedro 172. Más concretamente, los miembros de puntal 170 pueden configurarse en forma de tetraedro o de pirámide cuadrada. Los miembros de puntal 170 pueden incluir cualquier forma para permitir que la porción central 166 funcione como se describe en el presente documento. Los miembros de puntal 170 están configurados para proporcionar una configuración ligera y rígida para soportar los miembros estructurales 168. Los miembros de puntal 170 incluyen materiales tales como, pero no limitados a, metales, plásticos, aleaciones, compuestos y combinaciones de los mismos. Además, los miembros de puntal 170 pueden incluir elementos amortiguadores (no mostrados) como, por ejemplo, amortiguadores y revestimientos amortiguadores.

50 **[0021]** Los miembros estructurales 168 están acoplados a la porción central 166 y están configurados para extenderse radialmente desde ella. En la realización de ejemplo, los miembros estructurales 168 están acoplados radialmente a la porción central 166 y están orientados aproximadamente a un 60% uno del otro. Alternativamente, los miembros estructurales 168 pueden extenderse desde la porción central 166 en cualquier relación angular. Los miembros estructurales 168 incluyen un primer miembro 174, un segundo miembro 176 y un tercer miembro 178. Los miembros estructurales 168 pueden incluir más de tres miembros o menos de tres miembros para permitir que el rotor 108 funcione como se describe en el presente documento. Cada primer miembro 174, segundo miembro 176 y tercer miembro 178 incluye un primer extremo 180 y un segundo extremo 182. El segundo extremo 182 incluye un anillo de soporte del rodamiento de pitch 184 que está configurado para acoplarse al conjunto de pitch 130 (mostrado en la fig. 2).

60 **[0022]** El primer miembro 174, el segundo miembro 176 y el tercer miembro 178 incluyen una pluralidad de miembros primarios 186 acoplados al primer extremo 180 y al segundo extremo 182. Cada primer miembro 174, segundo miembro 176 y tercer miembro 178 incluye además una pluralidad de miembros secundarios 188 acoplados a la pluralidad de miembros primarios 186. Los miembros primarios y secundarios 186 y 188 están configurados para proporcionar una configuración ligera y rígida para soportar las palas 112. Además, cada miembro estructural 168

incluye un miembro de puntal transversal 190 acoplado a los miembros primarios 186 y secundarios 188. El miembro de puntal transversal 190 está configurado para facilitar el tensado del miembro primario y los miembros secundarios 186 y 188. En una realización, los miembros estructurales 168 tienen forma aerodinámica para recibir el viento 114 (mostrado en la fig. 1) para facilitar la rotación del eje 134. Más concretamente, los miembros estructurales 168 pueden incluir palas y/o aspas (no mostradas) para recibir el viento 114 y facilitar la rotación del eje 134.

[0023] En la realización de ejemplo, los miembros primarios 186 están configurados en una estructura en celosía con forma de poliedro 172. Además, los miembros secundarios 188 están configurados en una estructura en celosía con forma de poliedro 172. Alternativamente, los miembros primarios y secundarios 186 y 188 pueden incluir cualquier forma para permitir que los miembros estructurales 168 funcionen como se describe en el presente documento. Además, los miembros primarios y secundarios 186 y 188 incluyen materiales tales como, pero no limitados a, metales, plásticos, aleaciones, compuestos y combinaciones de los mismos. Los miembros primario y secundario 186 y 188 pueden incluir elementos amortiguadores (no mostrados) tales como, pero no limitados a, amortiguadores y revestimientos amortiguadores.

[0024] La fig. 5 es otra vista en perspectiva del buje 110, las palas 112 y la cúpula 158. En la realización de ejemplo, las palas 112 están acopladas a la pluralidad de miembros estructurales 168. Más concretamente, las palas 112 incluyen una primera pala 192 acoplada al primer miembro 174, una segunda pala 194 acoplada al segundo miembro 176 y una tercera pala 196 acoplada al tercer miembro 178. Las palas 112 pueden incluir más de tres palas 112 o menos de tres palas 112. Las palas 112 pueden incluir cualquier número de palas 112 para permitir que el rotor 108 funcione como se describe en el presente documento.

[0025] La primera pala 192, la segunda pala 194 y la tercera pala 196 incluyen un extremo de raíz 198, un extremo de punta 200 y la superficie de la pala 126 entre el extremo de raíz 198 y el extremo de punta 200. El extremo de raíz 198 está acoplado a la segunda porción de extremo 182 de cada porción 168 y separado del eje 134. Cada pala 192, 194 y 196 incluye además un carenado aerodinámico 202 acoplado al extremo de raíz 198. El carenado 202 está configurado para recibir el viento 114 para facilitar la rotación del eje 134, en el que cada carenado 202 incluye una superficie exterior 204 y una superficie interior 206. La superficie exterior 204 está configurada para recibir el viento 114 a fin de aumentar la sustentación aerodinámica para facilitar la rotación del eje 134. La superficie interior 206 define un hueco 208 entre la superficie exterior 204 y el extremo de raíz 198, en el que el hueco 208 está configurado para reducir el peso del carenado 202.

[0026] La cúpula 158 está acoplada a al menos uno de los miembros primero 174, segundo 176 y tercero 178. En la realización de ejemplo, la cúpula 158 tiene forma semicircular y está configurada para dirigir el viento 114 hacia los carenados 202 para facilitar la rotación del eje 134. Alternativamente, la cúpula 158 puede incluir otras formas aerodinámicas, como, por ejemplo, palas y aspas. La cúpula 158 puede incluir cualquier forma para permitir que el rotor 108 funcione como se describe en el presente documento. La cúpula 158 incluye una superficie exterior 210 y una superficie interior 212, en la que la superficie interior 212 está acoplada al segundo extremo 182. La superficie interior 216 está situada junto a los carenados 202 para facilitar la minimización y/o eliminación de los espacios de aire entre la cúpula 158 y los carenados 202 para maximizar la dirección del viento 114 hacia los carenados 202.

[0027] La fig. 6 ilustra una vista en sección transversal del buje 110 y la pala 112. El conjunto de pitch 130 está acoplado a cada pala 112 y a cada uno de los miembros estructurales 168, en el que cada conjunto de pitch 130 está configurado para modular un pitch de la pala 112 asociada alrededor del eje de pitch 128. En la realización de ejemplo, el conjunto de pitch 130 está acoplado al anillo de soporte del rodamiento 184 de cada segundo extremo 182. El conjunto de pitch 130 incluye un motor de pitch 214 y un rodamiento 216, en el que un larguero de tubo 218 de cada pala 112 está acoplado a una carcasa de rodamiento 217.

[0028] Un ángulo de pitch (no mostrado) de las palas 112, es decir, un ángulo que determina la orientación de la pala 112 con respecto a la dirección del viento 114, puede modificarse mediante el conjunto de pitch 130. Más concretamente, el aumento de un ángulo de pitch de la pala 112 disminuye una cantidad de superficie de la pala 126 expuesta al viento 114 y, a la inversa, la disminución de un ángulo de pitch de la pala 112 aumenta una cantidad de superficie de la pala 126 expuesta al viento 114. Los ángulos de pitch de las palas 112 se ajustan alrededor del eje de pitch 128 en cada pala 112. En la realización de ejemplo, los ángulos de pitch de las palas 112 se controlan individualmente. Alternativamente, los ángulos de pitch de las palas 112 pueden controlarse en grupos.

[0029] Cada miembro estructural 168 tiene una primera longitud L1 medida desde el segundo extremo 182 hasta el eje 134. Además, cada pala 112 está separada del eje 134 en una segunda longitud L2 medida desde el extremo de punta 200 al eje 134. La primera longitud L1 es diferente de la segunda longitud L2. En la realización de ejemplo, la primera longitud L1 es más corta que la segunda longitud L2. Más concretamente, la primera longitud L1 es aproximadamente del 10% al 50% de la segunda longitud L2. En una realización, la primera longitud L1 es aproximadamente el 20% de la segunda longitud L2. Las longitudes primera y segunda L2 están dimensionadas para facilitar la maximización de la sustentación aerodinámica de las palas 112 y minimizar la longitud y/o la masa de las palas. Además, las primeras y segundas longitudes L1 y L2 están dimensionadas para minimizar los momentos de flexión de las palas y las desviaciones de la punta de las palas. Alternativamente, la primera longitud L1 puede ser

aproximadamente igual o mayor que la segunda longitud L2. Las longitudes primera y segunda L1 y L2 pueden incluir cualquier tamaño que permita al rotor 108 funcionar como se describe en el presente documento.

[0030] Los miembros estructurales 168 de la porción central 166 del buje 110 están dimensionados y conformados para aumentar la resistencia del rotor 108 a través de los miembros primarios y secundarios 186 y 188 entre los extremos de raíz 198 de las palas y el eje 134 para aumentar la eficiencia del rotor 108. La porción central 166 y los miembros estructurales 168 están configurados para minimizar los momentos de flexión en los extremos de raíz 198 hasta en un 50% en comparación con las palas convencionales en voladizo (no mostradas). Además, la porción central 166 y los miembros estructurales 168 están configurados para minimizar la flexión de los extremos de punta de las palas 200 hasta en un 50% aproximadamente en comparación con las palas en voladizo convencionales. Más concretamente, la parte central 166 y los elementos estructurales 168 están configurados para reducir los momentos de flexión en los extremos de raíz 198 hasta un 30% aproximadamente y la flexión de los extremos de punta 200 hasta un 40% aproximadamente en comparación con las palas en voladizo convencionales.

[0031] La fig. 7 es una vista frontal del rotor 108 mostrado en la fig. 3. Dado que la porción central 166 y los miembros estructurales 168 están configurados para extenderse hacia fuera del eje 134 y soportar las palas 112 lejos del eje 134, la longitud de las palas puede reducirse en comparación con las palas convencionales. Además, una longitud reducida de la pala da como resultado una pala más ligera y menos costosa de fabricar debido a la menor cantidad de material. En la realización de ejemplo, la primera longitud de la porción L1 (mostrada en la fig. 6) es aproximadamente el 20% de la segunda longitud L2 (mostrada en la fig. 6) para facilitar la reducción de la longitud de la pala. La reducción de la longitud de las palas da como resultado un conjunto de pitch 130 más ligero y menos costoso, necesario debido a las menores cargas aplicadas por las palas 112 al conjunto de pitch 130 y, en particular, al rodamiento 216 del conjunto de pitch. Además, el conjunto de pitch 130 está acoplado al segundo extremo 182, donde los momentos de flexión de las palas son hasta un 50% menores en comparación con los momentos de flexión de las palas en el primer extremo 180. Dado que el conjunto de pitch 130 está acoplado al segundo extremo 182 y experimenta menos momentos de flexión, el conjunto de pitch 130 es más ligero y menos costoso.

[0032] La segunda longitud L2 reduce el coste de material, de fabricación, de transporte y/o de instalación de las palas 112 al tiempo que reduce la masa de la torre. Con el buje de estructura en celosía 110 extendiéndose desde el eje 134, el diámetro RD del rotor es sustancialmente el mismo en comparación con los diámetros de rotor convencionales (no mostrados) mientras que el rotor 108 incluye palas 112 de tamaño reducido. Alternativamente, el diámetro RD del rotor puede aumentarse utilizando palas convencionales (no mostradas) ya que el buje de estructura en celosía 110 extiende las palas 112 más allá del eje 134. En la realización de ejemplo, la cúpula 158 tiene un tamaño comprendido entre aproximadamente el 10% y aproximadamente el 30% del diámetro RD del rotor. Más concretamente, la cúpula 158 tiene un tamaño de hasta aproximadamente el 20% del diámetro del rotor RD. La cúpula 158 puede ser de cualquier tamaño para permitir que el rotor 108 funcione como se describe en el presente documento. La cúpula 158 tiene el tamaño y la forma adecuados para dirigir el viento 114 hacia el carenado 202. Alternativamente, la cúpula 158 puede retirarse para exponer las porciones 168 de forma aerodinámica que están configuradas para recibir el viento 114 para facilitar la rotación del eje 134.

[0033] La fig. 8 ilustra un diagrama de flujo de ejemplo que ilustra un procedimiento 800 de montaje de un rotor, por ejemplo el rotor 108 (mostrado en la fig. 3). El procedimiento 800 incluye formar 802 una porción central de estructura en celosía, por ejemplo la porción central 166 (mostrada en la fig. 4), a partir de una pluralidad de puntales, como los puntales 170 (mostrados en la fig. 4). En el procedimiento de ejemplo 800, la porción de estructura en celosía se forma en forma de poliedro, por ejemplo la forma de poliedro 162 (mostrada en la Fig. 3). La porción de estructura en celosía, por ejemplo la porción de estructura en celosía 168 (mostrada en la Fig. 4), también se forma 804 a partir de una pluralidad de miembros, por ejemplo los miembros 186 y 188 (mostrados en la Fig. 4). La porción de estructura en celosía incluye un primer miembro, un segundo miembro y un tercer miembro, por ejemplo el primer miembro 174, el segundo miembro 176 y el tercer miembro 178 (mostrados en la Fig. 4). La porción de estructura en celosía está acoplada 806 a la porción central del estructura en celosía. El procedimiento 800 incluye el acoplamiento 808 de un conjunto de pitch, por ejemplo el conjunto de pitch 130 (mostrado en la fig. 6), a cada miembro.

[0034] El procedimiento 800 incluye el acoplamiento 810 de una pala, como la pala 112 (mostrada en la fig. 3), a la porción de estructura en celosía. La pala incluye una primera pala, una segunda pala y una tercera pala, por ejemplo la primera pala 192, la segunda pala 194 y la tercera pala 196 (mostradas en la Fig. 3), que están acopladas al primer miembro, al segundo miembro y al tercer miembro respectivamente. Además, la pala está acoplada 812 al conjunto pitch.

[0035] En la realización de ejemplo, el procedimiento 800 incluye el acoplamiento 814 de un carenado aerodinámico, por ejemplo el carenado 202 (mostrado en la fig. 3), a la pala. Más concretamente, el carenado se acopla a un extremo de raíz, por ejemplo el extremo de raíz 198 (mostrado en la fig. 3), de la pala. Además, el procedimiento 800 incluye el acoplamiento 816 de una cúpula, por ejemplo la cúpula 158 (mostrada en la Fig. 5), a la porción de estructura en celosía. Más concretamente, la cúpula se acopla a un segundo extremo, por ejemplo, el segundo extremo 182 (mostrado en la fig. 3). El procedimiento 800 incluye además el acoplamiento 818 de la porción central a un eje, por ejemplo el eje 134 (mostrado en la Fig. 5).

5 **[0036]** Las realizaciones aquí descritas se refieren a un rotor configurado para mejorar la eficacia aerodinámica de una turbina eólica con el fin de aumentar la conversión de energía superior. Las realizaciones aquí descritas reducen los costes de fabricación, de transporte y/o de instalación. Además, las realizaciones aquí descritas reducen los momentos de flexión de las palas y/o la desviación de la punta de las palas y/o las cargas aplicadas a los componentes de la turbina, como los conjuntos de pitch y orientación.

10 **[0037]** Un efecto técnico de los sistemas y procedimientos aquí descritos incluye al menos uno de los siguientes: un rotor que tiene un buje de estructura en celosía con una parte central acoplada al eje y un primer miembro, un segundo miembro y un tercer miembro acoplados a la parte central, en el que el primer miembro, el segundo miembro y el tercer miembro tienen cada uno una primera longitud; y una primera pala acoplada al primer miembro, una segunda pala acoplada al segundo miembro y una tercera pala acoplada al tercer miembro y cada una de ellas tiene una segunda longitud mayor que la primera.

15 **[0038]** Las realizaciones de ejemplo de un rotor y los procedimientos para su conjunto se describen anteriormente en detalle. Los procedimientos y sistemas no se limitan a las realizaciones específicas aquí descritas, sino que los componentes de los sistemas y/o etapas de los procedimientos pueden utilizarse independientemente y por separado de otros componentes y/o etapas aquí descritos. Por ejemplo, los procedimientos también pueden utilizarse en combinación con otros sistemas y procedimientos de fabricación, y no se limitan a la práctica únicamente con los sistemas y procedimientos aquí descritos. Más bien, la realización de ejemplo puede implementarse y utilizarse en
20 conexión con muchas otras aplicaciones de componentes eléctricos.

[0039] Aunque características específicas de varias realizaciones de la invención pueden mostrarse en algunos dibujos y no en otros, esto es sólo por conveniencia.

25 **[0040]** Esta descripción escrita utiliza ejemplos para divulgar la invención, incluido el mejor modo, y también para permitir a cualquier experto en la materia poner en práctica la invención, incluida la fabricación y el uso de cualquier dispositivo o sistema y la realización de cualquier procedimiento incorporado. El alcance de la materia reivindicada se define en las reivindicaciones.

30

REIVINDICACIONES

1. Un rotor (108) acoplado a un eje giratorio (134), dicho rotor (108) comprendiendo:
 - 5 un buje de estructura en celosía (110) que comprende una porción central (166) acoplada al eje giratorio (134) y un primer miembro estructural (174), un segundo miembro estructural (176) y un tercer miembro estructural (178) acoplados a dicha porción central (166), teniendo cada uno de dichos primero, segundo y tercer miembros estructurales (174, 176, 178) una primera longitud en la que cada uno de dichos primero, segundo y tercer miembros estructurales (174, 176, 178) comprende una pluralidad de miembros primarios entrelazados (186) y una pluralidad de miembros secundarios (188) entrelazados, y
 - 10 una primera pala (192) acoplada a dicho primer miembro estructural (174), una segunda pala (194) acoplada a dicho segundo miembro estructural (176), y una tercera pala (196) acoplada a dicho tercer miembro estructural (178) y cada una de ellas con un extremo de punta separado del eje (134) en una segunda longitud mayor que dicha primera longitud.
 - 15 2. El rotor (108) de la reivindicación 1, en el que dicha porción central (166) comprende una pluralidad de largueros entrelazados (170) en forma de poliedro.
 3. El rotor (108) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los largueros (170) tienen forma de
 - 20 tetraedro.
 4. El rotor (108) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer miembro estructural (174), el segundo miembro estructural (176) y el tercer miembro estructural (178) del rotor (108) tienen forma
 - 25 aerodinámica.
 5. El rotor (108) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha primera longitud es de aproximadamente el 10% a aproximadamente el 40% de dicha segunda longitud.
 6. El rotor (108) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha primera pala (192), segunda pala (194) y tercera pala (196) comprenden cada una un carenado aerodinámico.
 7. El rotor (108) de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, comprendiendo además una cúpula
 - 35 semicircular (158) acoplada a dicho primer miembro estructural (174), segundo miembro estructural (176) y tercer miembro estructural (178).
 8. El rotor (108) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo además
 - 40 un primer conjunto de pitch (130) acoplado a dicho primer miembro estructural (174) y a dicha primera pala (192), un segundo conjunto de pitch (130) acoplado a dicho segundo miembro estructural (176) y a dicha segunda pala (194) y un tercer conjunto de pitch (130) acoplado a dicho tercer miembro estructural (176) y a dicha tercera pala (196).
 9. Una turbina eólica (100), comprendiendo:
 - 45 una torre (102);
 - una góndola (106) acoplada a dicha torre (102);
 - un eje (134) acoplado a dicha góndola (106); y
 - un rotor (108) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes acoplado a dicha torre (102).
 10. Un procedimiento de montaje de un rotor (108) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores a un eje (134), dicho procedimiento caracterizado por comprender:
 - 50 acoplar radialmente una porción de estructura en celosía a una porción central de estructura en celosía (806);
 - acoplar un conjunto de pitch a la porción de estructura en celosía (808);
 - 55 acoplar una pala a la porción de estructura en celosía y al conjunto de pitch (810); y
 - acoplar la parte central de la estructura en celosía al eje (818).

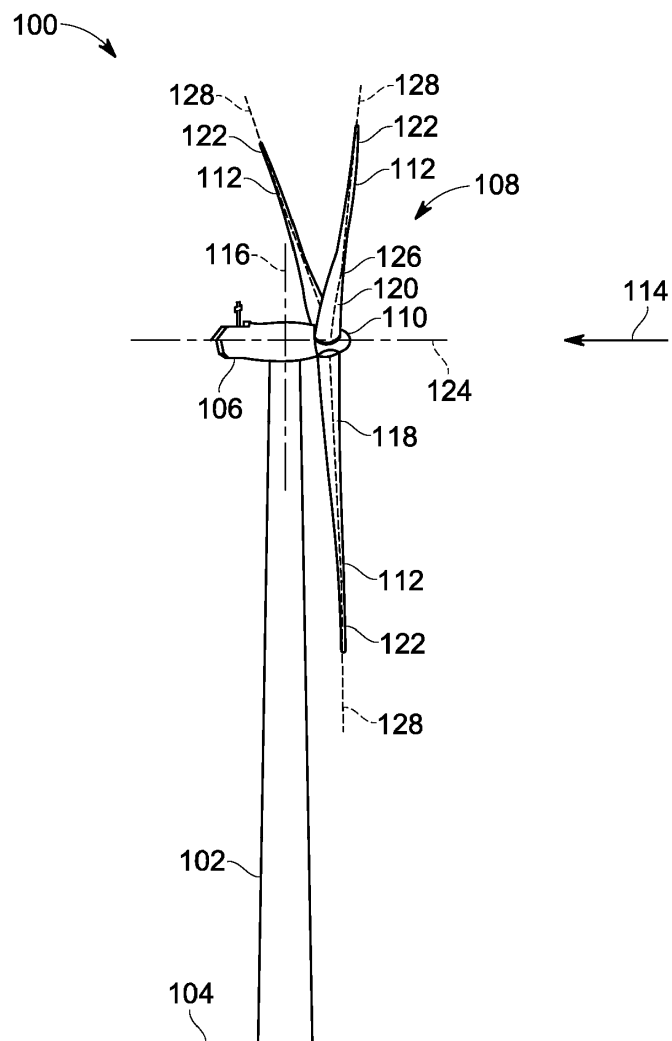


FIG. 1

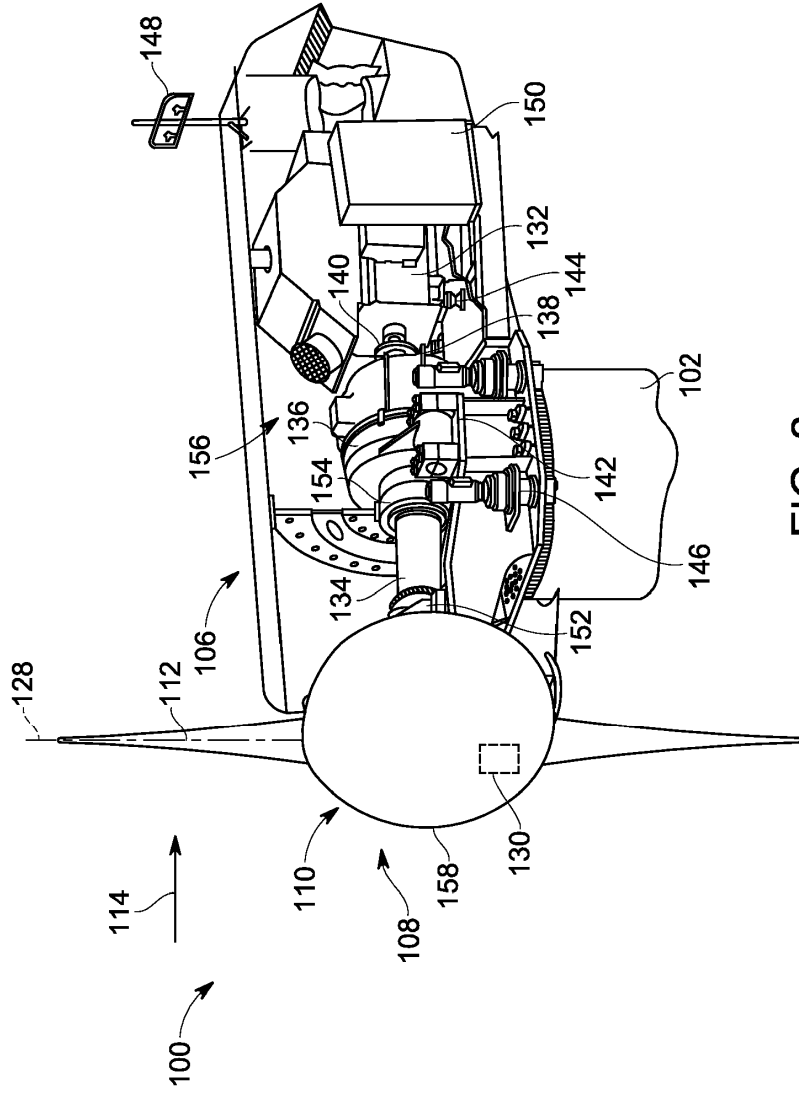


FIG. 2

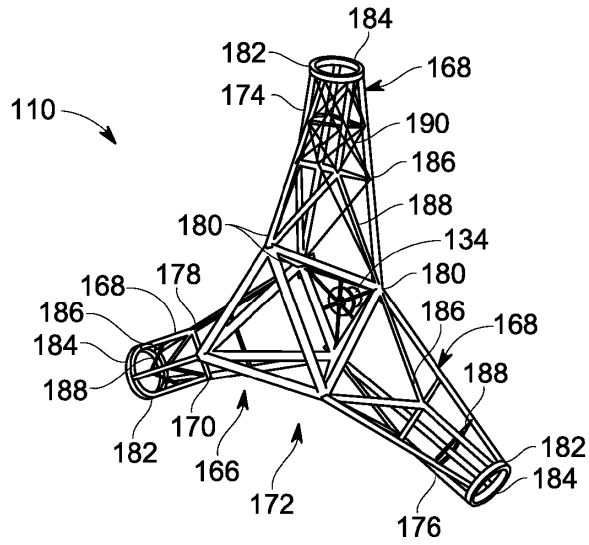


FIG. 4

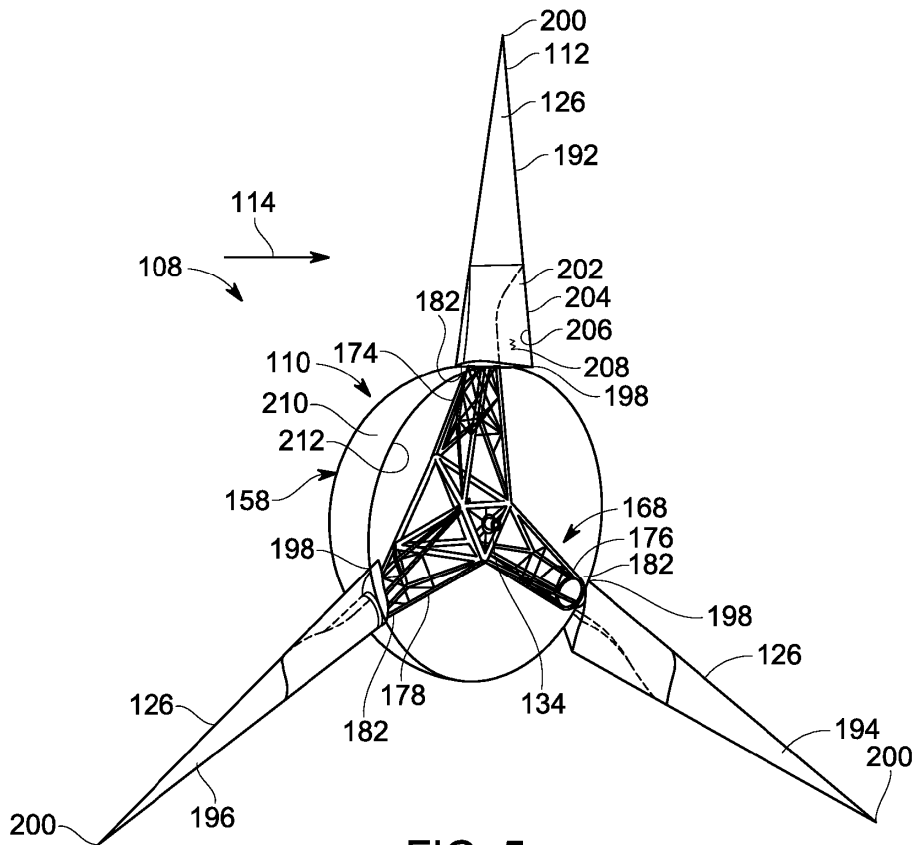


FIG. 5

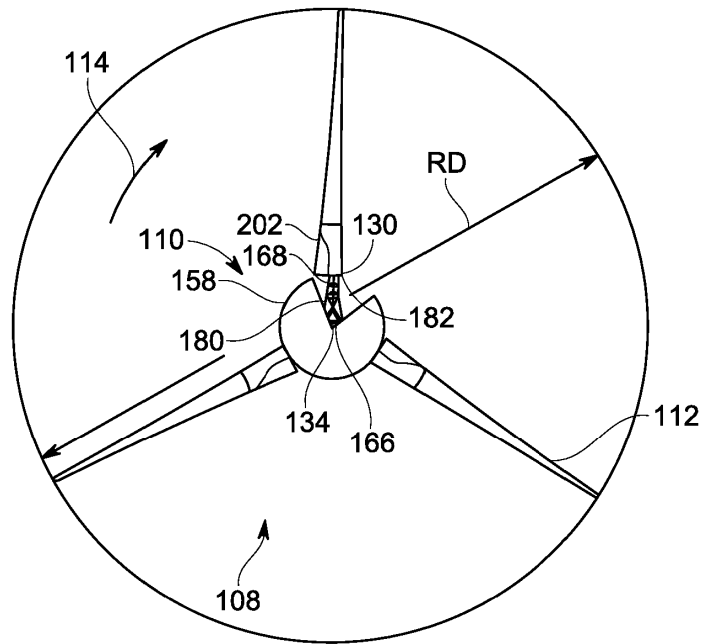


FIG. 7

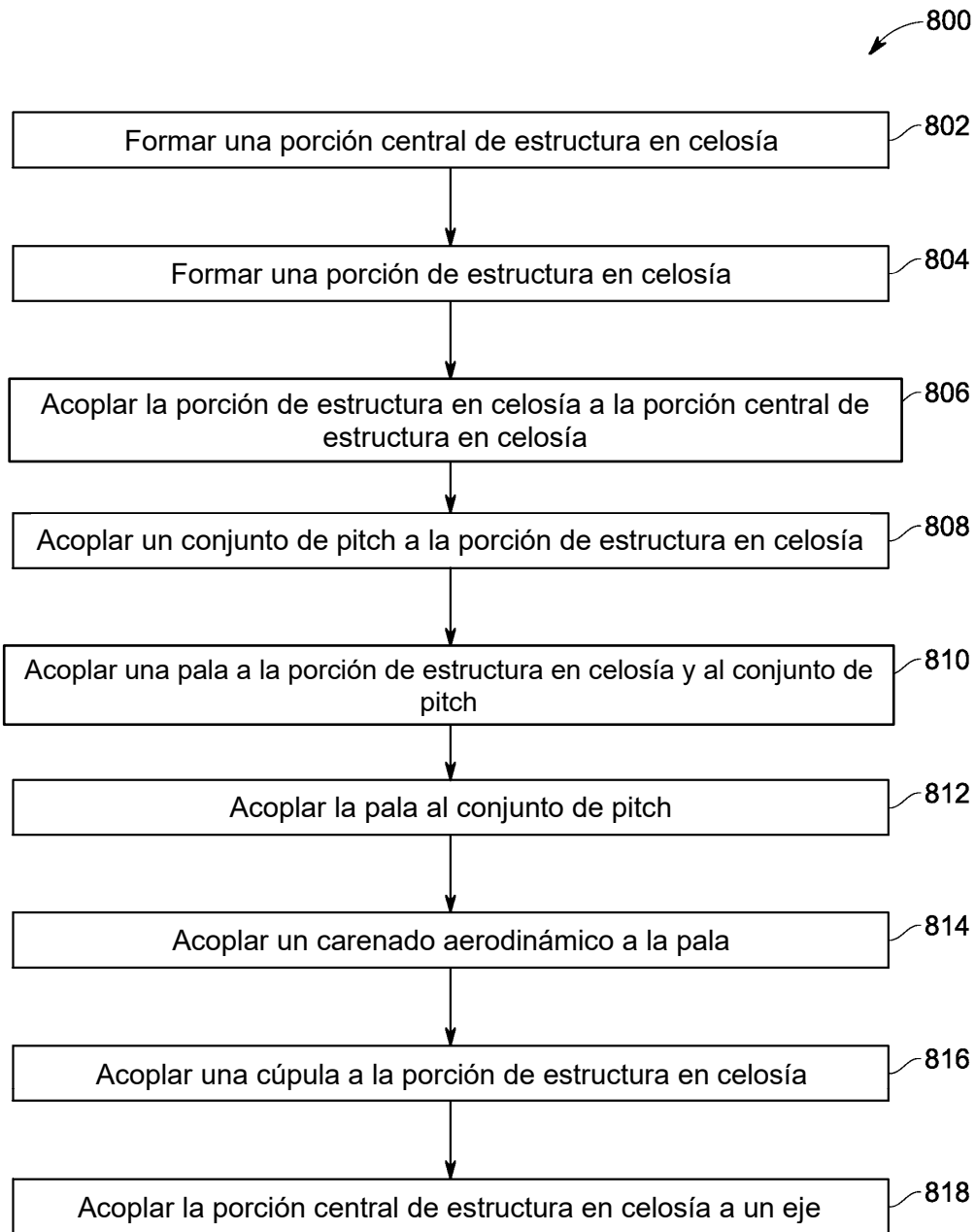


FIG. 8