

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 776 138**

51 Int. Cl.:

B60P 3/40 (2006.01)

F03D 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.12.2012 PCT/DK2012/050485**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.07.2013 WO13097858**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2012 E 12810056 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2020 EP 2797771**

54 Título: **Método para transportar una pala de aerogenerador curva y dispositivo de transporte asociado**

30 Prioridad:

29.12.2011 US 201161581342 P

30.12.2011 DK 201170770

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

29.07.2020

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)

Hedeager 42

8200 Aarhus N , DK

72 Inventor/es:

RANDALL, STEPHEN

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 776 138 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

Método para transportar una pala de aerogenerador curva y dispositivo de transporte asociado

Campo técnico

5 Esta solicitud se refiere de manera general a aerogeneradores, y más particularmente a un dispositivo de transporte y a un método para transportar una pala de aerogenerador en el que la pala de aerogenerador se puede girar cuando se monta en el dispositivo de transporte.

Antecedentes

10 En una instalación típica de aerogenerador en tierra, diversos componentes del aerogenerador, tales como, por ejemplo, la góndola, la torre o secciones de la torre, el cubo del rotor, las palas del rotor, etc., se pueden transportar al sitio de instalación por separado y entonces ensamblar juntos en el sitio para dar como resultado un aerogenerador operativo. A este respecto, debido al tamaño relativamente grande de algunos de estos componentes, el transporte de los mismos se lleva a cabo típicamente usando uno o más remolques de tractores, que viajan a lo largo de la red existente de carreteras, autovías, autopistas, etc. (a las que se hace referencia colectivamente en la presente memoria como carreteras) hasta el sitio de instalación. Además, en instalaciones de 15 aerogeneradores en alta mar, que pueden ser significativamente más grandes que las instalaciones en tierra, los componentes de aerogeneradores se transportan típicamente usando remolques de tractores en la red existente de carreteras desde una fábrica, por ejemplo, a un muelle donde los componentes se pueden cargar en barcos para transportar al sitio de instalación en alta mar.

20 Muchas de las carreteras existentes usadas en el transporte de componentes de aerogeneradores se dividen en carriles para acomodar a otros vehículos que se mueven, por ejemplo, en la misma dirección o en una dirección opuesta, y además pueden tener un arcén a los lados de los carriles más externos. Estos carriles tienen una cierta anchura que, en el curso normal, acomoda la mayor parte del tráfico en la carretera. Además, en muchos países, regiones, etc., diversa señalización vial se sitúa justo al lado de los arcenes para ayudar, informar, guiar, etc. a los que viajan en la carretera. En muchos casos, la distancia entre el límite interno del carril externo y la señalización vial puede estar entre 5 a 6 metros. Esta distancia representa entonces la anchura máxima de un vehículo (o una carga transportada por el vehículo) que puede viajar en la carretera sin obstruir a los vehículos que viajan en un carril adyacente y sin dañar o, de otro modo, destruir la señalización vial adyacente a la carretera.

25 Además, muchas carreteras existentes pasan por debajo de puentes en intersecciones de autovías y cruces similares. En algunas circunstancias, estos puentes proporcionan solamente una altura libre de a 4 a 5 metros desde la superficie de la carretera. Esta altura libre representa la altura máxima de un vehículo y su carga asociada que puede viajar en la carretera sin impactar el puente. La mayoría de las carreteras existentes no se extienden en una ruta completamente recta, y la ruta de transporte desde la fábrica hasta el sitio de instalación o el muelle puede incluir una serie de curvas y giros en las intersecciones de carreteras. Por lo tanto, un vehículo que transporta un componente de aerogenerador también debe atravesar rutas curvas en la carretera, así como esquinas 30 relativamente agudas en las intersecciones de carreteras, además de permanecer dentro de la anchura máxima durante la operación normal y permanecer dentro de la altura máxima cuando se pasa por debajo de un puente.

35 Las palas de aerogenerador se transportan típicamente a un sitio de instalación o a un muelle en un remolque de tractor. Convencionalmente, la pala se cargaba típicamente en un remolque de tractor y se aseguraba al mismo en una posición fija de modo que la pala no se moviera esencialmente durante el tránsito. No obstante, la tendencia en construcción de aerogeneradores ha sido que la salida de potencia y el tamaño físico del aerogenerador se escalen hacia arriba. Como resultado, las palas de aerogenerador más recientes han incluido longitudes y anchuras más grandes que aumentan las dificultades de transportar las palas en las carreteras existentes. Se han desarrollado dispositivos de transporte para transportar estas palas de aerogenerador más grandes.

40 Por ejemplo, el dispositivo de transporte descrito en la Patente de EE.UU. Nº 7.303.365 de Wobben opera para girar la pala de aerogenerador a lo largo de su eje longitudinal recto durante el transporte de modo que una anchura máxima de la pala esté orientada generalmente horizontal para encajar por debajo de puentes y orientada generalmente vertical para limitar la anchura total del vehículo y la carga durante la operación normal. No obstante, este dispositivo de transporte continúa luchando con la gestión de la longitud de la pala durante las operaciones de giros o curvas agudos.

45 También, el documento US 2011/0142589 describe una forma de tratar el paso de pasos bajos, no obstante, en relación con el transporte de palas curvas. Una pala curva se sostiene en una cuna que puede pivotar y deslizar (Fig. 2, referencia 140). Mientras que pasa pasos bajos, la pala curva se inclina para pasar una primera sección del paso manteniendo el extremo de la raíz (56) de la pala bajo, mientras que el extremo de la punta (54) está alto, y pasando la parte restante del paso elevando el extremo de la raíz (56) de la pala, lo que baja el extremo de la punta (54) de la pala (Fig. 3). De nuevo, este documento solamente se relaciona con pasar pasos bajos y no girar de 50 ninguna forma.

Definiciones

Normalmente, en el pasado, las palas de aerogenerador eran generalmente rectas, por lo que ha llegado a ser una terminología normal usar el término “eje longitudinal” de una pala. Con el fin de no confundir al lector experto, se ha elegido en este presente documento seguir con el término “eje longitudinal”, aunque las palas en el presente contexto, véase a continuación, son curvas, es decir, por ejemplo, que están dobladas previamente de alguna forma, de manera que cuando las palas se montan en un aerogenerador orientadas hacia el viento, la forma gradualmente en curvatura de la pala se inclina hacia el viento, es decir, que está doblada previamente en una dirección contra el viento. Esto, en lo siguiente, se describe como que las palas tienen un “eje longitudinal curvo” o “eje longitudinal curvo central”. También con respecto a la terminología normal, cuando se mira una pala normal, es decir, en una pala no doblada previamente existiría un “plano en el sentido del batimiento”. Este término se elige de nuevo para seguir, con el fin de no confundir a un lector experto. Así, cuando los términos “plano en el sentido del batimiento”, “plano horizontal” o “plano vertical” se usan en el presente contexto, esto se ha de leer y entender como una “dirección en el sentido del batimiento”, “dirección horizontal” o “dirección vertical”; o entender como “una serie de direcciones en el sentido del batimiento”, “una serie de direcciones horizontales” o “una serie de direcciones verticales”. Además, la formulación de que “el eje longitudinal curvo está situado en un plano generalmente vertical” se ha de entender como una pala curva que tiene su curvatura del eje longitudinal, por ejemplo, cuando se ve como una línea dibujada, este eje curvo se encuentra real y sustancialmente dentro de un plano vertical. De manera similar, la formulación de que “el eje longitudinal curvo está situado en un plano generalmente horizontal” se ha de entender como una pala curva que tiene su curvatura del eje longitudinal, por ejemplo, cuando se ve como una línea dibujada, este eje curvo se encuentra real y sustancialmente dentro de un plano horizontal. Estas definiciones se siguen clara e inequívocamente a partir de las figuras adjuntas y la descripción de las figuras, así como el documento en su conjunto.

Una nueva tendencia en la construcción de aerogeneradores es la formación de palas de aerogenerador curvas, como se ha abordado anteriormente, que tienen un eje longitudinal sustancialmente curvo en al menos un plano (por ejemplo, en el plano en el sentido del batimiento). Estas palas de aerogenerador curvas, o palas dobladas previamente, se cree que producen una eficiencia mejorada de generación de potencia con menores esfuerzos de flexión y torsión sobre la pala. Pero curvar la pala de aerogenerador puede aumentar la anchura efectiva máxima de la pala en el plano de curvatura, que se mediría en el ejemplo anterior (plano en el sentido del batimiento) entre un lado de sotavento en el centro de la pala y un lado de barlovento en la punta o raíz de la pala. Con el tamaño físico en constante expansión de las palas de aerogenerador, se espera que estas anchuras máximas efectivas de las palas en el plano de curvatura continúen aumentando, lo que hará más problemático el transporte de las mismas al sitio de instalación o al muelle en las carreteras existentes. Por ejemplo, las dimensiones pueden hacerlo de manera que la pala de aerogenerador no se pueda transportar en un remolque de tractor usando carreteras existentes sin un riesgo significativo de interferir con el tráfico adyacente, dañar la señalización vial o cortar esquinas en una intersección. A este respecto, los dispositivos de transporte convencionales descritos anteriormente son ineficaces en el manejo de palas de aerogenerador curvas en estas condiciones variables de carreteras.

De este modo, hay una necesidad de un método de transporte y un dispositivo asociado que permita que las palas de aerogenerador curvas de gran escala sean transportadas a los sitios de instalación del aerogenerador o al muelle a través de la red existente de carreteras.

Compendio

Para abordar estas y otras deficiencias, un método de transporte de una pala de aerogenerador curva incluye cargar la pala de aerogenerador en un dispositivo de transporte que incluye un primer y un segundo cojinetes de soporte configurados para recibir la pala de aerogenerador. La pala de aerogenerador se carga en una primera orientación de manera que un eje longitudinal central curvo de la pala se sitúe en un plano generalmente vertical. Cuando el dispositivo de transporte se está preparando para girar en una dirección de giro, el método también incluye girar la pala de aerogenerador a una segunda orientación antes o durante el giro. En la segunda orientación, el eje longitudinal central curvo de la pala se sitúa en un plano generalmente horizontal y se dobla en la dirección de giro. Como resultado, la pala de aerogenerador curva y el dispositivo de transporte pueden atravesar curvas y giros más ajustados durante el viaje a un sitio de ensamblaje o muelle. Girar la pala de aerogenerador a la segunda orientación incluye girar la pala de aerogenerador a lo largo del eje longitudinal central y trasladar al menos uno del primer y segundo cojinetes de soporte en una dirección transversal al eje longitudinal central. Uno del primer y segundo cojinetes de soporte también gira en torno a un eje perpendicular al eje longitudinal central durante la rotación de la pala de aerogenerador a la segunda orientación.

Más particularmente, el eje longitudinal central curvo se curva en torno a un centro de curvatura, y este centro de curvatura se mueve más allá de uno de los lados del dispositivo de transporte cuando la pala de aerogenerador se mueve a la segunda orientación. En la primera orientación, este centro de curvatura se sitúa en un plano vertical próximo a una línea central longitudinal del dispositivo de transporte. Por consiguiente, el dispositivo de transporte también incluye un contrapeso que se mueve hacia el mismo lado del dispositivo de transporte que el centro de curvatura para equilibrar los momentos de vuelco causados por la pala de aerogenerador curva en la segunda orientación. Después de que el dispositivo de transporte haya girado, la pala de aerogenerador se puede girar de vuelta a la primera orientación.

5 En otro aspecto, el dispositivo de transporte incluye un mecanismo de accionamiento para girar la pala de aerogenerador entre la primera y segunda orientaciones. A este respecto, el método incluye además determinar con un controlador que el dispositivo de transporte se está preparando para conducir en torno a una curva y accionar el mecanismo de accionamiento con el controlador para girar la pala de aerogenerador antes o durante esa curva. Por ejemplo, el controlador puede incluir una interfaz de usuario que recibe comandos de un conductor del camión para girar la pala de aerogenerador cuando el conductor indica que el dispositivo de transporte se está acercando a una curva o a un giro.

10 En otro ejemplo, el controlador recibe señales de entrada de un sensor de giro en un volante del dispositivo de transporte, y el controlador acciona la rotación de la pala de aerogenerador cuando el sensor de giro detecta la rotación del volante más allá de un umbral predeterminado. Alternativamente, el controlador recibe señales de entrada de un sistema de posicionamiento global cuando ese sistema determina que el dispositivo de transporte se está acercando a una curva o a un giro. A este respecto, el control de la rotación de la pala de aerogenerador puede ser manual o automático.

15 En una realización de la invención, el dispositivo de transporte incluye un tractor unitario que tiene cada uno del primer y segundo cojinetes de soporte. En esta realización, la rotación de la pala de aerogenerador a la segunda orientación incluye girar la pala de aerogenerador a lo largo del eje longitudinal central. Además, el primer cojinete de soporte se traslada en una dirección vertical con relación a una posición fija del segundo cojinete de soporte, y el primer cojinete de soporte también se gira en torno a un eje horizontal transversal al eje longitudinal central y se gira en torno a un eje vertical.

20 En otra realización, el dispositivo de transporte incluye un tractor con el primer cojinete de soporte y un primer remolque que incluye el segundo cojinete de soporte. El primer remolque está conectado al tractor mediante la pala de aerogenerador. En esta realización, girar la pala de aerogenerador a la segunda orientación incluye girar la pala de aerogenerador a lo largo del eje longitudinal central. Además, al menos uno de el primer y segundo cojinetes de soporte se traslada en una dirección vertical, y el primer y segundo cojinetes de soporte también se giran en torno a los ejes horizontales correspondientes transversales al eje longitudinal central.

25 El dispositivo de transporte puede incluir además un segundo remolque que lleva un tercer cojinete de soporte situado entre el primer y segundo cojinetes de soporte. Cuando la pala de aerogenerador se gira a la segunda orientación, el tercer cojinete de soporte se traslada opcionalmente en una dirección vertical opuesta al movimiento de traslación del primer y segundo cojinetes de soporte. El tercer cojinete de soporte y el segundo remolque también se mueven a lo largo de un eje horizontal transversal al eje longitudinal central, de modo que el tercer cojinete de soporte siga los movimientos de la parte central de la pala de aerogenerador.

30 En otra realización de la invención, un dispositivo de transporte para transportar una pala de aerogenerador curva incluye un tractor, un primer cojinete de soporte acoplado al tractor y un segundo cojinete de soporte. El primer y segundo cojinetes de soporte reciben la pala de aerogenerador. El dispositivo de transporte también incluye un mecanismo de accionamiento operable para girar la pala de aerogenerador dentro del primer y segundo cojinetes de soporte entre una primera orientación y una segunda orientación. Un eje longitudinal central curvo de la pala de aerogenerador se sitúa en un plano generalmente vertical en la primera orientación y se sitúa en un plano generalmente horizontal en la segunda orientación.

35 Ventajasamente, cuando el tractor se está preparando para girar en una dirección de giro, el mecanismo de accionamiento gira la pala de aerogenerador a la segunda orientación antes o durante el giro de manera que el eje longitudinal central curvo se doble en la dirección de giro.

40 En un aspecto, el dispositivo de transporte incluye un dispositivo de accionamiento de cojinete acoplado a uno del primer y segundo cojinetes de soporte. El dispositivo de accionamiento de cojinete traslada el cojinete de soporte en una dirección vertical durante la rotación de la pala de aerogenerador entre la primera y segunda orientaciones. En otro aspecto, cada uno del primer y segundo cojinetes de soporte incluye un bastidor, un soporte situado dentro del bastidor y un cojinete anular colocado entre el bastidor y el soporte. El soporte incluye una abertura dimensionada para recibir estrechamente la pala de aerogenerador. El cojinete anular permite la rotación libre del soporte y la pala de aerogenerador a lo largo del eje longitudinal central. El mecanismo de accionamiento puede ser independiente del primer y segundo cojinetes de soporte o puede estar asociado operativamente con al menos uno del primer y segundo cojinetes de soporte.

Breve descripción de los dibujos

Los dibujos que se acompañan, que se incorporan en y constituyen una parte de esta especificación, ilustran diversas realizaciones de la invención y, junto con una descripción general de la invención dada anteriormente y la descripción detallada de las realizaciones dada a continuación, sirven para explicar las realizaciones de la invención.

- 55 - La Fig. 1 es una vista esquemática de un aerogenerador que tiene palas curvas;
- La Fig. 2A es una vista superior del dispositivo de transporte de la invención actual que se aproxima y que entra en un giro con una pala de aerogenerador para ilustrar los riesgos potenciales de dirigir el giro;

- La Fig. 2B es una vista esquemática del dispositivo de transporte de la invención actual, que ilustra diversos componentes de control y accionamiento;
- La Fig. 3 es una vista en perspectiva del cojinete de soporte usado con el dispositivo de transporte de las Fig. 2A y 2B;
- 5 - La Fig. 4A es una vista lateral de una primera realización del dispositivo de transporte de la invención actual, que muestra la pala de aerogenerador en la primera orientación;
- La Fig.4B es una vista superior del dispositivo de transporte y la pala de aerogenerador de la Fig. 4A en la primera orientación;
- 10 - La Fig.4C es una vista superior del dispositivo de transporte y la pala de aerogenerador de la Fig. 4A durante un viaje a lo largo de una carretera recta;
- La Fig. 5A es una vista lateral del dispositivo de transporte de la Fig. 4A, que muestra la pala de aerogenerador girada a una segunda orientación;
- La Fig. 5B es una vista superior del dispositivo de transporte y la pala de aerogenerador de la Fig. 5A en la segunda orientación;
- 15 - La Fig. 5C es una vista superior del dispositivo de transporte y la pala de aerogenerador de la Fig. 5A durante un viaje en torno a una curva o de un giro;
- La Fig.6A es una vista trasera del dispositivo de transporte y la pala de aerogenerador de la Fig. 4A en la primera orientación;
- 20 - La Fig. 6B es una vista trasera del dispositivo de transporte y la pala de aerogenerador de la Fig. 5A en la segunda orientación;
- La Fig. 7A es una vista lateral de una segunda realización del dispositivo de transporte de la invención actual, que muestra la pala de aerogenerador en la primera orientación;
- La Fig. 7B es una vista superior del dispositivo de transporte y la pala de aerogenerador de la Fig. 7A en la primera orientación;
- 25 - La Fig. 7C es una vista superior del dispositivo de transporte y la pala de aerogenerador de la Fig. 7A durante un viaje a lo largo de una carretera recta;
- La Fig. 8A es una vista lateral del dispositivo de transporte de la Fig. 7A, que muestra la pala de aerogenerador girada a una segunda orientación;
- 30 - La Fig. 8B es una vista superior del dispositivo de transporte y la pala de aerogenerador de la Fig. 8A en la segunda orientación; y
- La Fig. 8C es una vista superior del dispositivo de transporte y la pala de aerogenerador de la Fig. 8A durante un viaje en torno a una curva o de un giro.

Descripción detallada

35 Con referencia a la Fig. 1 y según una realización de la invención, un aerogenerador 10 incluye una torre 12, una góndola 14 dispuesta en el ápice de la torre 12 y un rotor 16 acoplado operativamente a un generador (no mostrado) alojado dentro de la góndola 14. Además del generador, la góndola 14 aloja componentes misceláneos requeridos para convertir la energía eólica en energía eléctrica y diversos componentes necesarios para operar, controlar y optimizar el rendimiento del aerogenerador 10. La torre 12 soporta la carga presentada por la góndola 14, el rotor 16 y otros componentes del aerogenerador 10 que están alojados en el interior de la góndola 14, y también opera para elevar la góndola 14 y el rotor 16 a una altura por encima del nivel del suelo o del nivel del mar, como pueda ser el caso, en el que se encuentran típicamente corrientes de aire en movimiento más rápidas de menor turbulencia.

40 El rotor 16 del aerogenerador 10, que se representa como un aerogenerador de eje horizontal, sirve como motor principal del sistema electromecánico. El viento que excede un nivel mínimo activará el rotor 16 y causará la rotación en una dirección sustancialmente perpendicular a la dirección del viento. Con este fin, el rotor 16 del aerogenerador 10 incluye un cubo central 18 y al menos una pala 20 que se proyecta hacia fuera desde el cubo central 18. En la realización representativa, el rotor 16 incluye tres palas 20 en ubicaciones distribuidas circunferencialmente en torno a las mismas, pero el número puede variar. Las palas 20 están configuradas para interactuar con el flujo de aire que pasa para producir una elevación que hace que el cubo central 18 gire en torno a un eje longitudinal 22.

50 El diseño y la construcción de las palas 20 son familiares para una persona que tenga una experiencia ordinaria en la técnica, aunque las palas 20 ilustradas son palas de aerogenerador curvas 20 usadas para mejorar la eficiencia y

reducir la carga de tensión de la pala 20 durante la operación. Más particularmente, cada una de las palas de aerogenerador curvas 20 incluye un eje longitudinal central curvo 24 que se extiende desde un extremo de la raíz 26 adyacente al cubo central 18 hasta un extremo de la punta 28 como se muestra esquemáticamente por líneas de trazos en la Fig. 1. A este respecto, cada pala de aerogenerador 20 tiene un perfil longitudinal no lineal que aumenta la anchura efectiva en el sentido del batimiento de la pala, como se describe con más detalle a continuación. Se entenderá que el eje longitudinal central curvo puede estar curvado en diferentes direcciones, tales como barrido hacia delante o hacia atrás, o conos, que serán de una extensión sustancialmente menor, que la curvatura mostrada en estas figuras sin apartarse del alcance de la invención.

El aerogenerador 10 se puede incluir entre una colección de aerogeneradores similares que pertenecen a una granja eólica o parque eólico que sirve como central de generación de energía conectada por líneas de transmisión con una red eléctrica, tal como una red eléctrica trifásica de corriente alterna (AC). La red eléctrica generalmente consiste en una red de estaciones de energía, circuitos de transmisión y subestaciones acoplados por una red de líneas de transmisión que transmiten la potencia a las cargas en forma de usuarios finales y otros clientes de empresas de servicios públicos eléctricos. Bajo circunstancias normales, la energía eléctrica se suministra desde el generador a la red eléctrica como se conoce por una persona que tenga una habilidad ordinaria en la técnica.

Como se ha tratado anteriormente, el aerogenerador 10 se ensambla típicamente in situ en la granja eólica o en el parque eólico. En consecuencia, los componentes del aerogenerador 10, incluyendo las palas de aerogenerador curvas 20, se deben transportar desde una fábrica hasta el lugar de instalación a través de un viaje a lo largo de la red existente de carreteras. Como se entiende bien, dispositivos de transporte, tales como remolques de tractor, se usan para transportar las palas de aerogenerador 20 a lo largo de las carreteras. La Fig. 2A ilustra uno de tales dispositivos de transporte 30 que incluye un tractor 32 con el primer y segundo cojinetes de soporte 34, 36 que sostienen la pala de aerogenerador curva 20. Como es común cuando se viaja a lo largo de la red existente de carreteras, el tractor 32 está aproximándose a una curva o a un giro que se debe dirigir mientras que se mantiene la pala de aerogenerador 20 dentro los límites de la carretera. No obstante, si la pala de aerogenerador 20 se mantiene en la orientación mostrada en la Fig. 2A, puede ser difícil, si no imposible, para el tractor 32 dirigir el giro sin o bien balancear el extremo de la punta 28 de la pala 20 más allá del límite de la carretera, lo que podría causar daños a las señales u otras estructuras situadas justo más allá del límite, o bien atravesar el borde interno de la esquina con el tractor 32 y la pala 20. Cada uno de estos posibles problemas se ilustra mediante las representaciones de líneas de trazos del dispositivo de transporte 30 después de entrar en el giro mostrado en la Fig. 2A.

Como se describe con más detalle a continuación, el dispositivo de transporte 30 de la invención actual incluye ventajosamente los cojinetes de soporte y un mecanismo de accionamiento que activa la rotación de la pala de aerogenerador curva 20 desde una primera orientación generalmente vertical cuando el dispositivo de transporte 30 está a punto de girar en torno a una curva en la carretera o en una intersección de carreteras, o alternativamente, durante el giro, a una segunda orientación generalmente horizontal. Por consiguiente, el eje longitudinal central curvo 24 de la pala 20 se dobla para seguir la curvatura del giro o de la carretera, reduciendo o minimizando por ello la obstrucción de otros carriles o atravesando las esquinas con la pala de aerogenerador 20 (se muestran ejemplos en las Fig. 5C y 8C y se describen con más detalle a continuación). A este respecto, el dispositivo de transporte 30 de la invención actual proporciona una colocación mejorada de la pala de aerogenerador 20 con relación a los límites de la carretera como se muestra en los ejemplos de líneas de trazos de la Fig. 2A. Con este fin, el dispositivo de transporte 30 y el método de la invención actual permiten el transporte mejorado de palas de aerogenerador curvas 20 más grandes a lo largo de la red existente de carreteras en comparación con los dispositivos de transporte convencionales.

Con referencia a las Fig. 2A y 2B, se muestra el dispositivo de transporte 30 de la invención actual. El dispositivo de transporte 30 incluye el camión o remolque de tractor a los que se hace referencia en lo sucesivo como tractor 32 y al menos dos cojinetes de soporte 34, 36 (solamente el primer cojinete de soporte 34 mostrado en la Fig. 2B) para sostener la pala de aerogenerador curva 20. El dispositivo de transporte 30 y el tractor 32 incluyen una línea central longitudinal LC que corre longitudinalmente para dividir el dispositivo de transporte 30 en mitades iguales que se extienden transversalmente lejos de la línea central longitudinal LC. Más particularmente, el tractor 32 incluye un primer y segundo lados longitudinales 35, 37 en lados transversales opuestos de la línea central longitudinal LC. El dispositivo de transporte 30 también incluye un mecanismo de accionamiento 38 para girar la pala de aerogenerador 20 y al menos un dispositivo de accionamiento de cojinete 40 para mover el cojinete de soporte 34 correspondiente para acomodar la rotación de la pala de aerogenerador 20. El mecanismo de accionamiento 38 y el dispositivo de accionamiento de cojinete 40 están acoplados operativamente a un controlador 42 que activa el movimiento de rotación de la pala de aerogenerador 20 cuando se requiere por el dispositivo de transporte 30 que encuentra un giro o una curva en la carretera. El controlador 42 puede estar configurado para accionar automáticamente la rotación o responder a una señal de entrada manual para girar la pala de aerogenerador 20 como se describe con más detalle a continuación. Como se explica con más detalle a continuación, se entenderá que el mecanismo de accionamiento 38 puede enganchar directamente la pala de aerogenerador 20 para accionar la rotación de la pala de aerogenerador 20 o puede usar el dispositivo de accionamiento de cojinete 40 y/u otros dispositivos de accionamiento asociados con el cojinete de soporte 34, 36 para girar la pala de aerogenerador 20 en diversas realizaciones dentro del alcance de la invención. Con este fin, el mecanismo de accionamiento 38 puede ser independiente de los cojinetes de soporte 34, 36 o puede estar asociado directamente con los cojinetes de soporte 34, 36, tal como mediante la integración con el dispositivo de accionamiento de cojinete 40.

A este respecto, el dispositivo de transporte 30 también incluye un dispositivo de detección 44 configurado para determinar cuándo el tractor 32 está girando o a punto de girar en torno a una curva o en una intersección. Varios ejemplos del dispositivo de detección 44 se muestran esquemáticamente en la Fig. 2B. En un aspecto, el dispositivo de detección 44 incluye una interfaz de usuario 46 situada dentro de la cabina 48 del tractor 32. La interfaz de usuario 46 recibe comandos manuales o de voz de un conductor del tractor 32 cuando el conductor indica que el tractor 32 se está aproximando a un giro o a una curva. Cuando se recibe tal comando, la interfaz de usuario 46 envía una señal al controlador 42 para accionar la rotación de la pala de aerogenerador 20 de modo que el eje longitudinal central curvo 24 se doble en entorno al giro más que atravesar el giro (como se explica a continuación). Por consiguiente, la interfaz de usuario 46 permite el control manual de la rotación de la pala de aerogenerador 20. Alternativamente, el dispositivo de detección 44 incluye un sensor de giro 50 en otro aspecto. El sensor de giro 50 está acoplado al volante (no mostrado) en la cabina 48 del tractor 32 y determina si el volante se ha girado más allá de un umbral predeterminado. Cuando el sensor de giro 50 detecta un giro lo suficientemente agudo como para superar el umbral predeterminado, el sensor de giro 50 envía una señal al controlador 42 para girar automáticamente la pala de aerogenerador 20 para seguir la curvatura del giro que se realiza. El umbral predeterminado se puede programar para ser cualquier valor basado en la longitud y la curvatura de la pala de aerogenerador 20 que se transporta. En otro aspecto, el dispositivo de detección 44 incluye un sistema de posicionamiento global (GPS) 52 que detecta cuándo el tractor 32 está aproximándose a una curva en la carretera o a un giro en una intersección. Como se entiende bien, el GPS 52 se comunica con una interfaz de satélite 54 para detectar la ubicación actual y los movimientos del tractor 32 para determinar cuándo está yendo a ocurrir tal curva o giro. Similar al sensor de giro 50, el GPS 52 envía una señal al controlador 42 para causar automáticamente la rotación de la pala de aerogenerador 20 inmediatamente antes o durante el giro. Se apreciará que estos y otros tipos de dispositivos de detección 44 se pueden usar, solos o en combinación con los dispositivos de detección 44 descritos anteriormente, para señalar al controlador 42 que active la rotación de la pala de aerogenerador 20 de manera o bien manual o bien automática en otras realizaciones sin apartarse del alcance de la invención.

Cuando se gira una pala de aerogenerador curva 20, una parte sustancial de la masa de la pala de aerogenerador 20 puede moverse fuera del centro de la línea central longitudinal LC del dispositivo de transporte 30. Con el fin de contrarrestar cualquier momento de fuerza que pueda tender a causar que el dispositivo de transporte 30 vuelque, en una realización también se puede proporcionar un contrapeso 56 en el tractor 32. El contrapeso 56 está conectado operativamente al controlador 42 como se muestra en la Fig. 2B de manera que siempre que el controlador 42 acciona la rotación de la pala de aerogenerador 20, también se acciona un movimiento correspondiente del contrapeso 56. Más particularmente, el contrapeso 56 se desplaza hacia un lado 35 del dispositivo de transporte 30, mientras que la parte central de la pala de aerogenerador 20 se desplaza hacia un lado opuesto 37 como se describe con más detalle con referencia a la FIG. 4B a continuación. El contrapeso 56 por lo tanto aplica un momento de fuerza opuesto sobre el dispositivo de transporte 30 que reduce la posibilidad de vuelco durante una operación de giro.

Con referencia a la Fig. 3, se muestra una realización ejemplar del cojinete de soporte 34 (o 36) usado con el dispositivo de transporte 30. Con propósitos de descripción, las direcciones se definen en la Fig. 3 como el eje Z correspondiente al eje horizontal a lo largo de la extensión longitudinal del tractor 32 y, de manera general, la pala de aerogenerador 20, el eje Y correspondiente al eje vertical, y el eje X correspondiente al eje horizontal transversal a la dirección longitudinal. El cojinete de soporte 34 incluye un bastidor 60 acoplado de manera pivotante a un par de brazos de soporte 62 que se extienden generalmente verticalmente (a lo largo del eje Y mostrado en la Fig. 3) desde una base de plataforma 64. El acoplamiento pivotante del bastidor 60 permite que el bastidor 60 gire en manera libre en torno al eje X, como se muestra en la Fig. 3. La base de plataforma 64 se monta giratoriamente en el tractor 32 o un remolque como se describe en operación en más detalle a continuación. Más específicamente, la base de plataforma 64 se puede montar en un cojinete giratorio (no mostrado) para el tractor 32 o un remolque de modo que todo el cojinete de soporte 34 se pueda girar en torno al eje Y vertical. Cada uno de los brazos de soporte 62 incluye un dispositivo de accionamiento de cojinete (mostrado esquemáticamente como 40 en la Fig. 2B) tal como los actuadores lineales hidráulicos 66 mostrados en la Fig. 3. Estos actuadores lineales hidráulicos 66 operan para trasladar o mover el bastidor 60 hacia arriba o hacia abajo a lo largo del eje Y. De este modo, el bastidor 60 es giratorio en torno al eje Y vertical y se puede mover a lo largo del eje Y vertical.

Además, el cojinete de soporte 34 también permite libertad para girar a lo largo del eje longitudinal o Z. Con este fin, el cojinete de soporte 34 incluye un soporte 68 (por ejemplo, un soporte de espuma) colocado dentro del bastidor 60 y un cojinete anular 70 situado entre el bastidor 60 y el soporte 68. En un ejemplo, el soporte 68 es una estructura de soporte moldeada por inyección que tiene una forma generalmente cilíndrica y que incluye una abertura 72 que se extiende a través del soporte 68. La abertura 72 está dimensionada para recibir estrechamente una parte particular de la pala de aerogenerador 20 para amortiguar y soportar por ello la pala de aerogenerador 20, como se muestra con más detalle con referencia a las realizaciones particulares mostradas en las Fig. 4A-8C. El soporte 68 se diseñará típicamente, por lo tanto, para un tipo particular de pala de aerogenerador curva 20 y se podría sustituir con un soporte 68 diferente cuando se ha de transportar una pala 20 dimensionada o formada de manera diferente. El cojinete anular 70 es cualquier tipo de cojinete convencional (por ejemplo, cojinete de rodillos) que permite la rotación libre del soporte 68 con respecto al bastidor 60 en torno al eje Z longitudinal. En resumen, la parte particular de la pala de aerogenerador 20 que se mantiene dentro de la abertura 72 del soporte 68 es capaz de rotación en torno a todos los ejes (X, Y y Z) y también se puede mover por traslación a lo largo de al menos uno de los ejes. Se

entenderá que el cojinete de soporte 34 y/o el mecanismo de accionamiento 38 pueden incluir mecanismos de bloqueo (no mostrados) para evitar rotaciones o movimientos indeseables de la pala de aerogenerador 20 durante el transporte. En consecuencia, el cojinete de soporte 34 soporta de manera fiable la pala de aerogenerador 20 en múltiples orientaciones a medida que la pala de aerogenerador 20 gira generalmente a lo largo de su eje longitudinal 24.

La operación del dispositivo de transporte 30 según una primera realización se muestra en las Fig. 4A-6B. En esta realización, el dispositivo de transporte 30a y todos los componentes descritos anteriormente se muestran con los mismos números de referencia donde sea apropiado, con la adición de una "a" al final del número de referencia para indicar esta realización particular. El dispositivo de transporte 30a de esta realización incluye un tractor 32a y un primer y segundo remolques 80, 82 acoplados al tractor 32a por la pala de aerogenerador 20. Se entenderá que se pueden proporcionar conexiones adicionales tales como conexiones de cable (no mostradas) entre el tractor 32a y los remolques 80, 82 en algunas realizaciones consistentes con la invención. El tractor 32a incluye un primer cojinete de soporte 34a como se ha descrito anteriormente, que recibe la pala de aerogenerador 20 a través del mismo próximo al extremo de la raíz 26 de la pala de aerogenerador 20. El primer remolque 80 incluye un segundo cojinete de soporte 36a como se ha descrito previamente, que recibe la pala de aerogenerador 20 a través del mismo próximo al extremo de la punta 28 de la pala de aerogenerador 20. El segundo remolque 82 está situado entre el tractor 32a y el primer remolque 80 e incluye un tercer cojinete de soporte 84 similar al primer y segundo cojinetes de soporte 34a, 36a. El tercer cojinete de soporte 84 recibe la pala de aerogenerador 20 a través del mismo adyacente a una parte central de la pala de aerogenerador 20. A este respecto, la pala de aerogenerador 20 está totalmente soportada en tres ubicaciones a lo largo de su longitud longitudinal. Se entenderá que el segundo remolque 82 y el tercer cojinete de soporte 84 se pueden omitir en realizaciones adicionales no ilustradas de la invención dependiendo, por ejemplo, de la longitud de la pala de aerogenerador 20 y posiblemente otros factores. A este respecto, el segundo remolque 82 y el tercer cojinete de soporte 84 son rasgos opcionales que se pueden eliminar en otras realizaciones consistentes con el alcance de la invención. Además, el primer remolque 80 y el segundo cojinete de soporte 36a se podrían colocar alternativamente para recibir la parte central de la pala de aerogenerador 20 más que próximas al extremo de la punta 28 en otras realizaciones consistentes con la invención actual.

Volviendo a las Fig. 4A-4C, la pala de aerogenerador 20 se carga sobre el dispositivo de transporte 30a en una primera orientación en la que el eje longitudinal central curvo 24 de la pala 20 está situado en un plano generalmente vertical situado sustancialmente (o solamente ligeramente desplazado de) adyacente a una línea central longitudinal LC del tractor 32a. Como se muestra en la vista lateral de la Fig. 4A, la curvatura del eje longitudinal central 24 también define generalmente un centro de curvatura CC situado dentro de ese plano vertical centrado aproximadamente en el tractor 32a. La curvatura del eje longitudinal central 24 en esta realización está a lo largo de la dirección en el sentido del batimiento (es decir, entre el lado de presión y el lado de succión de la pala 20) de modo que la pala de aerogenerador 20 defina una anchura efectiva en el sentido del batimiento FW mostrada en la Fig. 4A. Esta anchura efectiva en el sentido del batimiento FW es mayor que la anchura máxima de costado EW mostrada en la Fig. 4B y medida entre los bordes delantero y trasero de la pala de aerogenerador 20. Por consiguiente, la pala de aerogenerador 20 se carga y se mantiene normalmente en esta primera orientación, de modo que el dispositivo de transporte 30a y la pala de aerogenerador 20 en combinación se ajusten dentro de los límites de un carril 86 en una carretera 88 como se muestra en la Fig. 4C.

Como se muestra en la primera orientación de las Fig. 4A y 4B, el primer y segundo cojinetes de soporte 34a, 36a se pivotan en el eje X uno ligeramente hacia el otro de modo que los soportes 68a correspondientes sigan el perfil de la pala de aerogenerador 20 cerca del extremo de la raíz 26 y el extremo de la punta 28. También en esta primera orientación, los dispositivos de accionamiento de cojinete 66a de cada uno del primer y segundo cojinetes de soporte 34a, 36a extienden los brazos de soporte 62a correspondientes más altos que los brazos de soporte 62a del tercer cojinete de soporte 84 en la parte central de la pala de aerogenerador 20. El contrapeso 56a también está situado centralmente en el tractor 32a debido a que la masa de la pala de aerogenerador 20 no está situada sustancialmente fuera del centro de la línea central longitudinal LC. Por consiguiente, cada uno de los cojinetes de soporte 34a, 36a, 84 soporta de manera fiable la sección correspondiente de la pala de aerogenerador 20 durante el transporte normal con el dispositivo de transporte 30a.

Cuando el dispositivo de transporte 30a se aproxima a un giro o a una curva en la carretera 88 (que se detecta/determina por uno o más de los diversos dispositivos de detección 44 descritos anteriormente), el controlador 42 acciona la rotación de la pala de aerogenerador 20 generalmente en torno al eje longitudinal central 24 a una segunda orientación con el mecanismo de accionamiento 38a, o alternativamente, con el dispositivo de accionamiento de cojinete 66a, como se muestra en las Fig. 5A-5C. En un ejemplo, el mecanismo de accionamiento 38a puede acoplarse directamente a la pala de aerogenerador 20, tal como en el extremo de la raíz 26 para girar directamente la pala 20 como se realizaba previamente en la técnica (por ejemplo, el mecanismo de rotación descrito en la Patente de EE.UU. Nº 7.303.365 de Wobben). Alternativamente o además, el mecanismo de accionamiento 38a incluye un dispositivo propulsado mecánicamente o hidráulicamente que gira los soportes 68a de uno o más de los cojinetes de soporte 34a, 36a, 84 correspondientes para causar la rotación de la pala de aerogenerador 20. Se entenderá que otros tipos de mecanismos de accionamiento 38a conocidos en la técnica para girar las palas de aerogenerador 20 también se pueden usar dentro del alcance de esta invención.

Además de la rotación de la pala de aerogenerador 20 a lo largo del eje longitudinal central 24, el controlador 42 también puede accionar movimientos adicionales de los cojinetes de soporte 34a, 36a y el contrapeso 56a. Más particularmente, los dispositivos de accionamiento de cojinete 66a del primer y segundo cojinetes de soporte 34a, 36a trasladan los brazos de soporte 62a correspondientes hacia abajo a lo largo del eje Y mientras que el dispositivo de accionamiento de cojinete 66a del tercer cojinete de soporte 84 traslada los brazos de soporte 62a correspondientes hacia arriba en el eje Y. Estos movimientos de traslación se muestran por las flechas 90 en la Fig. 5A. Alternativamente, el primer y segundo cojinetes de soporte 34a, 36a pueden trasladarse hacia abajo a lo largo del eje Y mientras que el tercer cojinete de soporte 84 permanece estacionario. Además, el primer y segundo cojinetes de soporte 34a, 36a giran libremente alrededor tanto del eje X transversal (como se muestra por las flechas 92 en la Fig. 5A) como del eje Y vertical (como se muestra por las flechas 94 en la Fig. 5B) lejos uno de otro para acomodar la rotación de la pala de aerogenerador 20. El tercer cojinete de soporte 84 y el segundo remolque 82 también se trasladan a lo largo del eje X transversal para seguir el movimiento de la parte central de la pala de aerogenerador 20 como se indica por la flecha 96 en la Fig. 5B. El efecto colectivo de cada uno de estos movimientos de rotación y traslación es que la pala de aerogenerador 20 gira a la segunda orientación en la que el eje longitudinal central curvo 24 se dispone en un plano generalmente horizontal como se muestra. Con este fin, el eje longitudinal central curvo 24 se mueve para doblarse en torno al giro a ser realizado. Se entenderá que en realizaciones alternativas tales como la descrita anteriormente con un segundo remolque 82 omitido y un primer remolque 80 en la parte central de la pala de aerogenerador 20, solamente uno del primer y segundo cojinetes de soporte 34a, 36a se requerirían trasladar a lo largo del eje Y durante la rotación de la pala de aerogenerador 20.

Al mismo tiempo que estos movimientos de rotación y traslación de los tres cojinetes de soporte 34a, 36a, 84, el controlador 42 puede mover el contrapeso 56a con respecto a la línea central longitudinal LC al lado opuesto (35a) del tractor 32a como la parte central de la pala de aerogenerador 20 para igualar los momentos de fuerza aplicados al tractor 32a. En otras palabras, el contrapeso 56a se mueve hacia el mismo lado 35a del tractor 32a como el centro de curvatura CC del eje longitudinal central 24 de la pala 20. La probabilidad de que el dispositivo de transporte 30a vuelque mientras que atraviesa el giro se reduce mediante este movimiento del contrapeso 56a.

Los beneficios de girar la pala de aerogenerador 20 a la segunda orientación se muestran más claramente en la Fig. 5C, que ilustra el dispositivo de transporte 30a de esta realización durante el giro en torno a la curva en la carretera 88. A diferencia del giro ilustrado en el lado interno de la carretera en la Fig. 2A, los movimientos de la pala de aerogenerador 20 y del dispositivo de transporte 30a a la segunda orientación permiten que la pala de aerogenerador 20 se doble en torno a la curva más que atravesar un límite 98 de la carretera 88. Más específicamente, la curva define generalmente un centro de curvatura CCR que se sitúa en el mismo lado de la carretera 88 que el centro de curvatura CC de la pala de aerogenerador 20. La curvatura de la pala de aerogenerador 20 también limita la cantidad de intrusión en el otro carril 86 en la carretera 88 durante el movimiento de giro. Como resultado, el dispositivo de transporte 30a y la pala de aerogenerador 20 pueden atravesar ventajosamente curvas y giros mucho más agudos que los dispositivos de transporte convencionales. Después del giro, el dispositivo de transporte 30a gira la pala de aerogenerador 20 de vuelta a la primera orientación para contener el dispositivo de transporte 30a dentro de un carril 86 como se ha descrito previamente. Esta mejora permite que la pala de aerogenerador 20 sea transportada a lo largo de rutas más directas que las que se pueden requerir de otro modo, permitiendo por ello un transporte más rápido y más eficiente de la pala de aerogenerador 20 al sitio de ensamblaje o al muelle. Se apreciará que la pala de aerogenerador 20 puede girar a la segunda orientación en cualquier dirección, de manera que las curvas o giros en ambas direcciones se puedan atravesar más fácilmente. Además, se entenderá que la pala de aerogenerador 20 se puede girar a la segunda orientación antes de atravesar un giro cuando la carretera 88 proporciona suficiente anchura total para que el segundo remolque 82 se traslade hacia afuera como se muestra en la Fig. 5C, o se puede girar a la segunda orientación solamente durante el movimiento de giro cuando la carretera es más estrecha para evitar empujar el segundo remolque 82 fuera del lado de la carretera 88.

Además, la rotación de la pala de aerogenerador 20 desde la primera orientación hasta la segunda orientación también tiene beneficios adicionales durante el transporte. Por ejemplo, la naturaleza curva de la pala de aerogenerador 20 y la alta anchura en el sentido del batimiento FW pueden hacer el tractor 32a y la pala 20 combinados demasiado altos para pasar por debajo de ciertos puentes en la carretera 88. No obstante, girar la pala de aerogenerador 20 a la segunda orientación reduce la altura total como resultado de la anchura de costado EW que es más pequeña que la anchura en el sentido del batimiento FW, lo que permite que el dispositivo de transporte 30a pase por debajo de esos puentes. Este beneficio se muestra por el paso superior del puente de línea de trazos 100 que se muestra en las vistas posteriores de las Fig. 6A y 6B. De este modo, el dispositivo de transporte 30a de la invención actual permite el transporte de grandes palas de aerogenerador curvas 20 a lo largo de un porcentaje más alto de la red existente de carreteras y proporciona múltiples beneficios.

Con referencia a las Fig. 7A-8C, se muestra una segunda realización de un dispositivo de transporte 30b según la invención. Como con la realización descrita anteriormente, el dispositivo de transporte 30b y todos los componentes descritos anteriormente se muestran con los mismos números de referencia donde sea apropiado, con la adición de una "b" al final del número de referencia para indicar esta realización particular. El dispositivo de transporte 30b de esta realización incluye un tractor unitario 32b sin ningún remolque. De este modo, el tractor 32b incluye un primer cojinete de soporte 34b y un segundo cojinete de soporte 36b como se ha descrito previamente, que reciben la pala de aerogenerador 20 a través de los mismos. Más específicamente, el primer cojinete de soporte 34b está situado

cerca de la cabina 48 y recibe la pala de aerogenerador 20 próxima al extremo de la raíz 26, mientras que el segundo cojinete de soporte 36b está situado en un extremo trasero del tractor 32b y recibe la pala de aerogenerador 20 próxima a una parte central. A este respecto, la pala de aerogenerador 20 está totalmente soportada en dos ubicaciones a lo largo de su longitud longitudinal. Se entenderá que se pueden proporcionar más de dos cojinetes de soporte en el tractor 32b en otras realizaciones consistentes con el alcance de la invención, dependiendo, por ejemplo, de la longitud de la pala de aerogenerador 20 y posiblemente de otros factores.

Volviendo a las Fig. 7A-7C, la pala de aerogenerador 20 se carga sobre el dispositivo de transporte 30b en una primera orientación en la que el eje longitudinal central curvo 24 de la pala 20 se sitúa en un plano generalmente vertical sustancialmente situado a lo largo de (o solamente ligeramente desplazado de) una línea central longitudinal LC del tractor 32b. Como se muestra en la vista lateral de la Fig. 7A, la curvatura del eje longitudinal central 24 también define generalmente un centro de curvatura CC situado dentro de ese plano vertical aproximadamente centrado en el tractor 32b. La curvatura del eje longitudinal central 24 en esta realización es una vez más a lo largo de la dirección en el sentido del batimiento (es decir, entre el lado de presión y el lado de succión de la pala 20), lo que hace que la pala de aerogenerador defina una anchura en el sentido del batimiento FW mayor que una anchura de costado EW. Por consiguiente, la pala de aerogenerador 20 se carga y normalmente se mantiene en esta primera orientación, de modo que el dispositivo de transporte 30b y la pala de aerogenerador 20 en combinación se ajusten dentro de los límites de un carril 86 en una carretera 88 como se muestra en la Fig. 7C.

Como se muestra en la primera orientación de las Fig. 7A y 7B, el primer cojinete de soporte 34b se pivota en el eje X ligeramente hacia el segundo cojinete de soporte 36b de modo que los soportes 68b correspondientes sigan el perfil de la pala de aerogenerador 20 cerca del extremo de la raíz 26 y la parte central. También en esta primera orientación, el dispositivo de accionamiento de cojinete 66b del primer cojinete de soporte 34b extiende los brazos de soporte 62b correspondientes más altos que los brazos de soporte 62b del segundo cojinete de soporte 36b en el centro de la pala de aerogenerador 20. El contrapeso 56b también está situado centralmente en el tractor 32b debido a que la masa de la pala de aerogenerador 20 no está situada sustancialmente fuera del centro de la línea central longitudinal LC. Por consiguiente, cada uno de los cojinetes de soporte 34b, 36b soporta de manera fiable la sección correspondiente de la pala de aerogenerador 20 durante el transporte normal con el dispositivo de transporte 30b.

Cuando el dispositivo de transporte 30b se aproxima a un giro o a una curva en la carretera 88 (que se detecta/determina por uno o más de los diversos dispositivos de detección 44 descritos anteriormente), el controlador 42 acciona la rotación de la pala de aerogenerador 20 generalmente en torno al eje longitudinal central 24 a una segunda orientación con el mecanismo de accionamiento 38b, o alternativamente, con el dispositivo de accionamiento de cojinete 66b, como se muestra en las Fig. 8A-8C. Como se ha descrito anteriormente, el mecanismo de accionamiento 38b puede enganchar y girar directamente la pala de aerogenerador 20, tal como en el extremo de la raíz 26, o el mecanismo de accionamiento 38b puede girar los soportes 68b de los cojinetes de soporte 34b, 36b correspondientes para girar la pala de aerogenerador 20. En cualquiera de los casos, la pala de aerogenerador 20 gira generalmente en torno a su eje longitudinal central 24.

Además de la rotación de la pala de aerogenerador 20 a lo largo del eje longitudinal central 24, el controlador 42 también puede accionar movimientos adicionales del primer cojinete de soporte 34b y el contrapeso 56b. Más particularmente, el dispositivo de accionamiento de cojinete 66b del primer cojinete de soporte 34b traslada los brazos de soporte 62b correspondientes hacia abajo a lo largo del eje Y mientras que los brazos de soporte 62b del segundo cojinete de soporte 36b permanecen fijos en su posición. Este movimiento de traslación se muestra por la flecha 110 en la Fig. 8A. Además, el primer cojinete de soporte 34b gira libremente alrededor tanto del eje X transversal (como se muestra por la flecha 112 en la Fig. 8A) como del eje Y vertical (como se muestra por las flechas 114 en la Fig. 8B) para pivotar lejos del segundo cojinete de soporte 36b para acomodar la rotación de la pala de aerogenerador 20. Aunque el segundo cojinete de soporte 36b se muestra sin movimientos de rotación en estas figuras, se entenderá que el segundo cojinete de soporte 36b puede girar en torno a estos ejes X e Y en algunas realizaciones dependiendo de la forma y el perfil particulares de la pala de aerogenerador 20. El efecto colectivo de cada uno de estos movimientos de rotación y traslación es que la pala de aerogenerador 20 gira a la segunda orientación en la que el eje longitudinal central curvo 24 se dispone en un plano generalmente horizontal como se muestra. Con este fin, el eje longitudinal central curvo 24 se mueve para doblarse en torno al giro a ser realizado.

Al mismo tiempo que estos movimientos de rotación y traslación del primer cojinete de soporte 34b, el controlador 42 puede mover el contrapeso 56b con respecto a la línea central longitudinal LC al lado opuesto (35b) del tractor 32b a medida que la parte central de la pala de aerogenerador 20 iguala los momentos de fuerza aplicados al tractor 32b. En otras palabras, el contrapeso 56b se mueve hacia el mismo lado 35b del tractor 32b como el centro de curvatura CC del eje longitudinal central 24 de la pala 20. La probabilidad de que el dispositivo de transporte 30b vuelque mientras que atraviesa el giro se reduce mediante este movimiento del contrapeso 56b.

Los beneficios de rotar la pala de aerogenerador 20 a la segunda orientación se muestran más claramente en la Fig. 8C, que ilustra el dispositivo de transporte 30b de esta realización durante el giro en torno a la curva en la carretera 88. A diferencia con el giro ilustrado en el lado externo de la carretera en la Fig. 2A, los movimientos de la pala de aerogenerador 20 y del dispositivo de transporte 30b a la segunda orientación permiten que la pala de

aerogenerador 20 se doble en torno a la curva más que balancear el extremo de la punta 28 de la pala 20 a través de un límite 98 de la carretera 88. Más específicamente, la curva define generalmente un centro de curvatura CCR que está situado en el mismo lado de la carretera 88 que el centro de curvatura CC de la pala de aerogenerador 20. La curvatura de la pala de aerogenerador 20 también limita la cantidad de intrusión en el otro carril 86 en la carretera 88 durante el movimiento de giro. Como resultado, el dispositivo de transporte 30b y la pala de aerogenerador 20 pueden atravesar ventajosamente curvas y giros mucho más agudos que los dispositivos de transporte convencionales. Después del giro, el dispositivo de transporte 30b gira la pala de aerogenerador 20 de vuelta a la primera orientación para contener el dispositivo de transporte 30b dentro de un carril 86 como se ha descrito anteriormente. Esta mejora permite que la pala de aerogenerador 20 sea transportada a lo largo de rutas más directas que las que se pueden requerir de otro modo, permitiendo por ello un transporte más rápido y más eficiente de la pala de aerogenerador 20 al sitio de ensamblaje o al muelle.

Está claro para una persona experta que todas las Figuras muestran un giro a la izquierda, pero que también se podría realizar un giro a la derecha. En caso de que la anchura de una cuerda sea muy grande, es decir, grande una anchura transversal a la línea 24, Fig. 8A, 7B, 5A y 4B, puede ser una opción elevar la pala 20 mediante los brazos de soporte 62b y los dispositivos de accionamiento de cojinete 66b, antes de girar la pala dentro los tienen una orientación adecuada y correspondiente a la dirección del giro de la carretera.

REIVINDICACIONES

1. Un método de transporte de una pala de aerogenerador (20) que define un eje longitudinal central curvo (24), el método que comprende:

5 cargar la pala de aerogenerador sobre un dispositivo de transporte (30) que incluye un primer y un segundo cojinetes de soporte (34, 36) configurados para recibir la pala de aerogenerador a través de los mismos, la pala de aerogenerador que se carga en una primera orientación de manera que el eje longitudinal central curvo se sitúe en un plano generalmente vertical; y

10 cuando el dispositivo de transporte se está preparando para girar en una dirección de giro, activar un mecanismo de accionamiento (38) por un controlador (42) para facilitar girar la pala de aerogenerador a una segunda orientación antes o durante el giro de manera que el eje longitudinal central curvo de la pala de aerogenerador se sitúe en un plano generalmente horizontal y se doble en la dirección de giro, en donde girar la pala de aerogenerador a la segunda orientación comprende girar la pala de aerogenerador a lo largo del eje longitudinal central, trasladar al menos uno del primer y segundo cojinetes de soporte en una dirección transversal al eje longitudinal central, y girar al menos uno del primer y segundo cojinetes de soporte en torno a un eje perpendicular al eje longitudinal central.

20 2. El método según la reivindicación 1, en donde el dispositivo de transporte incluye una línea central longitudinal (LC) y un primer y segundo lados (35, 37), y el eje longitudinal central curvo de la pala de aerogenerador se curva en torno a un centro de curvatura (CC) que se sitúa en un plano vertical próximo a la línea central longitudinal en la primera orientación, el centro de curvatura que se sitúa más allá de uno del primer y segundo lados en la segunda de orientación.

3. El método según la reivindicación 2, en donde el dispositivo de transporte incluye un contrapeso (56) que se puede mover desde la línea central longitudinal del dispositivo de transporte hacia cualquiera de los dos del primer y segundo lados, y la rotación de la pala de aerogenerador a la segunda orientación comprende además:

25 mover el contrapeso hacia el mismo lado del dispositivo de transporte que el centro de curvatura durante la rotación de la pala de aerogenerador hacia la segunda orientación.

4. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el dispositivo de transporte incluye un mecanismo de accionamiento para girar la pala de aerogenerador entre la primera y segunda orientaciones y un controlador acoplado operativamente al mecanismo de accionamiento, y el método comprende además:

30 determinar con el controlador que el dispositivo de transporte se está preparando para conducir en torno a una curva; y

accionar el mecanismo de accionamiento con el controlador para girar la pala de aerogenerador antes o a medida que el dispositivo de transporte se conduce en torno a la curva.

5. El método según la reivindicación 4, en donde el controlador incluye una interfaz de usuario (46) configurada para recibir comandos de un conductor del dispositivo de transporte, y determinar que el dispositivo de transporte se está preparando para conducir en torno a una curva comprende además:

35 recibir una señal de entrada del conductor en la interfaz de usuario que indica que la pala de aerogenerador requiere rotación.

6. El método según la reivindicación 4, en donde el controlador está acoplado operativamente a un sensor de giro (50) en el volante del dispositivo de transporte, y determinar que el dispositivo de transporte se está preparando para conducir en torno a una curva comprende además:

40 recibir una señal de entrada del sensor de giro que indica que el volante está girando más allá de un umbral predeterminado que requiere la rotación de la pala de aerogenerador.

7. Un dispositivo de transporte (30) para transportar una pala de aerogenerador (20) que define un eje longitudinal central curvo (24), el dispositivo de transporte que comprende:

45 un tractor (32);

un primer cojinete de soporte (34) acoplado al tractor y configurado para recibir la pala de aerogenerador a través del mismo, el primer cojinete de soporte que está adaptado para girar en torno a tres ejes (X, Y, Z) y para trasladarse a lo largo de al menos uno de los ejes;

50 un segundo cojinete de soporte (36) configurado para recibir la pala de aerogenerador a través del mismo, el segundo cojinete de soporte que está adaptado para girar en torno a tres ejes (X, Y, Z) y para trasladarse a lo largo de al menos uno de los ejes;

- una pala de aerogenerador que tiene un eje longitudinal central curvo y que está soportada por el primer y segundo cojinete de soporte, y
- 5 un mecanismo de accionamiento (38) operable para girar la pala de aerogenerador dentro del primer y segundo cojinetes de soporte entre una primera orientación en la que el eje longitudinal central curvo se sitúa en un plano generalmente vertical y una segunda orientación en la que el eje longitudinal central curvo se sitúa en un plano generalmente horizontal, y
- 10 un controlador (42) dispuesto para accionar el mecanismo de accionamiento y accionar por ello el movimiento de rotación de la pala de aerogenerador entre la primera y la segunda orientación, así como entre la segunda y la primera orientación,
- 10 en donde cuando el tractor se está preparando para girar en una dirección de giro, el mecanismo de accionamiento gira la pala de aerogenerador a la segunda orientación antes o durante el giro de manera que el eje longitudinal central curvo se doble en la dirección de giro.
8. El dispositivo de transporte según la reivindicación 7, que comprende además:
- 15 un dispositivo de detección (44) configurado para determinar cuándo el tractor se está preparando para conducir en torno a una curva; y
- un controlador acoplado operativamente al dispositivo de detección y al mecanismo de accionamiento, el controlador operable para accionar el mecanismo de accionamiento para girar la pala de aerogenerador antes de que el tractor se conduzca en torno a la curva.
- 20 9. El dispositivo de transporte según la reivindicación 8, en donde el tractor incluye un primer y segundo lados (35, 37), el eje longitudinal central curvo está curvado en torno a un centro de curvatura (CC), y el dispositivo de transporte comprende además:
- un contrapeso (56) montado de manera que se puede mover en el tractor,
- en donde el controlador está configurado para accionar el movimiento del contrapeso hacia el mismo lado del tractor que el centro de curvatura durante la rotación de la pala de aerogenerador hacia la segunda orientación.
- 25 10. El dispositivo de transporte según cualquiera de las reivindicaciones 7-9, en donde el segundo cojinete de soporte está acoplado de manera fija al tractor, y el dispositivo de transporte comprende además:
- 30 un primer dispositivo de accionamiento de cojinete (66a, 66b) acoplado operativamente al primer cojinete de soporte y configurado para trasladar el primer cojinete de soporte en una dirección vertical con relación al segundo cojinete de soporte durante la rotación de la pala de aerogenerador entre la primera y segunda orientaciones.
11. El dispositivo de transporte según la reivindicación 10, en donde el primer cojinete de soporte incluye además un bastidor (60) acoplado de manera pivotante al tractor, el bastidor que permite la rotación libre del primer cojinete de soporte en torno a un eje horizontal transversal al eje longitudinal central y la rotación en torno a un eje vertical durante la rotación de la pala de aerogenerador entre la primera y segunda orientaciones.
- 35 12. El dispositivo de transporte según la reivindicación 11, en donde el primer cojinete de soporte comprende además:
- un soporte (68) dispuesto dentro del bastidor y que incluye una abertura (72) dimensionada para recibir estrechamente la pala de aerogenerador a través de la misma; y
- 40 un cojinete anular (70) colocado entre el bastidor y el soporte y configurado para permitir la rotación libre del soporte y la pala de aerogenerador a lo largo del eje longitudinal central.
13. El dispositivo de transporte según cualquiera de las reivindicaciones 7-9, que comprende además:
- un primer remolque (80) acoplado al tractor mediante la pala de aerogenerador, el segundo cojinete de soporte que está acoplado al primer remolque; y
- 45 un primer dispositivo de accionamiento de cojinete acoplado operativamente al primer cojinete de soporte y configurado para trasladar el primer cojinete de soporte en una dirección vertical durante la rotación de la pala de aerogenerador entre la primera y segunda orientaciones.
14. El dispositivo de transporte según la reivindicación 13, que comprende además:
- 50 un segundo dispositivo de accionamiento de cojinete (66a, 66b) acoplado operativamente al segundo cojinete de soporte y configurado para trasladar el segundo cojinete de soporte en una dirección vertical durante la rotación de la pala de aerogenerador entre la primera y la segunda orientaciones.

- 5 15. El dispositivo de transporte según la reivindicación 14, en donde cada uno del primer y segundo cojinetes de soporte incluye además un bastidor acoplado de manera pivotante al tractor o al primer remolque, los bastidores que permiten la rotación libre del primer y segundo cojinetes de soporte hacia o lejos uno de otro en torno a los ejes horizontales correspondientes transversales al eje longitudinal central durante la rotación de la pala de aerogenerador entre la primera y segunda orientaciones.
16. El dispositivo de transporte según la reivindicación 15, en donde cada uno del primer y segundo cojinetes de soporte comprende además:
- un soporte dispuesto dentro del bastidor y que incluye una abertura dimensionada para recibir estrechamente la pala de aerogenerador a través de la misma; y
- 10 un cojinete anular colocado entre el bastidor y el soporte y configurado para permitir la rotación libre del soporte y la pala de aerogenerador a lo largo del eje longitudinal central.

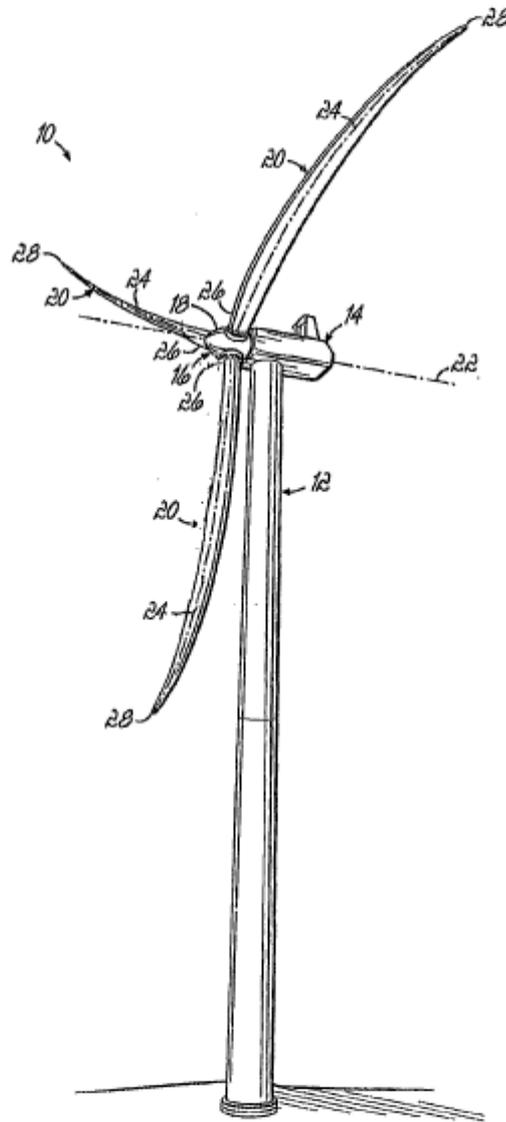


FIG. 1

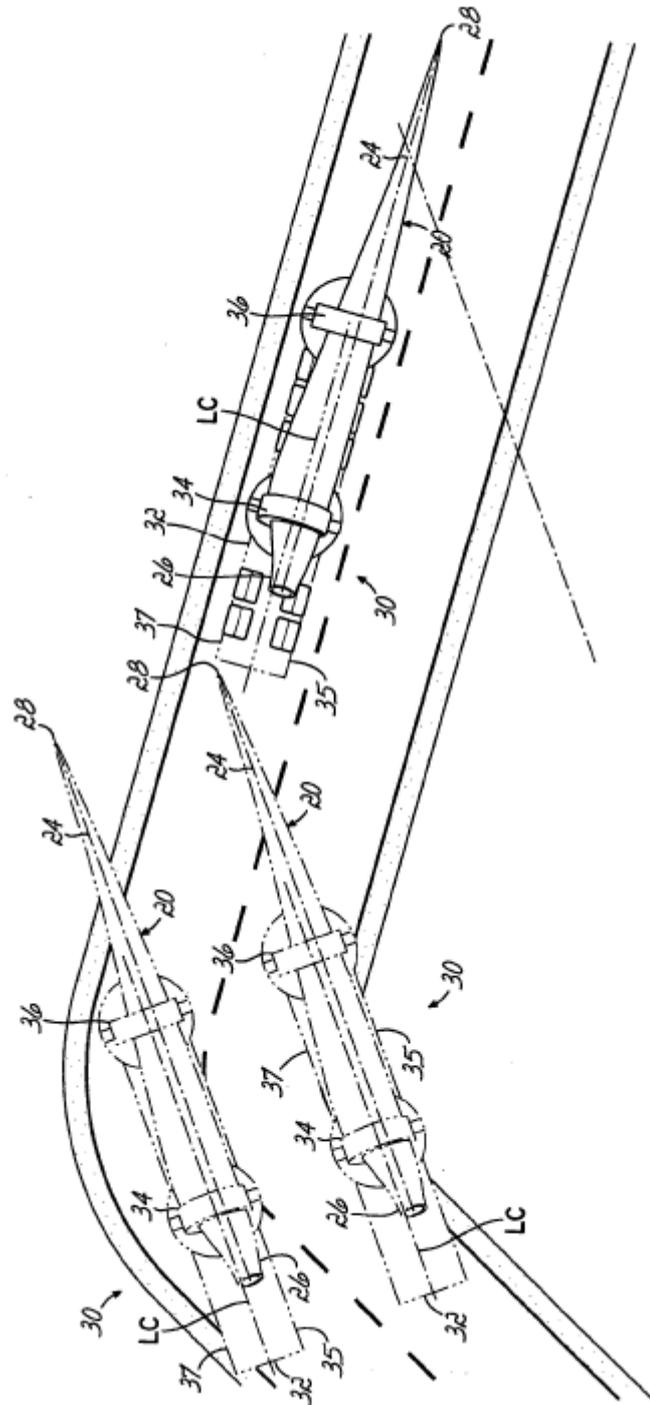


FIG. 2A

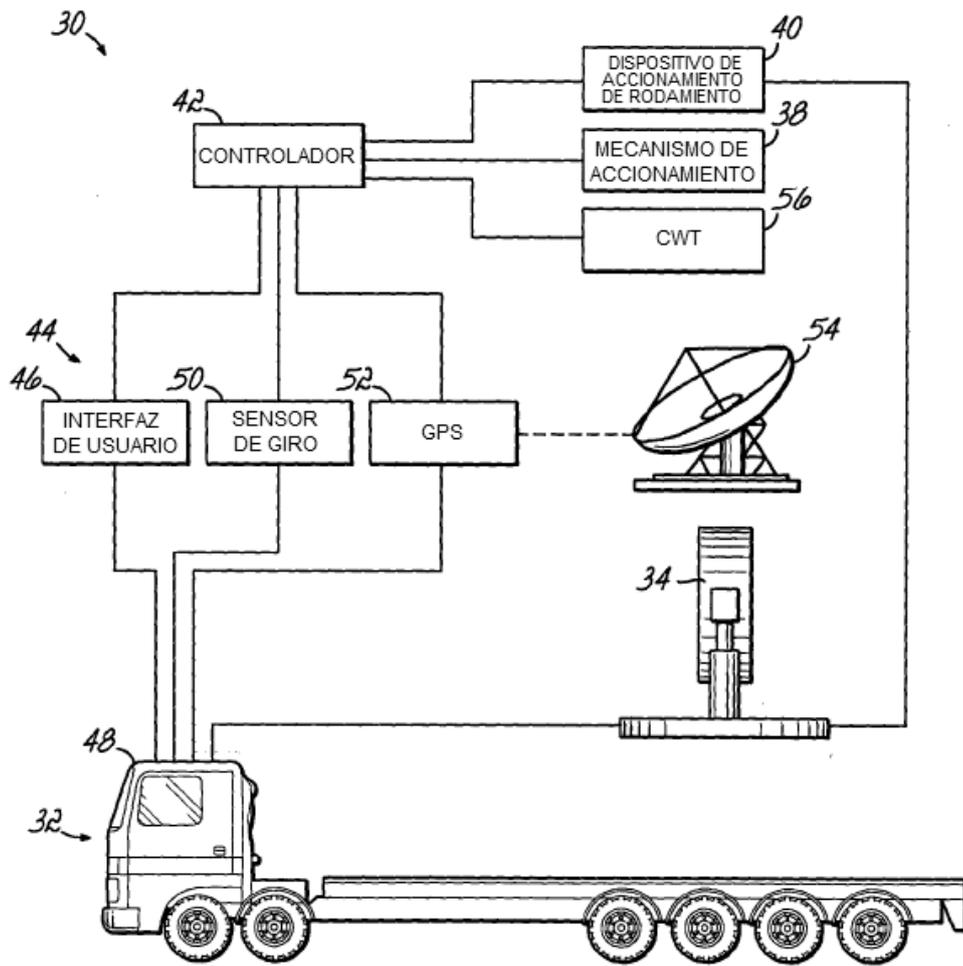


FIG. 2B

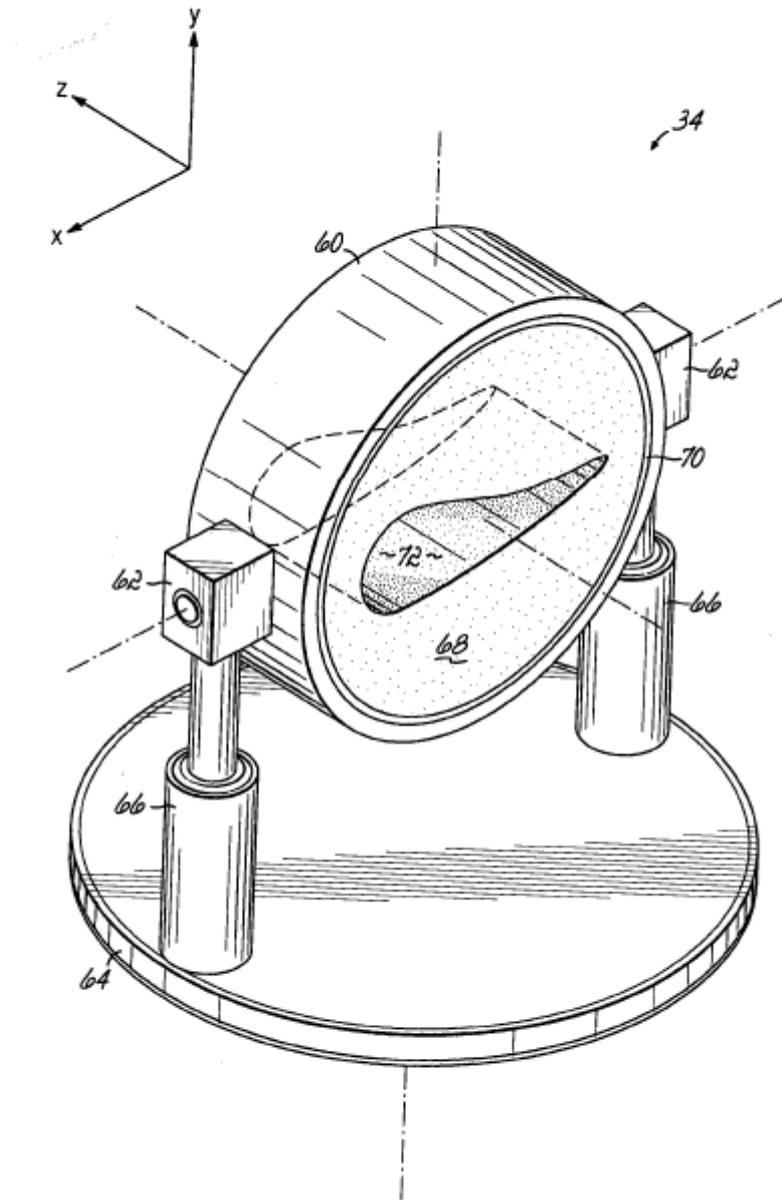


FIG. 3

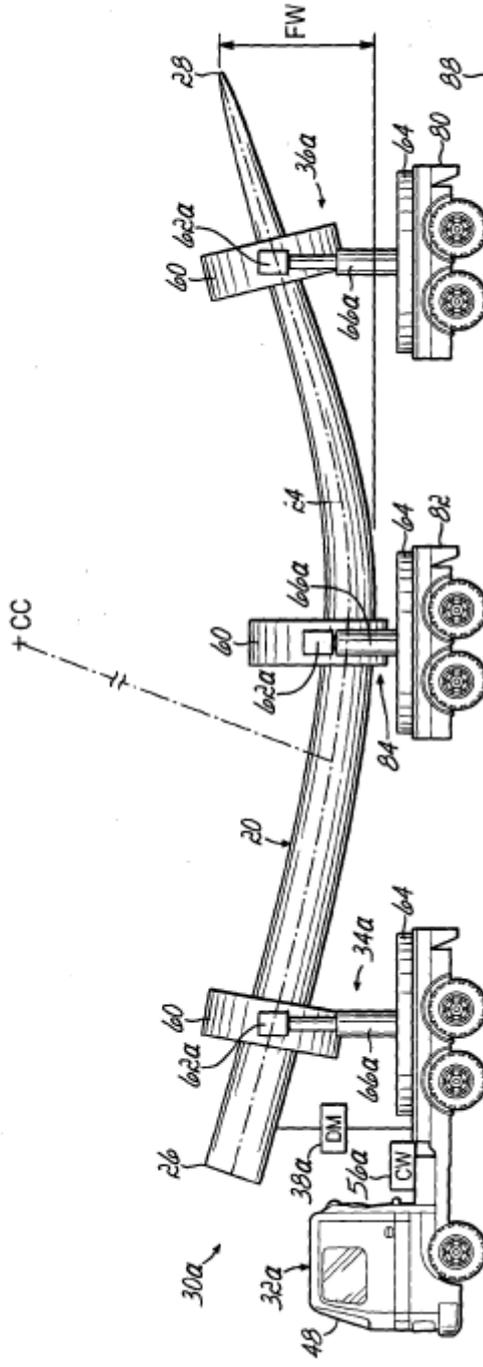


FIG. 4A

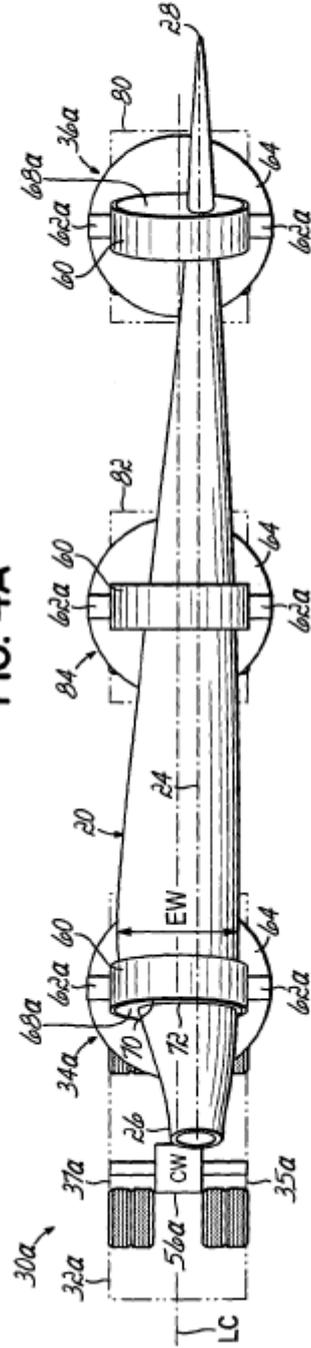


FIG. 4B

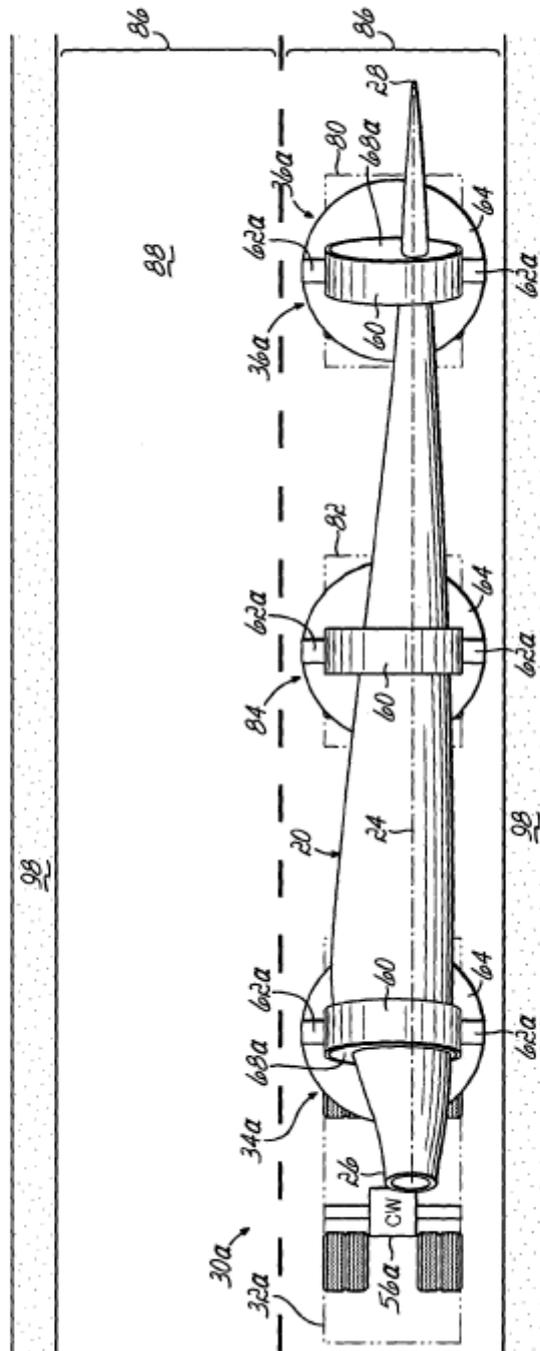


FIG. 4C

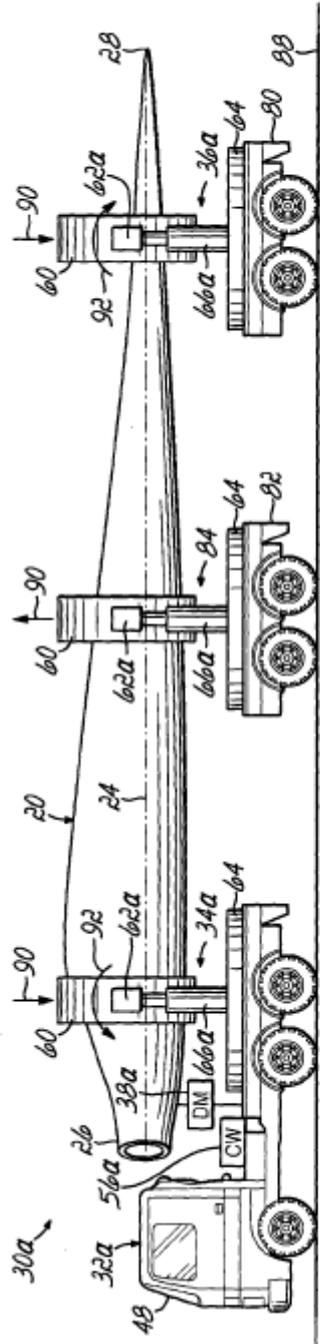


FIG. 5A

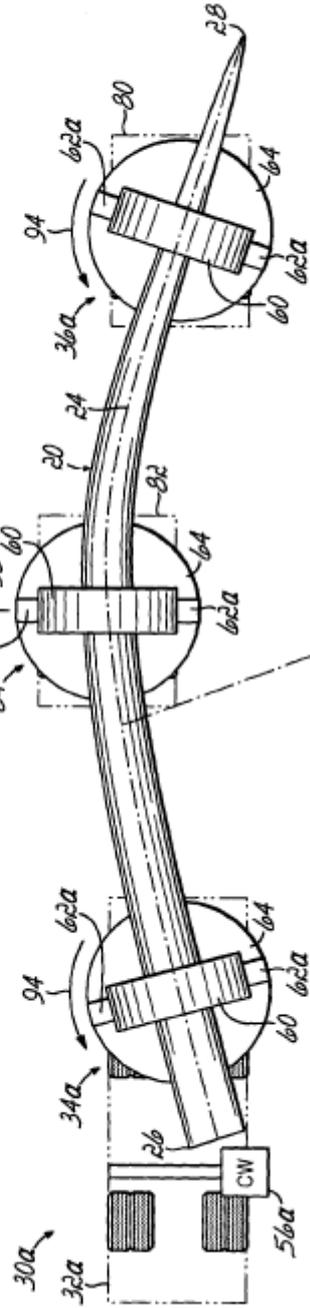


FIG. 5B

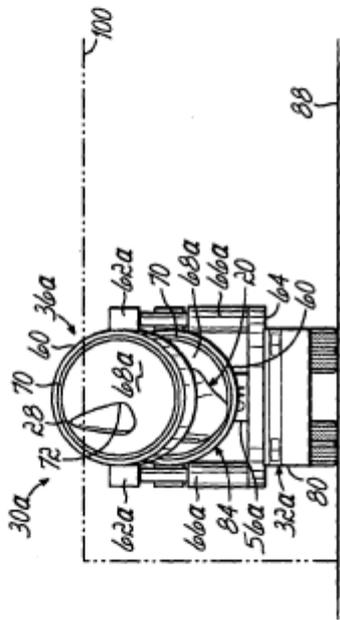


FIG. 6A

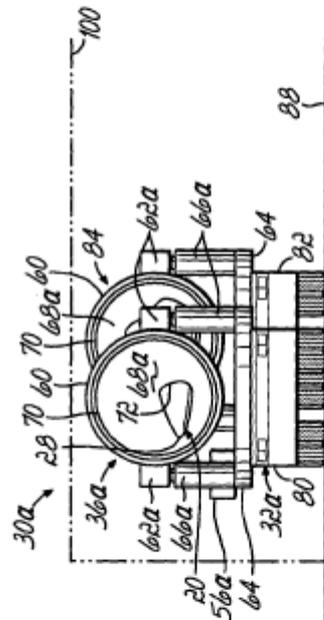


FIG. 6B

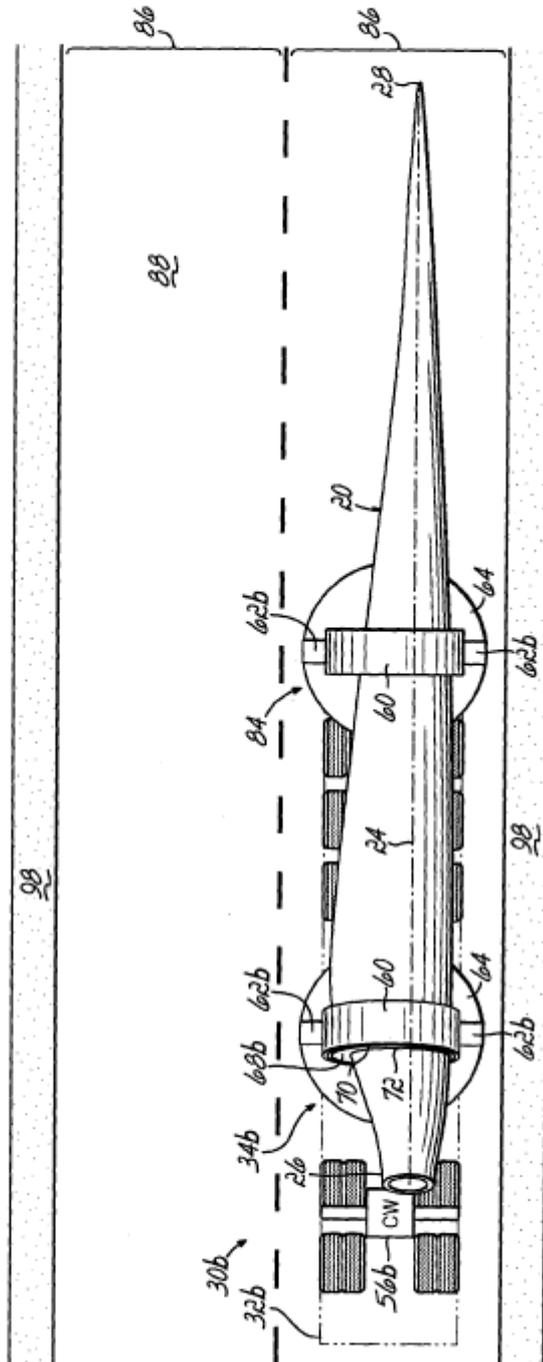


FIG. 7C

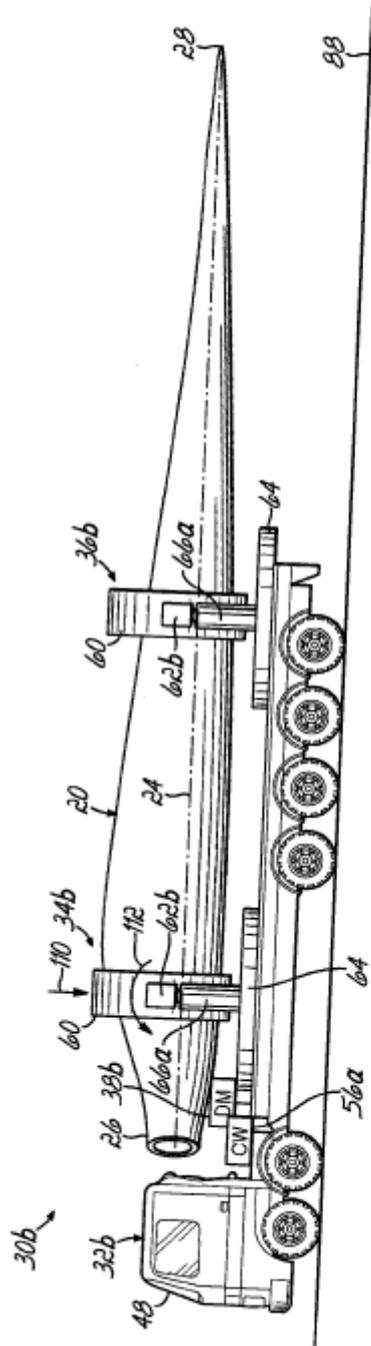


FIG. 8A

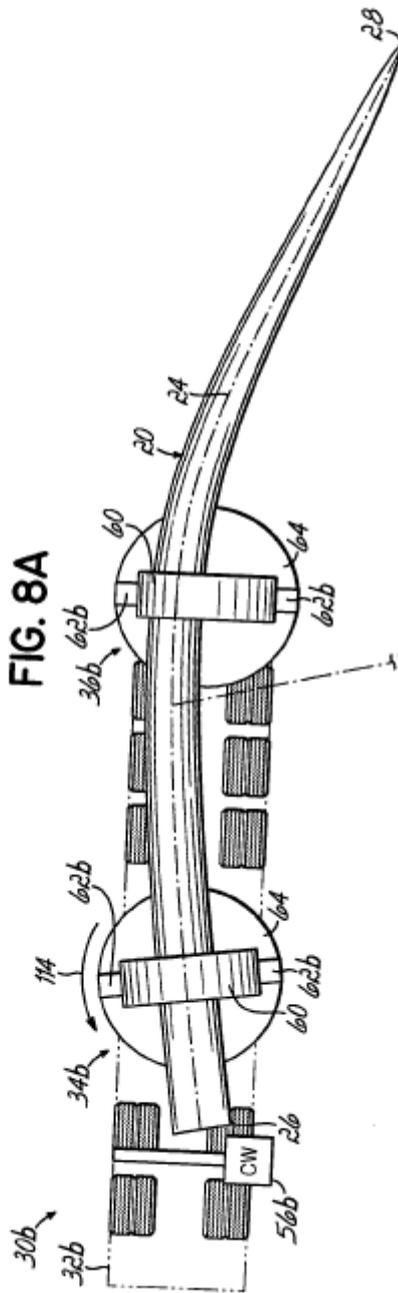


FIG. 8B

