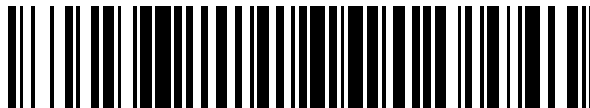


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 929 901**

51 Int. Cl.:

**F03D 1/06**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.07.2018 E 18183699 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.08.2022 EP 3431751**

54 Título: **Sistema y procedimiento para suspender una pala de rotor de una turbina eólica torre arriba**

30 Prioridad:

**17.07.2017 US 201715651109**

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

**02.12.2022**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**JOHNSON, DON CONRAD;  
DAVIS, ADAM SEAN y  
OLSON, DANIEL LEROY**

74 Agente/Representante:

**DE ROOIJ , Mathieu Julien**

**ES 2 929 901 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

Sistema y procedimiento para suspender una pala de rotor de una turbina eólica torre arriba

5 **[0001]** La presente divulgación se refiere, en general, a turbinas eólicas y, más concretamente, a sistemas y procedimientos para suspender una pala de rotor de una turbina eólica.

10 **[0002]** La energía eólica está considerada como una de las fuentes de energía más limpias y respetuosas con el medio ambiente que existen en la actualidad, y las turbinas eólicas han ganado cada vez más atención en este sentido. Una turbina eólica moderna suele incluir una torre, un generador, una caja de engranajes, una góndola y una o varias palas de rotor. Las palas de rotor capturan la energía cinética del viento utilizando principios de perfil alar conocidos. Las palas de rotor transmiten la energía cinética en forma de energía rotativa para hacer girar un eje que acopla las palas de rotor a una caja de engranajes o, si no se utiliza una caja de engranajes, directamente al generador. El generador convierte entonces la energía mecánica en energía eléctrica que puede ser  
15 suministrada a una red de suministro.

20 **[0003]** Además, cada una de las palas de rotor está configurada para girar alrededor de un eje de pitch a través de un rodamiento de pitch montado entre la pala de rotor y el buje. Si uno de los rodamientos de pitch se estropea y debe ser sustituido y/o reparado, es necesario transportar una grúa de gran tamaño al emplazamiento de la turbina eólica para proporcionar un medio para elevar y/o descender la pala de rotor asociada con respecto al buje. El funcionamiento de dichas grúas es complejo y el proceso para elevar y/o descender las palas del rotor utilizando dichas grúas requiere mucho tiempo y trabajo.

25 **[0004]** En consecuencia, se acogerían con agrado en la tecnología procedimientos mejorados y sistemas relacionados para suspender una pala de rotor de una turbina eólica mientras se repara o sustituye el rodamiento de pitch que aborda los problemas mencionados.

30 **[0005]** El documento US2015/048043 divulga un aparato de grúa y un procedimiento descrito para la sustentación de una carga pesada, como una unidad de generador de turbina eólica, en una torre de turbina eólica.

**[0006]** Diversos aspectos y ventajas de la invención se expondrán en parte en la siguiente descripción, o pueden resultar claros a partir de la descripción, o pueden aprenderse mediante la práctica de la invención.

35 **[0007]** En un aspecto, la presente divulgación se dirige a un procedimiento para suspender una pala de rotor torre arriba ("*uptower*"). El procedimiento incluye el montaje de un primer extremo de una estructura de soporte en una primera ubicación torre arriba de la turbina eólica. El procedimiento también incluye fijar la pala de rotor a un segundo extremo de la estructura de soporte. Además, el procedimiento incluye montar al menos un conjunto de bloque de poleas ("*pulley block assembly*") entre una segunda ubicación torre arriba y la estructura de soporte. Además, el procedimiento incluye dirigir al menos un cable de polea desde al menos un cabrestante sobre el al  
40 menos un conjunto de bloque de poleas. Además, el procedimiento incluye desacoplar la pala de rotor del buje de la turbina eólica. Una vez desacoplada la pala de rotor, el procedimiento incluye girar la estructura de soporte en torno al primer extremo mediante una operación coordinada del cabrestante ("*coordinated winch operation*"), de manera que la pala de rotor descienda una distancia predeterminada respecto al buje. Así, el procedimiento también incluye la suspensión de la pala de rotor a la distancia predeterminada del buje a través de la estructura de soporte.  
45

50 **[0008]** En una realización, el procedimiento puede incluir el posicionamiento de la pala de rotor hacia una ubicación en el suelo en una posición sustancialmente a las seis en punto. En otra realización, el procedimiento puede incluir también desacoplar la pala de rotor del buje de la turbina eólica con un rodamiento de pitch acoplado a la misma.

**[0009]** En otras realizaciones, el procedimiento puede incluir fijar la pala de rotor al segundo extremo de la estructura de soporte a través de uno o más miembros de sujeción.

55 **[0010]** En varias realizaciones, la primera y la segunda ubicación torre arriba pueden estar situadas en una bancada ("*bedplate*") y/o en una góndola de la turbina eólica. En tales realizaciones, el procedimiento puede incluir el montaje del primer extremo de la estructura de soporte a la bancada en un punto de articulación y la rotación de la estructura de soporte en torno al punto de articulación mediante una operación coordinada del cabrestante para descender la pala de rotor a la distancia predeterminada del buje.  
60

**[0011]** En otras realizaciones, la estructura de soporte puede incluir, al menos, un primer brazo de estructura de soporte y un segundo brazo de estructura de soporte. En dichas realizaciones, el procedimiento puede incluir montar los primeros extremos del primer y segundo brazo de la estructura de soporte en lados opuestos de la bancada.  
65

5 [0012] En determinadas realizaciones, el(los) conjunto(s) de bloque de poleas puede(n) incluir al menos un primer bloque de poleas montado en la bancada de la turbina eólica y al menos un segundo bloque de poleas montado en la estructura de soporte. Más concretamente, en una realización, el procedimiento puede incluir la provisión de un primer y un segundo conjunto de bloque de poleas en lados opuestos de la bancada. Por ejemplo, en varias realizaciones, los conjuntos de bloque de poleas primero y segundo pueden incluir al menos un primer bloque de poleas montado en la segunda ubicación torre arriba de la turbina eólica y al menos un segundo bloque de poleas montado en los primeros y segundos brazos de la estructura de soporte.

10 [0013] En otras realizaciones, la etapa de girar la estructura de soporte alrededor de la primera ubicación torre arriba mediante una operación coordinada del cabrestante para descender la pala de rotor a la distancia predeterminada del buje puede incluir descender la pala de rotor desde una primera posición en el buje a una segunda posición que está más cerca de una torre de la turbina eólica que la primera posición. En otras realizaciones, el procedimiento puede incluir fijar la pala de rotor a la torre de la turbina eólica en una raíz de pala y en una punta de pala de rotor durante la suspensión de la misma a través de al menos uno de los miembros de sujeción, una funda, una o más líneas de soporte, o combinaciones de los mismos.

15 [0014] En otro aspecto, la presente divulgación está dirigida a un sistema para suspender una pala de rotor torre arriba. El sistema incluye una estructura de soporte que tiene un primer extremo y un segundo extremo. El primer extremo incluye un punto de articulación para fijar una primera ubicación torre arriba de la turbina eólica. El segundo extremo está configurado para recibir y fijar la pala de rotor en él. El sistema incluye además al menos un conjunto de bloque de poleas montado entre la primera ubicación torre arriba y la estructura de soporte. Además, el sistema incluye al menos un cabrestante y al menos un cable de polea dirigido desde al menos un cabrestante sobre el al menos un conjunto de bloque de poleas. Así, la estructura de soporte está configurada para girar en torno al punto de articulación a través de una operación coordinada del cabrestante para descender la pala de rotor a una distancia predeterminada de un buje de la turbina eólica y suspender la pala de rotor a la distancia predeterminada del buje.

20 [0015] En una realización, el segundo extremo de la estructura de soporte puede incluir uno o más miembros de sujeción configurados para recibir y fijar la pala de rotor en el mismo. Debe entenderse además que el sistema puede incluir además cualquiera de las características adicionales descritas en el presente documento.

25 [0016] Varias características, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción y a las reivindicaciones adjuntas. Los dibujos adjuntos, que se incorporan a esta especificación y forman parte de ella, ilustran realizaciones de la invención y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la misma.

30 [0017] En los dibujos:

35 La FIG. 1 ilustra una vista en perspectiva de una turbina eólica según una realización de la presente divulgación;

40 La FIG. 2 ilustra una vista interna simplificada de una góndola de una turbina eólica según la presente divulgación;

45 La FIG. 3 ilustra una vista en perspectiva de una pala de rotor de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

La FIG. 4 ilustra una vista en perspectiva de otra realización de una turbina eólica, en particular ilustrando una de las palas de rotor suspendida torre arriba a través de la estructura de soporte según la presente divulgación;

50 La FIG. 5 ilustra una vista detallada de la turbina eólica de la FIG. 4, en particular ilustrando una de las palas del rotor suspendida torre arriba a través de la estructura de soporte según la presente divulgación;

55 La FIG. 6 ilustra una vista en perspectiva de una de las formas de realización de la estructura de soporte según la presente divulgación;

La FIG. 7 ilustra una vista lateral de una góndola de una turbina eólica, en la que se aprecia en particular una de las palas de rotor suspendida en la parte superior a través de la estructura de soporte según la presente divulgación;

60 La FIG. 8 ilustra un diagrama de flujo de una realización de un procedimiento para suspender una pala de rotor a través de la estructura de soporte según la presente divulgación;

65 La FIG. 9 ilustra una vista en perspectiva de otra realización de la estructura de soporte según la presente divulgación;

La FIG. 10 ilustra una vista en perspectiva de otra realización de una turbina eólica, en particular ilustrando una de las palas de rotor fijada a la torre mediante una funda de pala según la presente divulgación;

La FIG. 11 ilustra una vista detallada y en perspectiva de la turbina eólica de la FIG. 10; y

La FIG. 12 ilustra una vista en perspectiva de otra realización de una turbina eólica, en particular ilustrando una de las palas de rotor fijada a la torre mediante una pluralidad de fundas de pala según la presente divulgación.

**[0018]** A continuación se hará referencia en detalle a las realizaciones de la invención, uno o más ejemplos de las cuales se ilustran en los dibujos. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención, no de limitación de la misma. De hecho, será evidente para los expertos en la materia que se pueden realizar diversas modificaciones y variaciones en la presente invención sin apartarse del alcance de las reivindicaciones. Se pretende que la presente invención cubra las modificaciones y variaciones que entren en el ámbito de las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes.

**[0019]** Refiriéndonos ahora a los dibujos, la FIG. 1 ilustra una vista lateral de una realización de una turbina eólica 10. Como se muestra, la turbina eólica 10 incluye generalmente una torre 12 que se extiende desde una superficie de apoyo 14 (por ejemplo, el suelo, una plataforma de hormigón o cualquier otra superficie de apoyo adecuada). Además, la turbina eólica 10 puede incluir una góndola 16 montada en la torre 12 y un rotor 18 acoplado a la góndola 16. El rotor 18 incluye un buje giratorio 20 y al menos una pala de rotor 22 acoplada y que se extiende hacia el exterior desde el buje 20. Por ejemplo, en la realización ilustrada, el rotor 18 incluye tres palas 22. Sin embargo, en una realización alternativa, el rotor 19 puede incluir más o menos de tres palas 22. Cada pala 22 de rotor puede estar espaciada alrededor del buje 20 para facilitar la rotación del rotor 19 y permitir que la energía cinética se transfiera del viento a energía mecánica utilizable y, posteriormente, a energía eléctrica. Por ejemplo, el buje 20 puede estar acoplado de forma rotativa a un generador eléctrico 25 (FIG. 2) situado dentro de la góndola 16 para permitir la producción de energía eléctrica.

**[0020]** Refiriéndonos ahora a la FIG. 2, se ilustra una vista interna simplificada de una de las formas de realización de la góndola 16 de la turbina eólica 10 mostrada en la FIG. 1. Como se muestra, el generador 25 puede estar dispuesto dentro de la góndola 16. En general, el generador 25 puede estar acoplado al rotor 18 para producir potencia eléctrica a partir de la energía de rotación generada por el rotor 18. Por ejemplo, como se muestra en la realización ilustrada, el rotor 18 puede incluir un eje de rotor 27 acoplado al buje 20 para su rotación. El eje de rotor 27 puede, a su vez, estar acoplado de forma giratoria a un eje de generador 29 del generador 25 a través de una caja de engranajes 33. Como se entiende generalmente, el eje de rotor 27 puede proporcionar una entrada de baja velocidad y alto par a la caja de engranajes 33 en respuesta a la rotación de las palas de rotor 22 y el buje 20. La caja de engranajes 33 puede entonces estar configurada para convertir la entrada de baja velocidad y alto par en una salida de alta velocidad y bajo par para accionar el eje de generador 29 y, por tanto, el generador 25.

**[0021]** La turbina eólica 10 también puede incluir un controlador 35 centralizado dentro de la góndola 16. Alternativamente, el controlador 35 puede estar situado dentro de cualquier otro componente de la turbina eólica 10 o en un lugar exterior a la turbina eólica 10. Además, el controlador 35 puede estar acoplado comunicativamente a cualquier número de componentes de la turbina eólica 10 para controlar el funcionamiento de dichos componentes y/o implementar diversas acciones de corrección como se describe en el presente documento.

**[0022]** Siguiendo con la FIG. 2, cada pala de rotor 22 puede incluir también un mecanismo de accionamiento de pitch 45 configurado para girar cada pala de rotor 22 alrededor de su eje de pitch 47. Además, cada mecanismo de accionamiento de pitch 45 puede incluir un motor de accionamiento de pitch 49 (por ejemplo, cualquier motor eléctrico, hidráulico o neumático adecuado), una caja de engranajes de pitch 50 y un piñón de pitch 51. En tales realizaciones, el motor de accionamiento de pitch 49 puede estar acoplado a la caja de engranajes de accionamiento de pitch 50, de modo que el motor de accionamiento de pitch 49 imparte fuerza mecánica a la caja de engranajes de accionamiento de pitch 50. Del mismo modo, la caja de engranajes de accionamiento del pitch 50 puede estar acoplada al piñón de accionamiento del pitch 51 para girar con él. El piñón de accionamiento del pitch 51 puede, a su vez, estar en contacto con un rodamiento del pitch 52 acoplado entre el buje 20 y una pala de rotor 22 correspondiente, de modo que la rotación del piñón de accionamiento del pitch 51 provoca la rotación del rodamiento del pitch 52. Así, en estas realizaciones, la rotación del motor de accionamiento del pitch 49 acciona la caja de engranajes del pitch 50 y el piñón de accionamiento del pitch 51, girando así el rodamiento del pitch 52 y la pala de rotor 22 alrededor del eje del pitch 47. Del mismo modo, la turbina eólica 10 puede incluir uno o más mecanismos de accionamiento de orientación 54 acoplados de forma comunicativa al controlador 35, estando cada mecanismo(s) de accionamiento de orientación 54 configurado(s) para cambiar el ángulo de la góndola 16 con respecto al viento (por ejemplo, enganchando un rodamiento de orientación 56 de la turbina eólica 10).

**[0023]** Refiriéndose ahora a la FIG. 3, se ilustra una vista en perspectiva de una de las palas del rotor 22 mostradas en la FIG. 1 de acuerdo con aspectos de la presente materia. Como se muestra, la pala de rotor 22 incluye una raíz de pala 24 configurada para montar la pala de rotor 22 en el buje 20 de una turbina eólica 10 (FIG. 1) y una punta de pala 26 dispuesta frente a la raíz de pala 24. Un cuerpo 28 de la pala de rotor 22 puede extenderse

longitudinalmente entre la raíz de pala 24 y la punta de pala 26 y puede servir generalmente como la concha exterior de la pala de rotor 22. Como se entiende generalmente, el cuerpo 28 puede definir un perfil aerodinámico (por ejemplo, definiendo una sección transversal con forma de perfil alar, como una sección transversal simétrica o curvada) para permitir que la pala de rotor 22 capture la energía cinética del viento utilizando principios aerodinámicos conocidos. Así, el cuerpo 28 puede incluir generalmente un lado de presión 30 y un lado de succión 32 que se extienden entre un borde de ataque 34 y un borde de salida 36. Además, la pala de rotor 22 puede tener una envergadura 38 que define la longitud total del cuerpo 28 entre la raíz de pala 24 y la punta de pala 26 y una cuerda 40 que define la longitud total del cuerpo 28 entre el borde de ataque 34 y el borde de salida 36. Como se entiende generalmente, la cuerda 40 puede variar en longitud con respecto a la envergadura 38 a medida que el cuerpo 29 se extiende desde la raíz de pala 24 hasta la punta de pala 26.

**[0024]** Además, como se muestra en la FIG. 2, la pala 22 del rotor puede incluir también una pluralidad de pernos en T o conjuntos de fijación de raíz 42 para acoplar la raíz de pala 22 al buje 20 de la turbina eólica 10. En general, cada conjunto de fijación de raíz 42 puede incluir una tuerca de cañón ("barrel nut") 44 montada dentro de una porción de la raíz de pala 24 y un perno de raíz 46 acoplado a la tuerca de cañón 44 y que se extiende desde ella para proyectarse hacia fuera desde un extremo de raíz 48 de la raíz de pala 24. Al proyectarse hacia fuera desde el extremo de raíz 48, los pernos del buje 46 pueden utilizarse generalmente para acoplar la raíz de pala 24 al buje 20 a través de uno de los rodamientos de pitch 52 de la turbina eólica 10. Por ejemplo, el rodamiento de pitch 52 puede definir una pluralidad de orificios para pernos configurados para recibir los pernos de buje 48.

**[0025]** A continuación se describirán, con referencia a las FIGS. 4-9, diversas realizaciones de procedimientos para suspender una de las palas del rotor 22 del buje 20 de la turbina eólica 10, incluyendo diversos componentes del sistema que pueden utilizarse en la realización de dichos procedimientos. También debe apreciarse que, aunque los procedimientos se describirán aquí como realizados en un orden particular, los procedimientos pueden realizarse generalmente en cualquier orden adecuado que sea consistente con la divulgación proporcionada aquí.

**[0026]** Refiriéndose en particular a las FIGS. 4-7, se ilustran varias vistas de una realización de un sistema 60 para suspender una de las palas del rotor 22 torre arriba según la presente divulgación. Como se muestra, se ilustran varias vistas del sistema 60, que incluye una estructura de soporte 62 para suspender la pala de rotor 22 torre arriba. Más específicamente, como se muestra, la estructura de soporte 62 puede incluir, al menos, un primer brazo de estructura de soporte 75 y un segundo brazo de estructura de soporte 77. Cada uno de los primeros y segundos brazos de la estructura de soporte 75, 77 tienen también un primer extremo 64 y un segundo extremo 66. Además, como se muestra particularmente en la FIG. 7, el primer extremo(s) 64 incluye(n) un punto de articulación 65 para fijarse a una primera ubicación en la torre superior 67 de la turbina eólica 10. Además, el (los) segundo(s) extremo(s) 66 de los primeros y segundos brazos de la estructura de soporte 75, 77 está configurado para recibir y fijar la pala de rotor 22 a ellos. Por ejemplo, como se muestra en las FIGS. 4-7 y 9, el/los segundo(s) extremo(s) 66 de los primeros y segundos brazos de la estructura de soporte 75, 77 puede(n) incluir un miembro de sujeción 68 unido al mismo para recibir y sujetar la pala de rotor 22 en el mismo.

**[0027]** Refiriéndose en particular a las FIGS. 4, 5 y 6, el sistema 60 también incluye al menos un conjunto de bloque de poleas 70 montado entre la primera ubicación torre arriba 67 y la estructura de soporte 62. Por ejemplo, en ciertas realizaciones, el sistema 60 puede incluir un primer y un segundo conjunto de bloque de poleas 70 en lados opuestos de la bancada 58. Además, el sistema 60 incluye al menos un cabrestante 72 y al menos un cable de polea 74 dirigido desde el (los) cabrestante(s) 72 sobre el (los) conjunto(s) de bloque de poleas 70. Más concretamente, como se muestra en la FIG. 7, cada uno de los conjuntos de bloque de poleas 70 puede incluir al menos un primer bloque de poleas 78 montado en la bancada 58 de la turbina eólica 10 y al menos un segundo bloque de poleas 80 montado en la estructura de soporte 62 (por ejemplo, uno en cada uno de los brazos de la estructura de soporte 75, 77).

**[0028]** Así, como se muestra en la FIG. 8, se ilustra un diagrama de flujo de una realización de un procedimiento 100 para suspender una pala de rotor 22 en la parte superior de la torre a través de la estructura de soporte 62 según la presente divulgación. En general, la pala de rotor 22 que se va a desprender y suspender se coloca generalmente en una orientación vertical con respecto a la superficie de apoyo 14 de la turbina eólica 10. Más concretamente, como se muestra, la pala de rotor 22 está colocada verticalmente hacia abajo desde el buje 20 en una posición aproximada de las seis en punto, de manera que la punta de pala 26 de la pala de rotor 22 apunta hacia la superficie de apoyo 14. Debe apreciarse que, debido a un ángulo de inclinación y/o al ángulo de cono ("cone angle") de la turbina eólica 10, la pala de rotor 22 puede estar en un ángulo ligeramente alejado de la torre 12 cuando se mueve a la posición verticalmente descendente.

**[0029]** Además, como se muestra en 102, el procedimiento 100 incluye el montaje del primer extremo 64 de la estructura de soporte 62 en la primera ubicación de la torre superior 67 de la turbina eólica 10. Más concretamente, como se muestra en las FIGS. 4, 5 y 6, el procedimiento 100 puede incluir el montaje de los primeros extremos de los primeros y segundos brazos de la estructura de soporte 75, 77 a lados opuestos de la bancada 58. Como se muestra en 104, el procedimiento 100 incluye fijar la pala de rotor 22 a un segundo extremo 66 de la estructura de soporte 62. Más específicamente, como se muestra en las FIGS. 4-6 y 8, el procedimiento 100 puede incluir fijar

la pala de rotor 22 al segundo extremo 66 de la estructura de soporte 62 a través de uno o más miembros de sujeción 68. Las FIGS. 6 y 9 ilustran vistas en perspectiva de diferentes realizaciones de los miembros de sujeción 68, aunque debe entenderse por aquellos con conocimientos ordinarios en la materia que los miembros de sujeción 68 pueden tener cualquier configuración adecuada para recibir y suspender la pala de rotor 22 en su lugar.

5 **[0030]** Como se muestra en 106, el procedimiento 100 incluye montar al menos un conjunto de bloque de poleas 70 entre una segunda ubicación torre arriba 69 y la estructura de soporte 62. Como se muestra en 108, el procedimiento 100 incluye dirigir al menos un cable de polea 74 desde al menos un cabrestante 70 sobre el al menos un conjunto de bloque de polea 70. En varias realizaciones, la primera y la segunda ubicación torre arriba 67, 69 pueden estar situadas en la bancada 58 de la turbina eólica 10. Alternativamente, la primera y segunda ubicación torre arriba 67, 69 pueden estar situadas en cualquier lugar adecuado dentro o fuera de la góndola 16 de la turbina eólica 10. Así, como se muestra en la FIG. 7, el procedimiento 100 puede incluir montar el primer extremo 64 de la estructura de soporte 62 a la bancada 58 en el punto de articulación 65.

15 **[0031]** Como se muestra en 110, el procedimiento 100 incluye desacoplar la pala de rotor 22 del buje 20 de la turbina eólica 10. En determinadas realizaciones, la pala de rotor 22 puede desacoplarse del buje 20 con o sin el rodamiento de pitch 52 todavía unido a él. Si el rodamiento de pitch 52 permanece unido, el proceso de sustitución del rodamiento de pitch puede agilizarse porque la pala de rotor 22 y el rodamiento de pitch 52 se desacoplan del buje 20 al mismo tiempo y la retirada del rodamiento de la pala de rotor 22 puede producirse en el suelo. La retirada del rodamiento de pitch 52 de la pala 22 en el suelo puede ser más segura que en la torre y puede ocurrir en paralelo con el proceso de instalación del rodamiento en el buje 20.

25 **[0032]** Una vez que la pala de rotor 22 se ha desacoplado, como se muestra en 112, el procedimiento 100 incluye girar la estructura de soporte 62 sobre el primer extremo 64 mediante una operación coordinada de cabrestante con el fin de descender la pala de rotor 22 una a distancia predeterminada 76 del buje 20. Más específicamente, en una realización, el procedimiento 100 puede incluir girar la estructura de soporte 62 en torno del punto de articulación 65 mediante una operación coordinada del cabrestante para descender la pala 22 del rotor a una distancia predeterminada 76 del buje 20. Además, como se muestra en la FIG. 6, dicho giro también acerca la pala de rotor 22 a la torre 12. Más concretamente, como se muestra en la realización ilustrada de la FIG. 7, cuando la estructura de soporte 62 gira en torno al punto de articulación 65, la pala de rotor 22 se desplaza desde una primera posición en el buje 20 a una segunda posición (como se indica en línea discontinua) que está más cerca de la torre 12 de la turbina eólica 10 que la primera posición. Así, como se muestra en 114, el procedimiento 100 puede incluir además suspender la pala de rotor 22 a la distancia predeterminada 76 del buje 20 a través de la estructura de soporte 62, por ejemplo, durante un procedimiento de reparación y/o sustitución. También debe entenderse que la pala de rotor 22 puede estar suspendida a través de la estructura de soporte 62 en la primera posición, en la segunda posición o en cualquier posición intermedia.

35 **[0033]** En otras realizaciones, el procedimiento 100 puede incluir fijar la pala de rotor 22 a la torre 12 de la turbina eólica 10 durante la suspensión, por ejemplo, para mitigar golpes de la pala de rotor 22 contra la torre. Por ejemplo, en ciertas realizaciones, la pala de rotor 22 puede estar fijada a la torre 12 en la raíz de pala 24 y en la punta de pala 26 de la pala de rotor 22 durante la suspensión de la misma mediante al menos uno de los miembros de sujeción adicional, una funda, una o más líneas de soporte, o combinaciones de los mismos.

45 **[0034]** Más específicamente, como se muestra en la FIG. 10, la pala de rotor 22 está fijada a la torre 12 a través de una funda de pala opcional 82 que se mantiene en su lugar a través de líneas de soporte 84. Más concretamente, como se muestra, la funda de pala 82 se extiende continuamente entre la raíz de pala 24 y la punta de pala 26. En realizaciones alternativas, como se muestra en la FIG. 12, la pala de rotor 22 puede estar fijada a la torre 12 mediante una pluralidad de fundas 82, es decir, una en la raíz de pala 24 y otra en la punta de pala 26, en lugar de hacerlo de forma continua desde la raíz de pala 24 hasta la punta de pala 26.

50 **[0035]** Además, como se muestra en las FIGS. 9-11, la funda 82 de pala puede envolver la pala de rotor 22 y la torre 12 alrededor para restringir el movimiento de la pala de rotor 22 durante su suspensión. Más específicamente, como se muestra particularmente en la FIG. 10, la funda 82 puede corresponder a un material de tela 88 que está dividido a lo largo de al menos una línea de división 90, de manera que el material 88 puede envolver fácilmente la pala de rotor 22 y la torre 12 alrededor y luego fijarse de nuevo, por ejemplo, mediante cordones, botones, una correa de trinquete, un adhesivo, una cinta adhesiva y/o una cremallera). Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 10, el material de tela 88 se fija alrededor de la pala de rotor 22 mediante cordones 92 configurados a lo largo de la línea de separación 90 que se atan entre sí.

60 **[0036]** Además, como se muestra en las FIGS. 10-12, la(s) funda(s) de la pala 82 puede(n) albergar al menos un componente de amortiguación 86 entre la torre 12 y la pala de rotor 22. Así, como se muestra, el componente(s) de amortiguación 86 puede actuar como una bolsa de aire que está configurada para ajustarse a la pala de rotor 22 y/o a la torre 12 para proporcionar apoyo sobre una gran superficie para evitar el aplastamiento de la pala de rotor 22 y/o de la torre 12.

**[0037]** Siguiendo con las FIGS. 10-12, una o más líneas de soporte 84 pueden estar fijadas a la(s) funda(s) de la pala 82 y pueden extenderse hacia arriba hasta una ubicación torre arriba, como por ejemplo en una ubicación en y/o dentro del buje 20 o la góndola 16. Por ejemplo, en una realización, la(s) línea(s) de soporte 84 puede(n) extenderse hacia arriba desde la (las) funda(s) de palas 82 hasta el personal situado dentro y/o en la parte superior del buje 20 o de la góndola 16. Independientemente de ello, la(s) línea(s) de soporte 84 puede(n) ser utilizada(s) para elevar la(s) fundas(s) de las palas 82 verticalmente hacia arriba en relación con la superficie de apoyo 14 para permitir que la funda 82 sea instalada alrededor de la pala de rotor 22 y la torre 12. Los expertos en la materia deben entender también que el sistema y el procedimiento descritos en el presente documento pueden funcionar sin el uso de la(s) funda(s) de pala 82.

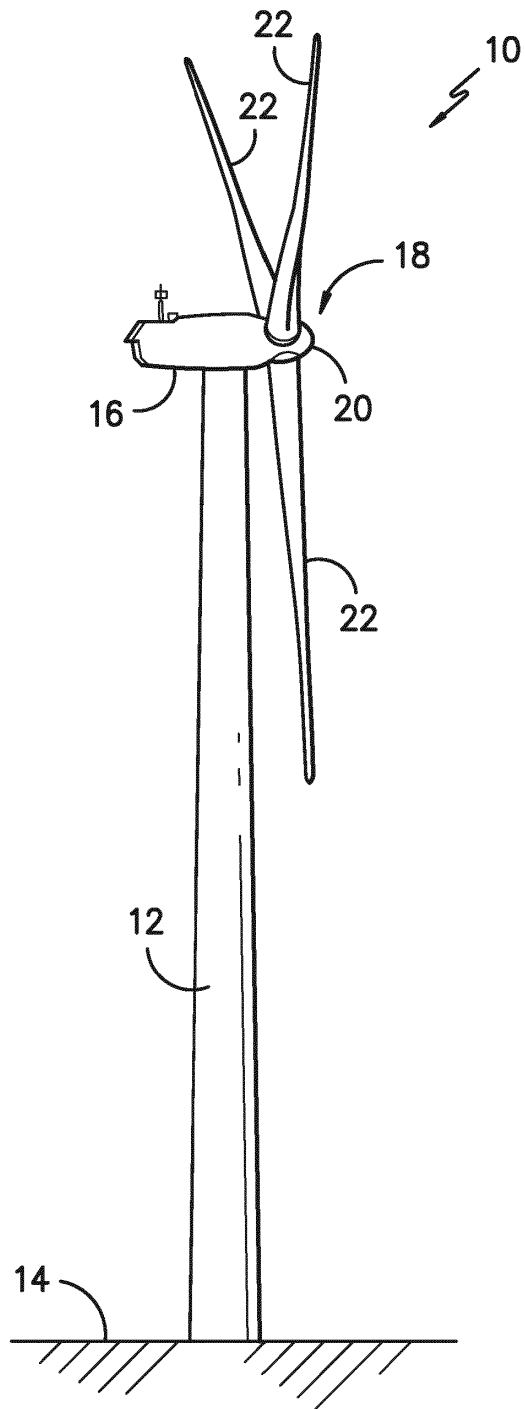
5

10

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento (100) para suspender una pala de rotor (22) torre arriba, el procedimiento (100) comprendiendo:
  - 5 montar un primer extremo (64) de una estructura de soporte (62) en una bancada (58) o una góndola (16) de la turbina eólica (10);
  - fijar la pala de rotor (22) a un segundo extremo (66) de la estructura de soporte (62);
  - 10 montar al menos un conjunto de bloque de poleas (70) entre la bancada (58) o la góndola (16) de la turbina eólica y la estructura de soporte (62);
  - dirigir al menos un cable de polea (74) desde al menos un cabrestante (72) sobre el al menos un conjunto de bloque de poleas (70);
  - 15 desacoplar la pala de rotor (22) del buje (20) de la turbina eólica (10);
  - girar la estructura de soporte (62) alrededor del primer extremo (64) mediante una operación coordinada del cabrestante (72) para descender la pala de rotor (22) a una distancia predeterminada (76) del buje (20); y
  - suspender la pala de rotor (22) a la distancia predeterminada (76) del buje (20) mediante la estructura de soporte (62).
- 20 2. El procedimiento (100) de la reivindicación 1, que comprende además posicionar la pala de rotor (22) hacia una ubicación en el suelo en una posición sustancialmente a las seis en punto.
3. El procedimiento (100) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además desacoplar la pala de rotor (22) del buje (20) de la turbina eólica (10) con un rodamiento de pitch (52) fijado a la misma.
- 25 4. El procedimiento (100) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además fijar la pala de rotor (22) al segundo extremo (66) de la estructura de soporte (62) mediante uno o más miembros de sujeción (68).
- 30 5. El procedimiento (100) de la reivindicación 1, que comprende además:
  - montar el primer extremo (64) de la estructura de soporte (62) a la bancada (58) en un punto de articulación (65); y
  - 35 girar la estructura de soporte (62) en torno al punto de articulación (65) mediante una operación coordinada del cabrestante para descender la pala de rotor (22) a la distancia predeterminada (76) del buje (20).
6. El procedimiento (100) de la reivindicación 5, en el que la estructura de soporte (62) comprende además, al menos, un primer brazo de estructura de soporte (75) y un segundo brazo de estructura de soporte (77), el procedimiento (100) comprendiendo además montar los primeros extremos (64) de los primeros y segundos brazos de estructura de soporte (75, 77) a lados opuestos de la bancada (58).
- 40 7. El procedimiento (100) de la reivindicación 6, en el que el al menos un conjunto de bloque de poleas (70) comprende al menos un primer bloque de poleas (78) montado en la bancada (58) de la turbina eólica (10) y al menos un segundo bloque de poleas (80) montado en la estructura de soporte (62).
- 45 8. El procedimiento (100) de la reivindicación 7, que comprende además proporcionar un primer y un segundo conjunto de bloque de poleas (70) en lados opuestos de la bancada (58).
- 50 9. El procedimiento (100) de la reivindicación 8, en el que el primer y segundo conjuntos de bloque de poleas (70) comprenden cada uno al menos un primer bloque de poleas (78) montada en la bancada (58) o en la góndola (16) (69) de la turbina eólica (10) y al menos un segundo bloque de poleas (80) montado en el primer y segundo brazo de la estructura de soporte (75, 77).
- 55 10. El procedimiento (100) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que girar la estructura de soporte (62) en torno a la bancada (58) o a la góndola (16) de la turbina eólica (67) mediante una operación coordinada de cabrestante para descender la pala de rotor (22) a la distancia predeterminada (76) del buje (20) comprende además descender la pala de rotor (22) desde una primera posición en el buje (20) a una segunda posición que está más cerca de una torre (12) de la turbina eólica (10) que la primera posición.
- 60 11. El procedimiento (100) de la reivindicación 10, que comprende además fijar la pala de rotor (22) a la torre (12) de la turbina eólica (10) en una raíz de pala (24) y en una punta de pala (26) durante la suspensión de la misma mediante al menos uno de los miembros de sujeción, una funda (82), una o más líneas de soporte (84), o combinaciones de los mismos.
- 65

12. Un sistema para suspender una pala de rotor (22) torre arriba, el sistema comprendiendo:
- 5 una estructura de soporte (62) que comprende un primer extremo (64) y un segundo extremo (66), caracterizado porque el primer extremo (64) comprende un punto de articulación (65) para fijarse a una bancada (58) o a una góndola (16) de la turbina eólica (10), estando el segundo extremo (66) configurado para recibir y fijar la pala de rotor (22) en él;
- 10 al menos un conjunto de bloque de poleas (70) montado entre la bancada (58) o la góndola (16) de la turbina eólica y la estructura de soporte (62); al menos un cabrestante (72); y, al menos un cable de polea (74) dirigido desde al menos un cabrestante (72) sobre el al menos un conjunto de bloque de poleas (70), en el que la estructura de soporte (62) está configurada para girar alrededor del punto de articulación (65) a través de una operación coordinada del cabrestante (72) para descender la pala de rotor (22) a una distancia predeterminada (76) de un buje (20) de la turbina eólica (10) y suspender la pala de rotor (22) a la distancia predeterminada (76) del buje (20).
- 15
13. El sistema de la reivindicación 12, en el que el segundo extremo (66) de la estructura de soporte (62) comprende además uno o más miembros de sujeción (68), los cuales están configurados para recibir y fijar la pala de rotor (22) en su interior.
- 20
14. El sistema de las reivindicaciones 12 ó 13, en el que la estructura de soporte (62) comprende además, al menos, un primer brazo de estructura de soporte (75) y un segundo brazo de estructura de soporte (77), y en el que los primeros extremos (64) de los primeros y segundos brazos de estructura de soporte (75, 77) están montados en lados opuestos de la bancada (58).
- 25



**FIG. -1-**

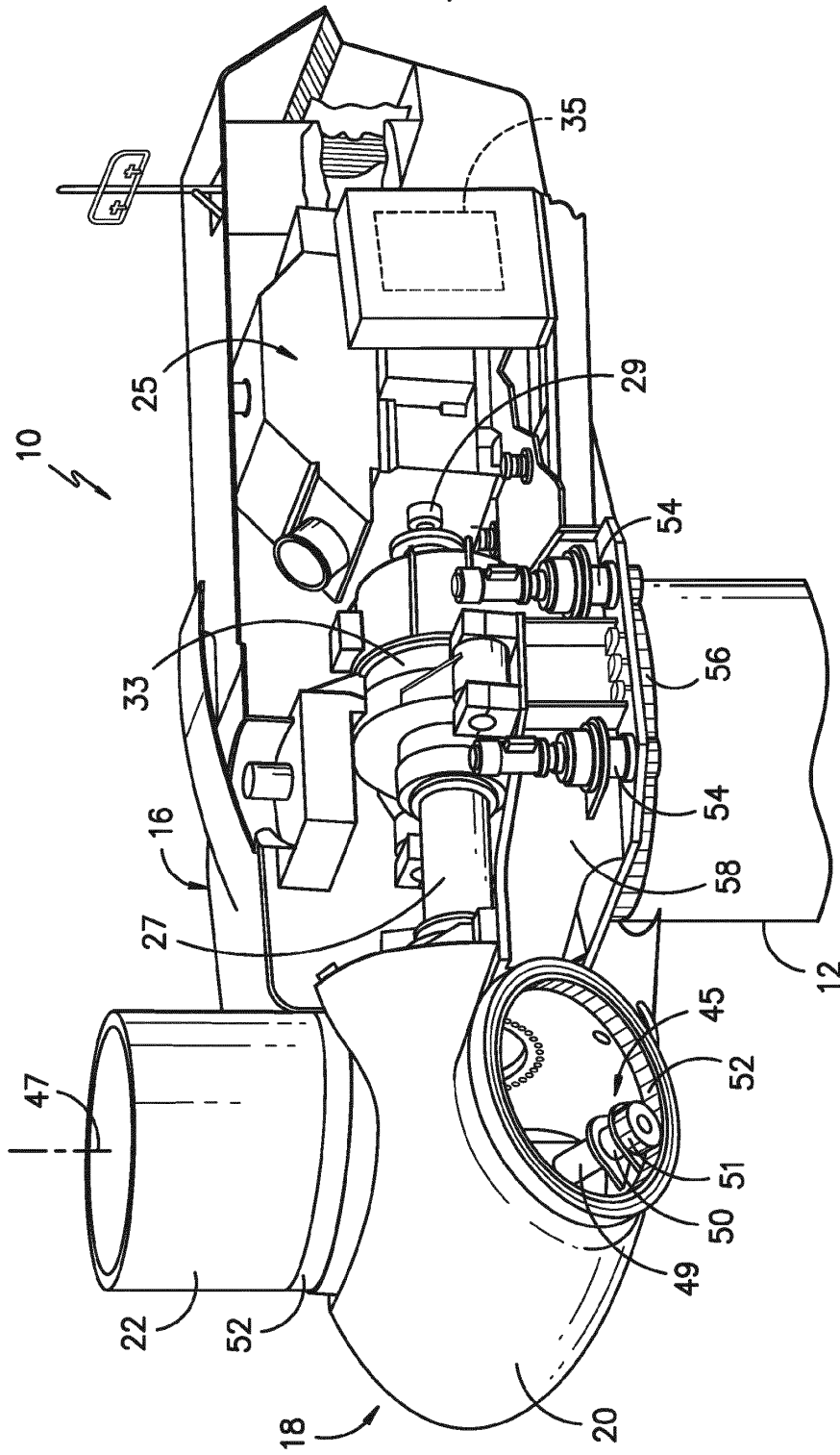


FIG. -2-

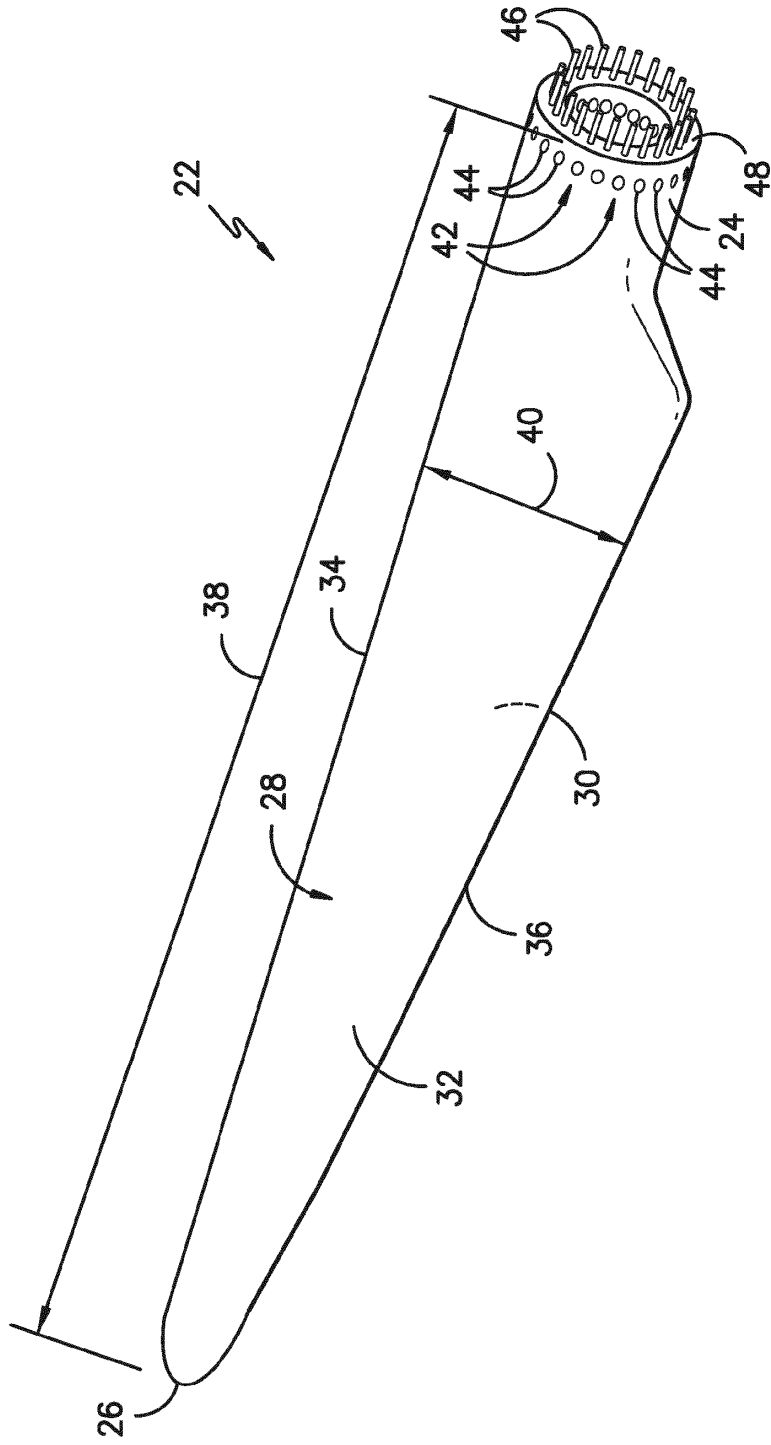
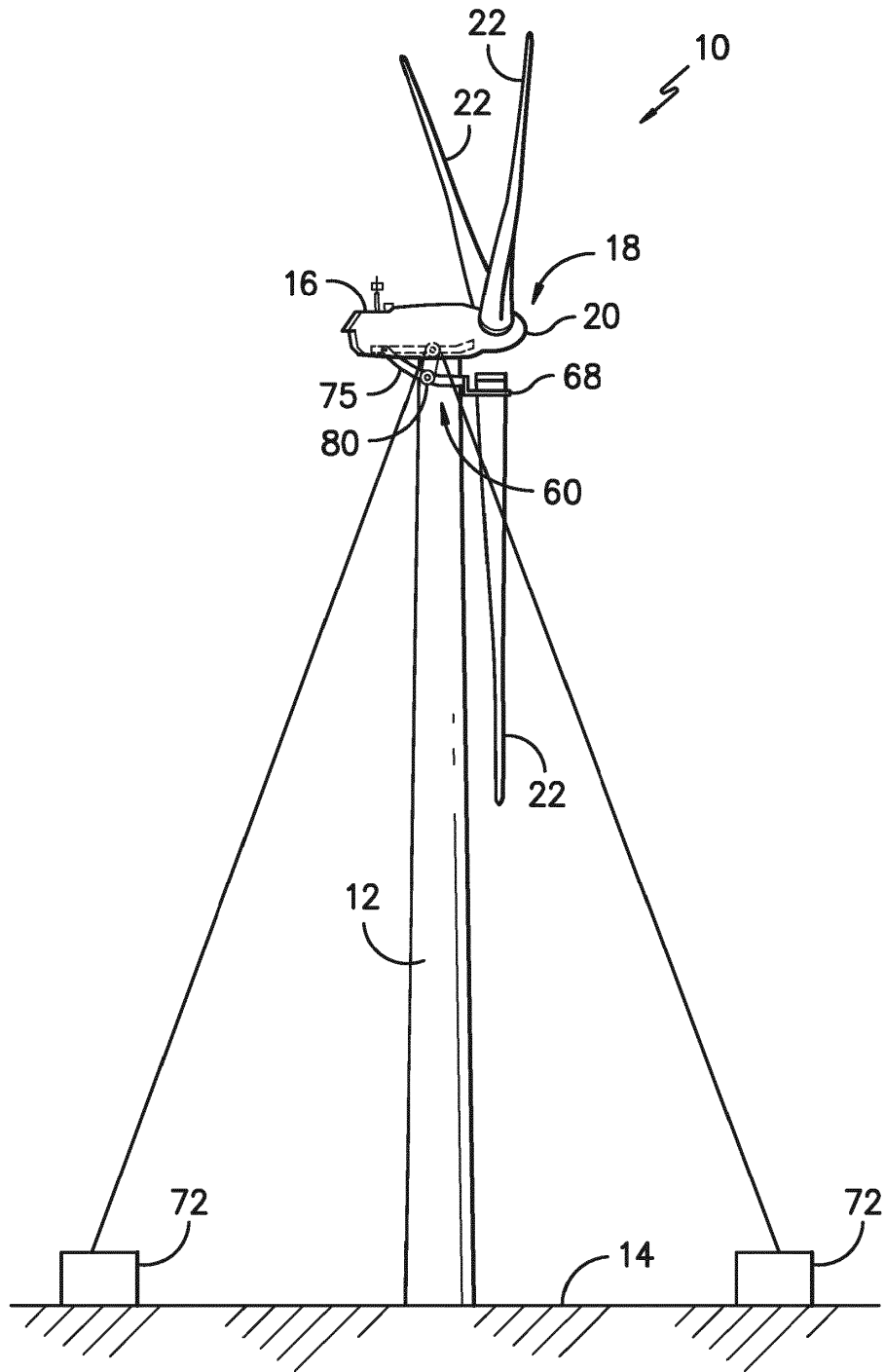
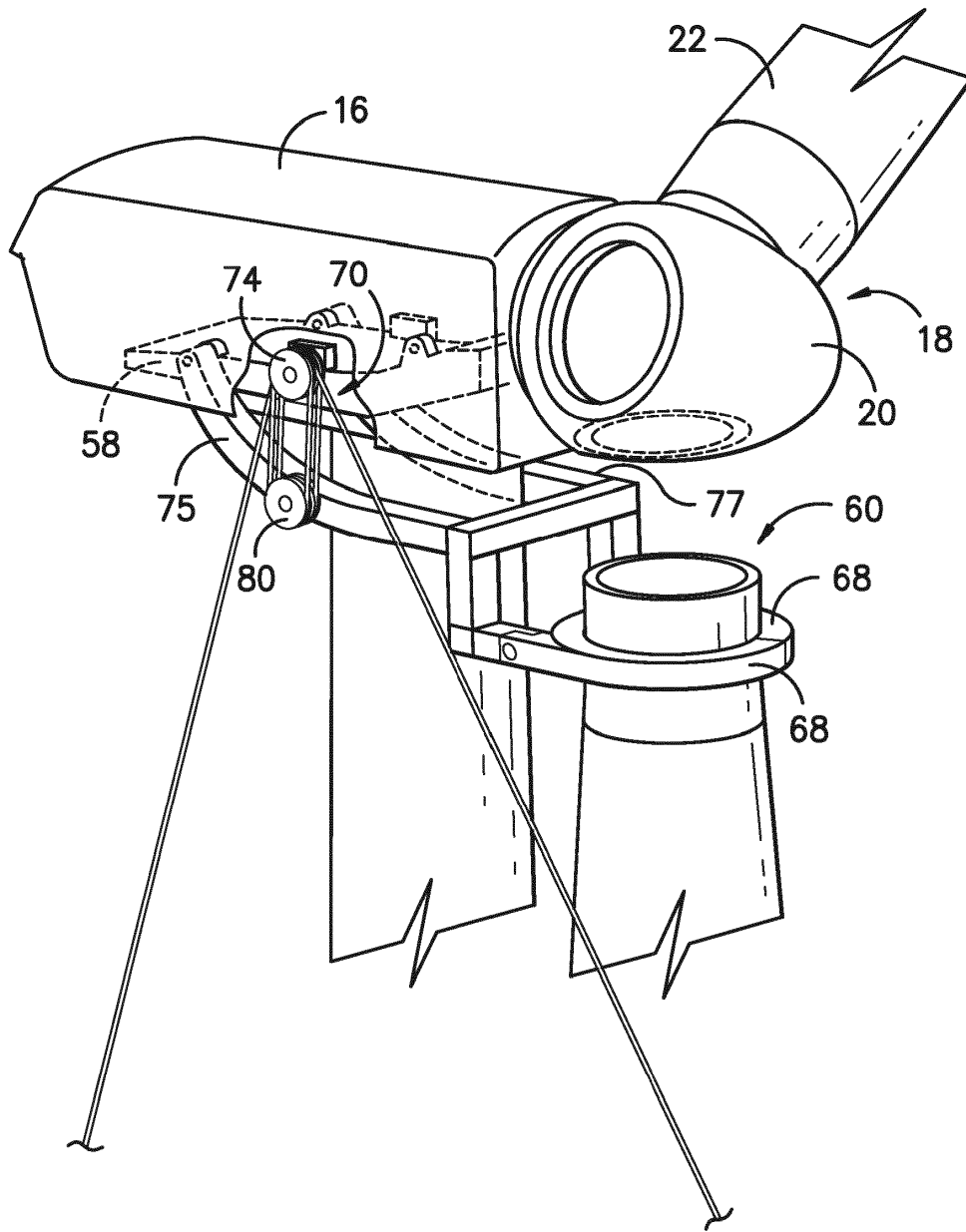


FIG. -3-



**FIG. -4-**



*FIG. -5-*

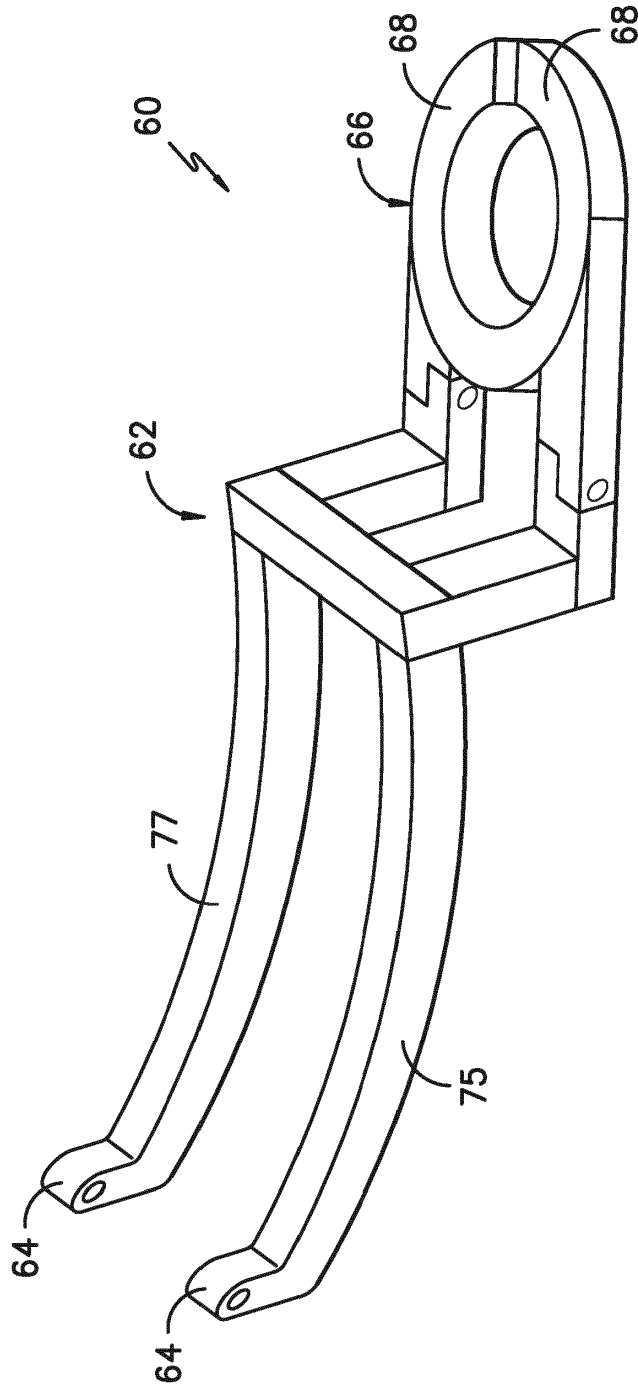
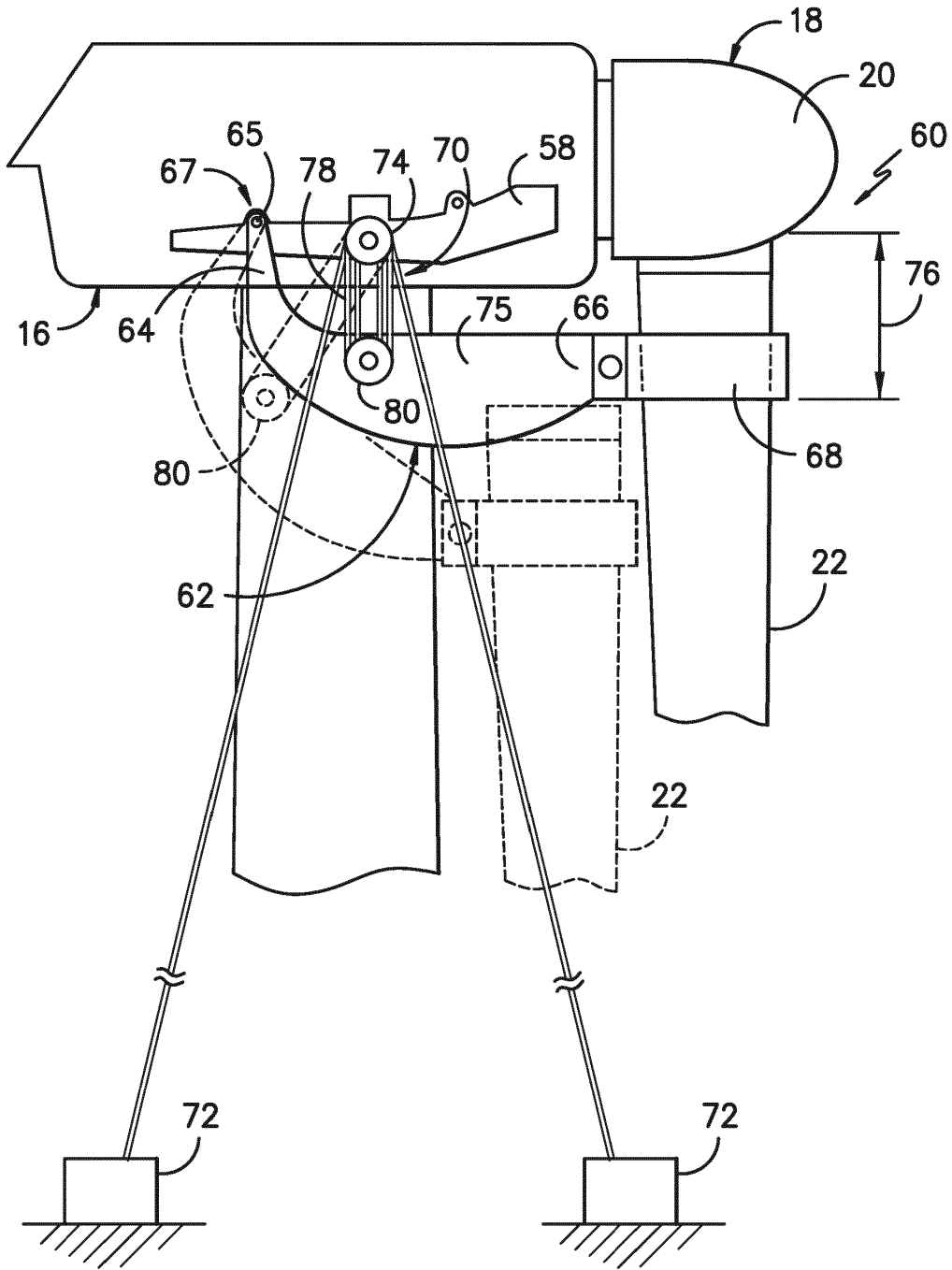
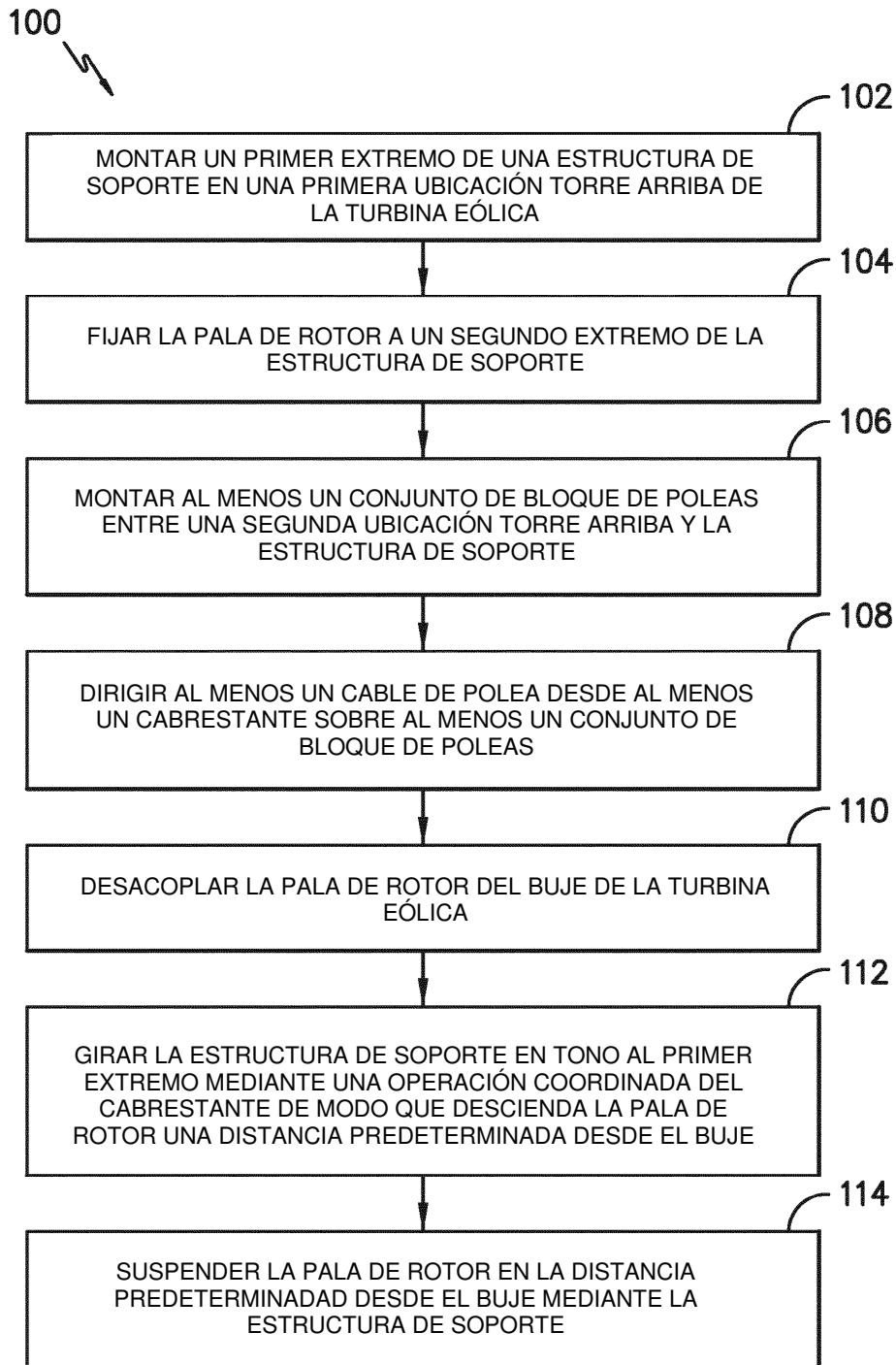


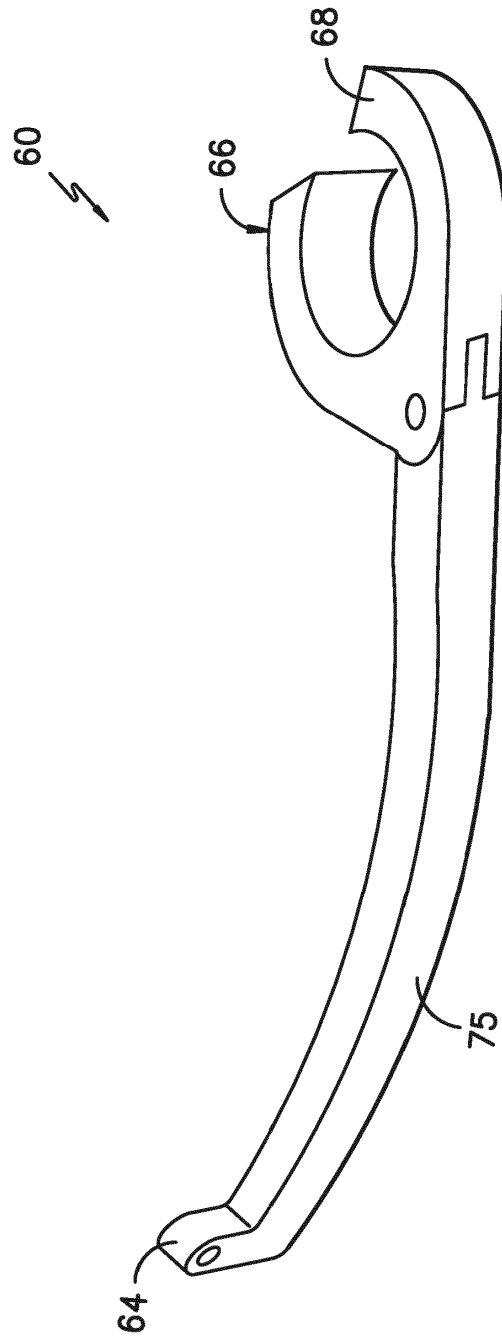
FIG. -6-



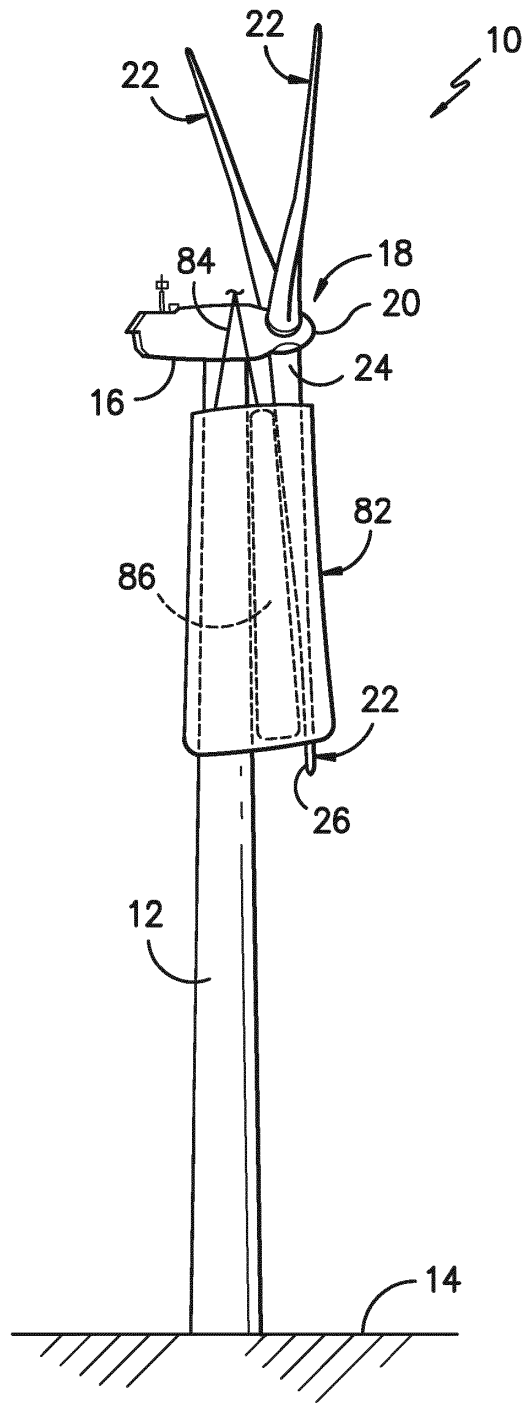
**FIG. -7-**



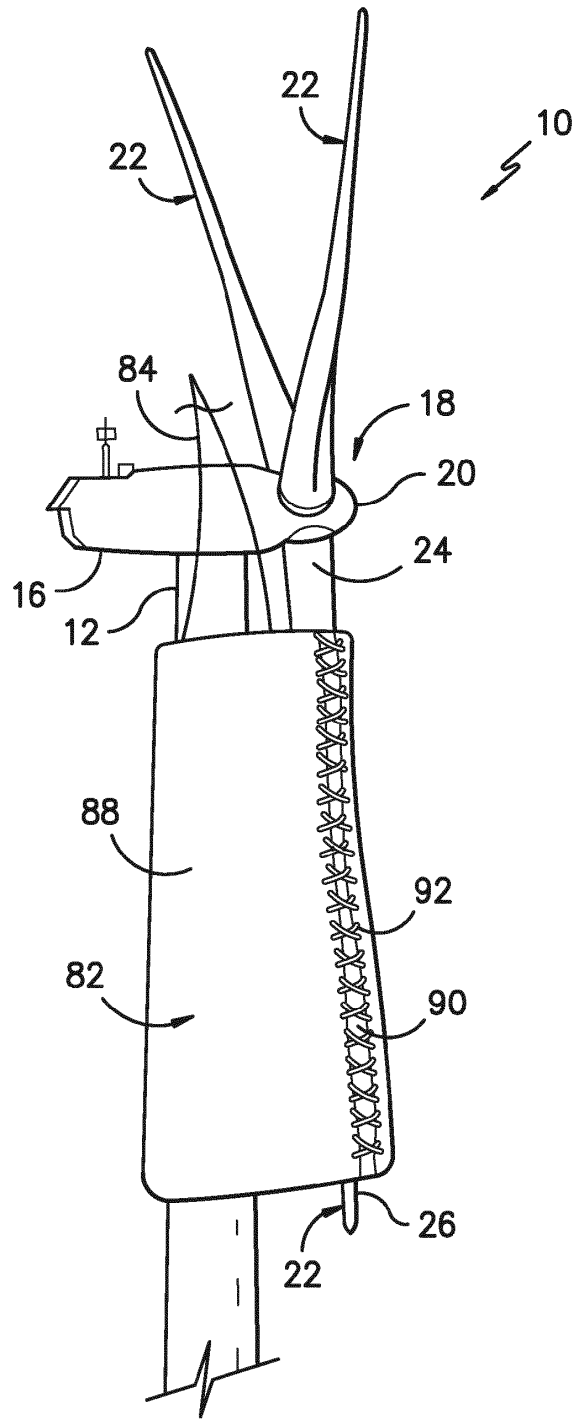
*FIG. -8-*



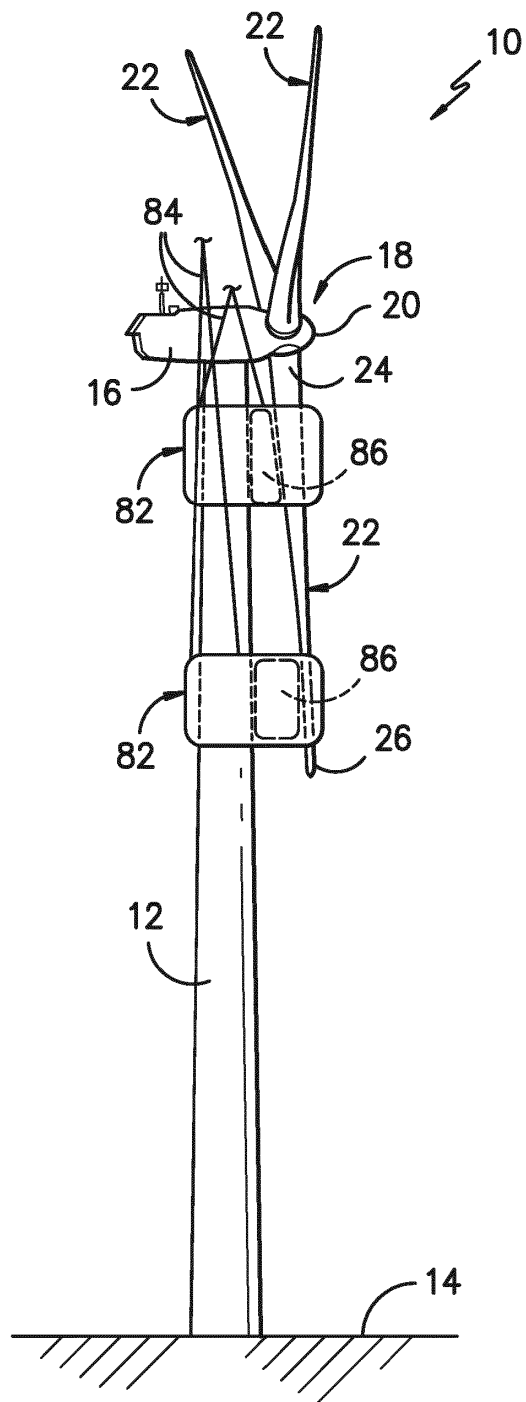
*FIG. -9-*



**FIG. -10-**



*FIG. -11-*



**FIG. -12-**