

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 659 523**

51 Int. Cl.:

F03D 80/00 (2006.01)

B66C 23/20 (2006.01)

F03D 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.05.2012 PCT/EP2012/060023**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.12.2012 WO12163906**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.05.2012 E 12729384 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.11.2017 EP 2715115**

54 Título: **Método para erigir un aerogenerador**

30 Prioridad:
27.05.2011 DE 102011076648

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.03.2018

73 Titular/es:
**MAX BÖGL WIND AG (100.0%)
Max-Bögl-Straße 1
92369 Sengenthal, DE**

72 Inventor/es:
BÖGL, STEFAN

74 Agente/Representante:
SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 659 523 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 erigir un aerogenerador

- 5 La presente invención se refiere a un método para erigir un aerogenerador con un cimientó, con unidades funcionales, así como con una estructura de torre formada por al menos dos secciones. Al menos una primera sección de la estructura de torre se compone de elementos prefabricados, preferentemente de elementos prefabricados de hormigón anulares o en forma de segmentos anulares, y se produce sobre el cimientó. Sobre el extremo superior de la primera sección se dispone un elemento de soporte superior y los elementos prefabricados de la primera sección se unen unos con otros, con el elemento de soporte superior y con un elemento de soporte de base del cimientó.
- 10 Se conocen distintos métodos para construir y erigir aerogeneradores en el estado de la técnica. Generalmente, en los aerogeneradores que se componen de elementos prefabricados deben utilizarse varias grúas móviles pesadas. Existe siempre la dificultad de pasar las grúas pesadas a los lugares de instalación, frecuentemente apartados, de los aerogeneradores, ya que la infraestructura no suele estar lo suficientemente desarrollada en esas áreas. Existe además el problema de que las carreteras pueden resultar dañadas al ser transitadas con este tipo de grúas móviles
- 15 pesadas. Asimismo, las grúas móviles de este tipo son relativamente costosas, de manera que su utilización encarece considerablemente los costes de instalación de los aerogeneradores. Otro problema reside en el hecho de que los aerogeneradores erigidos en la actualidad alcanzan alturas del buje elevadas, de 100 m a 150 m o más, de modo que las grúas móviles corrientes presentan limitaciones en este aspecto.
- 20 DE 94 14 643 U1 describe igualmente como desventajosa la utilización de grúas móviles pesadas y propone por tanto un dispositivo de montaje para erigir un aerogenerador a partir de partes prefabricadas que se fije directamente en la estructura que debe ser erigida. El dispositivo de montaje es una grúa trepadora relativamente ligera que contiene un carro desplazable. Para fijar la grúa trepadora se encuentran elementos de fijación ya colocados previamente en las secciones individuales de la estructura. Debido a ello, la grúa trepadora puede desplazarse mediante su propio mecanismo de elevación a la altura del respectivo siguiente elemento ya montado y, a su vez,
- 25 fijarse en ese lugar. Debido a la carga unilateral y a la reducida capacidad de carga de la grúa, el dispositivo descrito solo puede utilizarse para torres de acero relativamente bajas.
- DE 10 2009 023 538 A1 describe igualmente el montaje de un aerogenerador mediante un dispositivo de elevación colocado en el aerogenerador. El dispositivo de elevación y la conexión con el aerogenerador no se describen en mayor detalle.
- 30 De modo similar, DE 102 12 305 A1 describe un dispositivo de montaje en forma de erector de mecanismo de avance que puede desplazarse de forma progresiva o fijarse en la torre. El dispositivo debe estar unido a varios elementos prefabricados de la torre para poder tensarlos unos con otros y garantizar así la estabilidad durante el montaje. A través de la disposición especial del erector de mecanismo de avance, la propia torre debe servir como lastre central. Para impedir una carga de flexión de la torre, se prevé un tensionamiento del cable de elevación. Sin embargo, en los aerogeneradores con alturas del buje elevadas este sistema también presenta limitaciones.
- 35 EP 1 474 579 A1 describe una torre híbrida con una primera sección de elementos de hormigón prefabricados que se tensan unos con otros y una segunda sección de un mástil de acero prefabricado. Con las torres híbridas de este tipo es posible alcanzar también alturas del buje elevadas. Sin embargo, las alturas del buje elevadas también conllevan elementos de hormigón y unidades funcionales correspondientemente grandes y pesados, de modo que, en el caso de las torres de este tipo, existen exigencias particulares al transportar los elementos prefabricados hacia el lugar de montaje, así como al erigir los aerogeneradores. Para construir una torre de este tipo, EP 1 474 579 B1 describe también una grúa trepadora que se soporta sobre la respectiva parte de la torre ya fabricada y se apoya en la misma. Dicha grúa debe trepar por sí misma a medida que aumenta la altura de la torre.
- 40 En cambio, DE 10 2008 055 607 A1 considera que no es técnicamente posible la utilización de grúas trepadoras de este tipo para el montaje de segmentos que pesan varias toneladas y que presentan una altura de varios metros. De manera correspondiente, dicho documento describe también el montaje de la torre mediante grúas móviles con una capacidad correspondiente. Junto con las desventajas descritas anteriormente, como las alturas de montaje limitadas y el costoso transporte hacia el lugar de montaje, al utilizar grúas móviles se presenta además el problema de que deben crearse superficies de apoyo lo suficientemente grandes y planas para la instalación de la grúa.
- 45

Según la solicitud NL 1008402 se prevé alcanzar un aerogenerador con la ayuda de una grúa de celosía que se coloque sobre el cimientto del aerogenerador. La grúa de celosía se diseña como una grúa trepadora y puede elevarse con otros elementos a medida que avanza la construcción del aerogenerador. La grúa también puede conectarse a la torre del aerogenerador. No obstante, no se indican detalles más específicos al respecto.

- 5 La tarea de la presente invención consiste en proponer un método para erigir un aerogenerador que sea adecuado también para aerogeneradores con alturas del buje elevadas y solo presente exigencias reducidas en cuanto a la necesidad de espacio. Debe proponerse además un aerogenerador correspondiente. Dicha tarea se alcanza con las características de las reivindicaciones independientes.

10 En un método para erigir un aerogenerador con un cimientto, con unidades funcionales y con una estructura de torre formada por al menos dos secciones, al menos una primera sección de la estructura de torre compuesta por elementos prefabricados de hormigón anulares o en forma de segmentos anulares se produce sobre el cimientto. Sobre el extremo superior de la primera sección se dispone un elemento de soporte superior y los elementos prefabricados de la primera sección se unen con el elemento de soporte superior, con un elemento de soporte de base del cimientto y unos con otros. Según la invención, después de unir la primera sección, una grúa giratoria de
15 torre se ancla horizontalmente en el elemento de soporte superior y, a continuación, una segunda sección de la estructura de torre se monta con la ayuda de la grúa giratoria de torre.

20 En un aerogenerador con unidades funcionales, con una estructura de torre de al menos dos secciones, así como con un cimientto, al menos una primera sección de la estructura de torre se compone de elementos prefabricados de hormigón anulares o en forma de segmentos anulares. Los elementos prefabricados de la primera sección se unen unos con otros entre un elemento de soporte superior dispuesto sobre el extremo superior de la primera sección y un elemento de soporte de base del cimientto pretensándose mediante elementos tensores. Además, los elementos prefabricados se unen con el elemento de soporte superior y con el elemento de soporte de base. Según la invención, el elemento de soporte superior presenta un dispositivo tensionador para el anclaje horizontal de una grúa giratoria de torre. El dispositivo tensionador también se puede configurar como dispositivo tensionador y dispositivo de apoyo.
25

El elemento de soporte superior, en particular, la pieza de transición, presenta una estructura de al menos dos cascos con un elemento de hormigón interno y una camisa de acero externa. Gracias a ello se facilita la unión a una sección inferior de hormigón y una sección superior de acero. Además, de manera conveniente, es posible fijar el dispositivo tensionador o partes del mismo en la camisa de acero, por ejemplo, mediante soldadura.

30 A través del anclaje horizontal de la grúa giratoria de torre en el elemento de soporte superior se pueden realizar de manera conveniente alturas del gancho muy elevadas con la demanda de espacio más reducida para la instalación de la grúa. A través de la utilización según la invención de grúas giratorias de torre, así como del anclaje en el elemento de soporte superior, los componentes prefabricados muy pesados a alturas del buje elevadas, así como las unidades funcionales del aerogenerador que pesan más de 50 toneladas se pueden elevar sin problemas y
35 montar a la altura de montaje. En la utilización de la grúa giratoria de torre se considera especialmente ventajoso que la misma, a través del tensionamiento, se pueda seguir operando de forma segura también a velocidades del viento más elevadas, de 15 m/s a 20 m/s. A través del anclaje de la grúa giratoria de torre en el elemento de soporte superior se logra que las fuerzas tensionadoras se puedan introducir de forma conveniente desde el anclaje de la grúa giratoria hasta la estructura de torre ya montada. La estabilidad de la parte ya erigida de la estructura de torre
40 no resulta perjudicada por la introducción de las fuerzas tensionadoras, ya que el anclaje de la grúa giratoria de torre no tiene lugar hasta que la primera sección, a través de la unión de sus elementos prefabricados, presenta una estabilidad aumentada también con respecto a las fuerzas horizontales. El elemento de soporte superior, en comparación con los elementos prefabricados de la primera sección, se realiza de forma reforzada y, por tanto, es particularmente adecuado para absorber las fuerzas que se producen a través del tensionamiento horizontal de la
45 grúa giratoria de torre.

50 En el caso de una estructura de torre con una primera sección formada por elementos prefabricados de hormigón anulares o en forma de segmentos anulares, la unión de los elementos prefabricados tiene lugar pretensando la primera sección mediante elementos tensores. La primera sección puede pretensarse solo de forma parcial y obtener su pretensado definitivo una vez completada otra sección o la totalidad de la estructura de torre. Las fuerzas de pretensión provenientes del pretensado de la torre de hormigón o de una primera sección de la torre de

hormigón, así como las fuerzas provenientes del tensionamiento de la grúa giratoria de torre, se introducen de modo conveniente en el elemento de soporte superior realizado de forma reforzada.

5 Se considera especialmente ventajoso que la grúa giratoria de torre se ancle en una pieza de transición para unir una primera sección de hormigón y una segunda sección de acero. Gracias a ello, de forma especialmente conveniente, es posible erigir una torre híbrida con la que se puedan alcanzar alturas del buje muy elevadas. En una realización preferente, la pieza de transición puede ser un elemento compuesto por un material de hormigón y un material de acero, de manera que el mismo sea muy adecuado tanto para introducir las fuerzas de pretensión de la sección de torre correspondiente como para introducir las fuerzas tensionadoras de la grúa giratoria de torre.

10 Sin embargo, en el caso de torres muy elevadas se considera igualmente ventajoso que el elemento de soporte superior sea una pieza tensionadora intermedia para unir una primera sección de hormigón y una segunda sección de hormigón. Esta pieza también se realiza de forma reforzada para absorber fuerzas tensionadoras provenientes del pretensado de la torre de hormigón y, por tanto, es muy adecuada para el tensionamiento de la grúa giratoria de torre. Se utiliza una pieza tensionadora intermedia de este tipo para, en el caso de una torre muy elevada y delgada, anclar ya al menos una parte de los elementos tensores y alcanzar así una rigidez elevada de la estructura de torre.

15 Para ello, la pieza tensionadora intermedia presenta ménsulas individuales, por ejemplo en su circunferencia interna, en las cuales se pueden fijar elementos tensores, mientras que otra parte de los elementos tensores se puede implementar entre las ménsulas, hasta la siguiente pieza tensionadora intermedia, o hasta el elemento de soporte superior.

20 Se considera ventajoso que el dispositivo tensionador, en particular, un cojinete de apoyo para alojar una barra tensionadora, se disponga al menos de forma parcialmente separable en el elemento de soporte superior, en particular, se atornille. De esta forma, el dispositivo tensionador se puede utilizar para montar otros aerogeneradores o a otra altura en el mismo aerogenerador. Además, de esta forma se pueden utilizar distintos dispositivos tensionadores dependiendo de la magnitud de las fuerzas que se producen y de las condiciones en el lugar de montaje.

25 Para fijar de forma separable el dispositivo tensionador se considera ventajoso que se dispongan en el elemento de soporte superior medios de fijación, en particular, tuercas, moldeadas especialmente de forma fija en el elemento de soporte superior. A través de los medios de fijación puede lograrse al mismo tiempo una buena introducción de las fuerzas tensionadoras hacia el elemento de soporte superior.

30 Según una forma de realización ventajosa se sueldan tacos en la circunferencia externa del elemento de soporte superior, entre los cuales se dispone o se puede disponer el dispositivo tensionador de forma positiva en la dirección circunferencial, y los cuales sirven para el apoyo de la fuerza transversal del dispositivo tensionador, por ejemplo, de un cojinete de apoyo. Sin embargo, para el apoyo de la fuerza transversal se puede configurar igualmente una escotadura en la circunferencia externa del elemento de soporte superior, en particular, en la camisa de acero, en la que se disponga o se pueda disponer el dispositivo tensionador de forma positiva en la dirección circunferencial.

35 Según una realización especialmente ventajosa de la invención, la grúa giratoria de torre o la pieza de torre inferior de la grúa giratoria de torre se ancla directamente en el cimientado del aerogenerador con pernos de anclaje. En este caso, no son necesarios contrapesos costosos que exijan una gran demanda de espacio y que deben ser llevados al lugar de montaje, lo cual se considera una gran ventaja particularmente en terrenos apartados e irregulares. Gracias a ello se reduce aún más la demanda de espacio para la grúa giratoria de torre. No obstante, también es posible

40 anclar la grúa giratoria de torre en un cimientado o una parte separada de un cimientado.

Se considera ventajoso, además, que el cimientado se configure de forma escalonada con una base y una superficie de alojamiento superior para la estructura de torre, y que una parte de los pernos de anclaje del cimientado se disponga en la superficie de alojamiento superior del cimientado y otra parte de los pernos de anclaje del cimientado se disponga en la base del cimientado. En este caso, la pieza de torre inferior de la grúa giratoria de torre se configura igualmente de forma escalonada y se adapta así a las dimensiones del cimientado. A través de esta realización es posible montar la grúa giratoria de torre muy cerca de la estructura de torre que debe ser erigida, de modo que solo se requiere un alcance reducido de la grúa giratoria de torre y también se pueden elevar y montar de forma segura piezas muy pesadas con la grúa giratoria de torre.

45

5 En una realización ventajosa de la invención se disponen en el cimientto pernos de anclaje de cimientto para fijar la grúa giratoria de torre. Si el cimientto del aerogenerador se fabrica en hormigón *in situ*, los pernos de anclaje de cimientto del aerogenerador se pueden incrustar directamente en el vertido, en donde la pieza de torre inferior se puede alinear ya ventajosamente de forma precisa. Sin embargo, en principio es posible producir el cimientto, total o parcialmente, igualmente a partir de elementos prefabricados. En ese caso, los pernos de anclaje de cimientto se deben incrustar en el vertido con una gran precisión.

10 Se considera ventajoso, además, que la estructura de torre, como torre híbrida, se fabrique con al menos una sección de elementos prefabricados de hormigón y al menos una sección de acero. La segunda sección de la estructura de torres se fabrica *in situ* sobre la primera sección de elementos prefabricados de hormigón, a partir de uno o de varios segmentos de acero anulares prefabricados, mediante la grúa giratoria de torre.

15 Según un desarrollo ventajoso de la invención, después de erigir y pretensar la primera sección se monta una segunda sección de la estructura de torre mediante la grúa giratoria de torre a partir de elementos prefabricados, preferiblemente, a partir de elementos prefabricados de hormigón anulares o en forma de segmentos anulares. A continuación, se dispone otro elemento de soporte superior sobre el extremo superior de la segunda sección y los elementos prefabricados de la segunda sección se unen unos con otros de forma análoga a la primera sección, preferiblemente, se tensan mediante elementos tensores. En este caso, los elementos sensores para tensar la segunda sección se pueden situar entre el segundo elemento de soporte superior y el primer elemento de soporte superior, o también pueden situarse entre el segundo elemento de soporte superior y el elemento de soporte de base, y, de esta forma, aplicar otro pretensado en la totalidad de la torre erigida hasta el momento. Para montar otra sección se ancla después horizontalmente la grúa giratoria de torre en el segundo elemento de soporte superior y otra sección de la estructura de torre se monta mediante la grúa giratoria de torre. En función de la altura de la estructura de torre que debe ser erigida se puede separar el primer elemento tensionador o bien se efectúa un tensionamiento doble de la grúa giratoria de torre en la estructura de torre. La otra sección, en el caso de una torre híbrida, puede ser una sección formada por segmentos de acero, de manera que el otro elemento de soporte superior forme el elemento de soporte superior que termina la torre de hormigón. No obstante, en función de la altura de la estructura de torre, la otra sección puede ser también una sección formada por elementos prefabricados de hormigón.

20 Después del montaje de la estructura de torre, los grupos funcionales del aerogenerador se montan igualmente mediante la grúa giratoria de torre. A través del tensionamiento de la grúa giratoria de torre en la torre del aerogenerador y de la disposición próxima a la torre que debe ser erigida es posible montar también las partes pesadas del aerogenerador, como la góndola o las palas del rotor, mediante la grúa giratoria de torre, también en el caso de alturas del buje elevadas. Preferentemente, el movimiento de giro de la góndola se bloquea después de su montaje, de modo que no deban temerse colisiones con la grúa giratoria de torre.

25 Preferentemente, las palas del rotor del aerogenerador se montan individualmente mediante la grúa giratoria de torre, en donde el buje se gira respectivamente mediante el mecanismo de transmisión del aerogenerador hacia una posición de montaje en la cual las palas del rotor se montan unas tras otras. Preferentemente, el eje se sigue girando, cada vez 120°, en la misma dirección.

30 Para el descenso de la grúa giratoria de torre se considera ventajoso que la grúa giratoria de torre y una estrella del rotor se giren respectivamente hacia una posición de descenso en la cual un brazo opuesto de la grúa giratoria de torre sobresalga hacia el plano de rotación de la estrella del rotor entre dos palas del rotor, y una pieza de torre de la grúa giratoria de torre descienda en esta posición de descenso. A continuación, la grúa giratoria de torre se gira hacia una posición de giro en la cual el brazo opuesto se encuentra por fuera del plano de rotación de la estrella del rotor, de modo que la estrella del rotor se puede girar hacia la siguiente posición de descenso. También preferiblemente, el buje se sigue girando respectivamente en la misma dirección.

35 Según una forma de realización ventajosa de la invención, después del montaje de una sección superior de la estructura de torre de acero o de segmentos de acero, la grúa giratoria de torre se puede conectar a la sección superior mediante otro dispositivo tensionador y/o un elemento de amortiguación. Debido a ello, también en el caso de alturas muy elevadas de la estructura de torre, el montaje de las unidades funcionales del aerogenerador puede tener lugar de forma segura. Si la grúa giratoria de torre se une con la sección de acero superior a través de un elemento de amortiguación se pueden evitar o, al menos, reducir en gran medida las vibraciones de la estructura de torre que se producen debido a la introducción de las fuerzas de tensionamiento.

Se considera ventajoso, además, que la estructura de torre se constituya a partir de elementos prefabricados de hormigón parabólicos, cónicos y cilíndricos, en donde la primera sección esté formada por elementos prefabricados de hormigón parabólicos en un área de base, por elementos prefabricados de hormigón cónicos en un área central y por elementos prefabricados de hormigón cilíndricos en un área superior. Si la estructura de torre presenta una segunda sección, se dispone sobre la primera sección una pieza tensionadora intermedia y la segunda sección está formada a su vez por elementos prefabricados de hormigón cónicos para reducir el diámetro y por elementos prefabricados de hormigón cilíndricos, dado el caso, para alcanzar alturas más elevadas, en donde sobre la segunda sección se dispone entonces la pieza de transición. Preferentemente, la segunda sección se constituye de elementos prefabricados de hormigón cilíndricos en un área de base y de elementos prefabricados de hormigón cónicos en un área superior, lo cual contribuye además a una frecuencia propia elevada de la estructura de torre. La estructuración modular de la estructura de torre a partir de elementos prefabricados de hormigón de distintas formas posibilita de manera ventajosa erigir torres de distinta altura a partir de módulos iguales y asegurar al mismo tiempo las respectivas exigencias de frecuencia propia a través de una disposición distinta de los elementos prefabricados de hormigón cónicos y cilíndricos.

Asimismo, se considera ventajoso que, después de completar el cimientado en el lugar de montaje, la grúa giratoria de torre se monte sobre el perno de anclaje de cimientado y la primera sección de la estructura de torre ya se monte al menos parcialmente mediante la grúa giratoria de torre. En función del tamaño y del peso de los elementos prefabricados de hormigón inferiores es posible de este modo evitar por completo o, al menos, minimizar la utilización de grúas móviles o grúas sobre orugas.

En un método para erigir un aerogenerador se considera especialmente ventajoso que la grúa giratoria de torre se monte primero con una primera altura del gancho sobre el perno de anclaje de cimientado, que después se produzca y se pretense la primera sección de la estructura de torre, al menos de forma parcial mediante la grúa giratoria de torre, y que a continuación se eleve la grúa giratoria de torre a una segunda altura del gancho y se ancle en el elemento de soporte superior. Debido a ello se puede utilizar la grúa giratoria de torre durante todo el montaje del aerogenerador en el caso de la demanda de espacio más reducida sin poner en riesgo la estabilidad de la torre. De esta forma, se pueden alcanzar sin problemas alturas del buje de 150 m.

Se considera especialmente ventajoso, además, que los elementos prefabricados y/o los segmentos de acero anulares y/o las unidades funcionales del aerogenerador se transporten mediante camiones hacia el área de alcance de la grúa giratoria de torre y que recojan directamente mediante la grúa giratoria de torre. Debido a ello, no son necesarios otros mecanismos de elevación o grúas móviles costosas para descargar los camiones, o lo que es lo mismo, se puede minimizar la utilización de grúas adicionales.

Se describen otras ventajas de la invención mediante las siguientes figuras. En estas muestran:

- las Figuras 1 a 4 el método según la invención para erigir un aerogenerador en el transcurso de los distintos pasos del método, en representaciones esquemáticas en sección,
- la Figura 5 un cimientado de un aerogenerador con pernos de anclaje dispuestos dentro,
- las Figuras 6 y 7 una representación esquemática de una pieza tensionadora intermedia en una vista en planta,
- la Figura 8 una vista en planta esquemática de una pieza de transición con dispositivos tensionadores dispuestos en la misma,
- la Figura 9 una realización alternativa de la disposición de dispositivos tensionadores,
- la Figura 10 el método según la invención para erigir un aerogenerador con doble anclaje de la grúa giratoria de torre,
- las Figuras 11 a 13 el descenso de la grúa giratoria de torre después de realizado el montaje del aerogenerador y
- la Figura 14 otra realización de una pieza tensionadora intermedia.

Tal como se representa en la Figura 1, para erigir un aerogenerador 1 se produce primero un cimientó 2, preferentemente, en hormigón *in situ*. En este caso, el cimientó 2 se realiza como un cimientó anular circular, en donde se incrustan directamente de forma conjunta en el cimientó durante el vertido pernos de anclaje de cimientó 3 para el anclaje posterior de una grúa giratoria de torre 4. La grúa giratoria de torre 4, con su pieza de torre inferior 5, se une de forma fija con los pernos de anclaje de cimientó 3. A través de la producción del cimientó 2 en hormigón *in situ* se pueden alinear de forma exactamente vertical los pernos de anclaje de cimientó 3 con la pieza de torre 4 de manera conveniente. Gracias a ello, la instalación posterior de la grúa giratoria de torre es posible sin dificultades y de forma segura. A través de la integración directa de los pernos de anclaje de cimientó 3 en el cimientó 2 del aerogenerador no resultan costes adicionales para la cimentación y el contrapeso de la grúa giratoria de torre 4, de modo que la utilización de la grúa giratoria de torre también puede tener lugar de forma relativamente económica.

En la Figura 5 se muestra una realización ventajosa de un cimientó 2, así como una disposición de la pieza de torre inferior 5 de una grúa giratoria de torre 4. El cimientó 2 se realiza de forma conocida como cimientó anular circular de manera escalonada y presenta una base 14 que se encuentra esencialmente por debajo del nivel del entorno, así como una superficie de alojamiento superior 15 sobre la cual se erige la estructura de torre 6. Una primera parte de los pernos de anclaje de cimientó 3 se incrusta directamente en la superficie de alojamiento superior 15 durante el vertido, mientras que la otra parte de los pernos de anclaje de cimientó 3 se incrusta directamente en la base 14 durante el vertido. Para proporcionar una superficie de apoyo vertical para la grúa giratoria de torre 4, tal como se muestra en este caso, se puede moldear un basamento 16 en la base 14. La pieza de torre inferior 5 de la grúa giratoria de torre 4 se configura igualmente de forma escalonada en correspondencia con el diseño escalonado del cimientó 2 y se fija en los pernos de anclaje de cimientó 3, incrustados en el vertido, mediante bridas inferiores 17 correspondientes. A través de esta configuración escalonada de la pieza de torre inferior 5 y de que se prevén pernos de anclaje de cimientó 3 directamente en la superficie de apoyo superior 15 es posible instalar una grúa giratoria de torre 4 muy cerca de la estructura de torre 6 que debe ser erigida. De este modo, también se pueden elevar cargas muy pesadas de forma segura a una altura elevada, ya que la grúa giratoria de torre 4 solo debe ser operada con un alcance reducido.

Después de terminar el cimientó 2 se estructura una primera sección 6' formada por elementos prefabricados de hormigón 7 que, en este caso, también tienen forma de anillo circular. En el caso de las alturas del buje de 100 a 150 m que se realizan en la actualidad, los anillos de hormigón inferiores o los elementos prefabricados de hormigón 7 del aerogenerador alcanzan, por ejemplo, un diámetro de 12 m y pesos de hasta 100 toneladas. Dependiendo del tamaño y del peso de los anillos de hormigón inferiores o elementos prefabricados de hormigón 7 anulares se considera por tanto ventajoso que los mismos se compongan de dos o varios elementos prefabricados de hormigón 7 en forma de segmentos anulares para posibilitar una fabricación en la planta de piezas prefabricadas, así como un transporte por carretera. Debido al tamaño y al peso de los elementos prefabricados de hormigón 7 inferiores, dependiendo de la potencia de carga de la grúa giratoria de torre utilizada puede ser necesaria por tanto una grúa móvil o sobre orugas adicional mediante la cual los elementos prefabricados de hormigón 7 inferiores son se descarguen y se coloquen sobre el cimientó 2. Si los anillos de hormigón inferiores se componen de varios elementos prefabricados de hormigón 7 en forma de segmentos anulares, el montaje de los anillos de hormigón inferiores pesados, puede tener lugar igualmente mediante una grúa móvil o sobre orugas adicional.

Después de que los anillos inferiores de la primera sección 6' se monten sobre el cimientó 2, la grúa giratoria de torre 4 se monta finalmente sobre los pernos de anclaje de cimientó 3. Para ello, la grúa giratoria de torre 4 se constituye primero en voladizo con una primera altura del gancho H1. La primera sección se completa con esta colocación de la grúa giratoria de torre 4, superponiendo los otros anillos de hormigón o elementos prefabricados de hormigón 7 anulares mediante la grúa giratoria de torre 4. Evidentemente, dependiendo de las condiciones de espacio en el lugar de montaje y de la utilización de grúas adicionales, la grúa giratoria de torre 4 también se puede montar ya en los pernos de anclaje de cimientó 3 inmediatamente después de completar el cimientó 2. En el caso de torres poco elevadas y de segmentos anulares menos pesados también es posible erigir ya por completo la primera sección 6' de la torre 6 del aerogenerador 1 solo con la ayuda de la grúa giratoria de torre 4. En ese caso, los elementos prefabricados de hormigón 7 se pueden transportar directamente hacia el área de alcance de la grúa giratoria de torre 4 y recibir directamente por la grúa giratoria de torre 4.

Por último, mediante la grúa giratoria de torre 4 se coloca un elemento de soporte superior 8 sobre la primera sección 6' de la torre 6 de anillos de elementos prefabricados de hormigón 7. En este caso, el elemento de soporte superior 8 es una pieza de transición que es un elemento compuesto por un material de hormigón y un material de acero. Mediante esta pieza de transición, al edificar una torre híbrida, es posible unir la primera sección 6' de

5 elementos prefabricados de hormigón 7 con una segunda sección 6" de acero. Al mismo tiempo, la pieza de transición puede servir como elemento de soporte superior 8 para aplicar una pretensión sobre la primera sección 6' de elementos prefabricados de hormigón 7. Por tanto, la pieza de transición o el elemento de soporte superior 8 se realizan de forma reforzada para absorber las fuerzas de tensión. Después de la colocación de la pieza de transición se puede pretensar finalmente la primera sección 6' mediante uno o varios elementos tensores (no representados aquí), entre un elemento de soporte de base del cimientó 2 y el elemento de soporte superior 8. El elemento de soporte de base se puede realizar en este caso también como cubierta de la parte baja del cimientó. Se considera especialmente ventajoso que los elementos tensores se extiendan por fuera de la pared de la torre 6 en el interior de la torre 6, ya que así puede accederse a los mismos en cualquier momento para un tensado posterior.

10 Tal como puede observarse en la Figura 2, después de finalizada la primera sección 6' de la torre 6, la grúa giratoria de torre 4 asciende a su altura del gancho H2 definitiva, la cual supera la altura del gancho máxima en voladizo, mediante la colocación de otras piezas de torre 5. Para garantizar en mayor medida la estabilidad de la grúa 4, la grúa giratoria de torre 4 se ancla en la torre 6 del aerogenerador 1 mediante un dispositivo tensionador 9. Para ello, el dispositivo tensionador 9 se fija de forma separable e intercambiable en la pieza de transición o el elemento de
15 soporte superior 8, de modo que el mismo también se puede separar y emplear en otro punto de la torre 6, así como utilizar para edificar otros generadores. Como dispositivos tensionadores 9 pueden emplearse, por ejemplo, medios tensores flexibles como cables o también elementos tensionadores rígidos, como husillos, los cuales conforman también un dispositivo de apoyo.

20 La grúa 4 puede ascender primero a su altura del gancho H2 definitiva y solo después anclarse en la pieza de transición 8a o el elemento de soporte superior 8, o bien la grúa 4 puede anclarse primero en la pieza de transición 8a y ascender solo de forma gradual, colocando respectivamente otros elementos prefabricados de hormigón 7 sobre la estructura de torre 6, hasta que la misma alcance su altura del gancho H2 definitiva. Para garantizar la seguridad del montaje de la grúa giratoria de torre 4, la altura del gancho H2 se mantiene lo más reducida posible y se sitúa solo un poco más elevada que la altura de la góndola 13.

25 La Figura 8 muestra un elemento de soporte superior 8 como pieza de transición 8a que, en este caso, es de hormigón para unir una primera sección 6' y de acero para unir una segunda sección 6". La pieza de transición 8a presenta una estructura de al menos dos cascos, con un elemento de hormigón interno 18 y una camisa de acero externa 19. En la superficie superior de la pieza de transición 8a (no mostrada), la camisa de acero externa 19 se convierte en una brida anular que cubre el elemento de hormigón 18 y en la cual pueden fijarse tanto elementos
30 tensores 28 (véase Figura 7) como segmentos de acero 10. No obstante, el elemento de soporte superior 8 puede ser también una pieza tensionadora intermedia 8b y puede presentar una camisa de acero 19, aunque no de forma necesaria.

35 En este caso, el dispositivo tensionador 9 contiene dos cojinetes de apoyo 20 dispuestos a lo largo de la circunferencia de la pieza de transición 8a, en los cuales se puede fijar barra tensionadora (no representada), respectivamente. Los cojinetes de apoyo 20 se atornillan en la pieza de transición 8a mediante sus superficies de brida. Para ello, en el elemento de hormigón 18 de la pieza de transición 8a se incrustan tuercas 21 en el vertido, de modo que los cojinetes de apoyo 20 se pueden fijar de forma separable en la pieza de transición 8a mediante tornillos. Las tuercas 21 se configuran, por ejemplo, como barras de manguito y proporcionan al mismo tiempo una buena introducción de fuerzas de las fuerzas de tensionamiento hacia el elemento de hormigón 18. Para absorber
40 fuerzas de empuje se sueldan dos tacos 22 por dispositivo tensionador 9 o por cojinete de apoyo 20 en la circunferencia externa del elemento de soporte superior 8, entre los cuales se sujeta el dispositivo tensionador 9 de forma positiva en dirección circunferencial.

45 Sin embargo, el apoyo para la fuerza transversal de los cojinetes de apoyo 20 puede tener lugar también de otro modo. Por ejemplo, tal como se muestra en la Figura 9, en la camisa de acero 19 del elemento de soporte superior 8 se puede prever una escotadura 23 en la que se pueda introducir directamente el dispositivo tensionador 9, en este caso, el cojinete de apoyo 20. El apoyo para la fuerza transversal se logra en la camisa de acero 19 a través de las superficies laterales 24 de la escotadura 23. Para establecer una unión positiva o para asegurar la transmisión de fuerza en la dirección circunferencial, al igual que en la realización de la Figura 8 pueden proporcionarse además, dado el caso, piezas espaciadoras (no representadas) entre el cojinete de apoyo 20 y los tacos de empuje 22 o las
50 superficies laterales 24.

A continuación, se constituye una segunda sección 6" de la torre 6 mediante la grúa giratoria de torre 4, la cual se compone en este caso de tres segmentos de acero 10. Del mismo modo, la segunda sección 6" puede estar compuesta también solamente por un único poste de acero o por menos de tres segmentos de acero, en donde dicho poste se coloca sobre la pieza de transición o el elemento de soporte superior 8. Los segmentos de acero 10 pueden aproximarse igualmente al área de alcance de la grúa giratoria de torre 5 y descargarse y ser recibidos directamente por la grúa giratoria de torre 4. Dependiendo del tamaño y de la longitud de los segmentos de acero 10 utilizados, para enderezar los segmentos de acero 10 que, normalmente, se transportan en posición horizontal, puede ser necesaria también la ayuda de una grúa móvil. Sin embargo, esta puede ser relativamente pequeña, ya que solo se necesita para enderezar los segmentos de acero 10 y requiere por tanto una potencia de carga más reducida. Después de fijar los segmentos de acero 10 y de completar la segunda sección 6" se pueden montar con la grúa giratoria de torre 4 todos los módulos funcionales 11, 12, 13 del aerogenerador 1, como el buje 11, las palas del rotor 12 y la estrella del rotor, la góndola 13, así como el grupo propulsor (no representado).

El montaje de los módulos funcionales 11, 12, 13 se muestra en la Figura 3. En ese caso, la góndola, el grupo propulsor, así como las palas del rotor, se transportan separados unos de otros al lugar de montaje, igualmente de forma preferente hasta el área de alcance de la grúa giratoria de torre 4, se elevan a la altura del buje a través de la grúa giratoria de torre 4 y se montan a la altura del buje. Después del montaje de la góndola 13 y del grupo propulsor, el buje 11 se eleva y se monta a través de la grúa giratoria de torre 4. El movimiento de giro de la góndola 13 se bloquea después del montaje de la góndola 13, puesto que, en el caso de una góndola 13 que pueda desplazarse libremente, podrían producirse colisiones con la grúa giratoria de torre 4 a través del montaje de la grúa giratoria de torre 4 directamente junto a la torre 6. El brazo principal 29 y el brazo opuesto 30 de la grúa giratoria de torre 4 se encuentran por encima de la góndola 13, de modo que la grúa giratoria de torre 4 puede rotar libremente para el montaje de otras unidades funcionales 12.

A continuación, las palas del rotor 12 del aerogenerador 1 se pueden montar unas tras otras como se representa en la Figura 4. Para ello, el rotor del aerogenerador 1 se gira hacia una posición de montaje conveniente para la grúa giratoria de torre 4 para montar las palas del rotor 12 y las palas del rotor 12 se montan de forma individual. En este caso se muestra el montaje de la tercera pala del rotor 12c, la cual se encuentra en la posición de montaje M indicada con una línea de puntos y trazos. El montaje de las palas del rotor 12a, b, c mediante la grúa giratoria de torre 4 tiene lugar de modo que se gira primero el buje 11 mediante el mecanismo de transmisión del aerogenerador 1 hacia una posición de giro en la cual el alojamiento del buje 11 para la primera pala del rotor 12a se encuentra en la posición de montaje M. La primera pala del rotor 12^a se recibe mediante un dispositivo a través de la grúa giratoria de torre ya en su posición de montaje esencialmente horizontal, se eleva y se monta en el alojamiento del buje 11. A continuación, el buje 11 se gira 120° más mediante el mecanismo de transmisión del aerogenerador, tal como se indica en este caso a través de la flecha, hasta que el segundo alojamiento del buje 11 para la pala del rotor 12b se encuentra en la posición de montaje M. A continuación, se eleva y se monta la segunda pala del rotor 12b. Tal como puede observarse en la Figura 4, al girar más el buje 11 con las palas del rotor 12a, 12b ya montadas, existe el peligro de que el brazo opuesto 30 de la grúa giratoria de torre 4 colisione con las palas del rotor 12a, 12b al rotar.

Por ello, para posibilitar una rotación de la grúa giratoria de torre, dado el caso, el buje 11 con las palas del rotor 12a, 12b se puede girar primero solo un trozo y no en la totalidad de los 120° en la dirección de la flecha. No obstante, si las palas del rotor 12 se proporcionan en su posición de instalación posterior sobre la superficie de premontaje, ya no se requiere un giro completo de la grúa giratoria de torre 4. Después de que la tercera pala del rotor 12c se eleve a la altura de la posición de montaje M, la grúa giratoria de torre 4 se gira finalmente fuera del plano de rotación de las palas del rotor 12a, 12b; de manera que las mismas se pueden girar más hasta 120° en el último tramo y, finalmente, el tercer alojamiento del buje 11 para la pala del rotor 12c se encuentra en la posición de montaje M. En esa posición, la cual se representa en la Figura 4, se monta finalmente la pala del rotor 12c.

Después del montaje de las palas del rotor 12 o de la terminación del aerogenerador 1, la grúa giratoria de torre 4 se vuelve a descender, en donde la estrella del rotor se tiene que girar igualmente de forma selectiva para no impedir el movimiento descendente del brazo. El descenso de la grúa giratoria de torre 4 se muestra esquemáticamente en las Figuras 11 a 13. La Figura 11 muestra el aerogenerador 1 ya erigido en una vista en planta esquemática, así como en una vista anterior esquemática, después de montar la última pala del rotor 12c. Junto con el aerogenerador 1 se representa esquemáticamente la grúa giratoria de torre 4 con el brazo principal 29 y el brazo opuesto 30. Tal como puede observarse en la Figura 11, al descender la grúa giratoria de torre 4, debido a la distancia reducida de la grúa giratoria de torre 4 con respecto a la estructura de torre, existe siempre el peligro de que el brazo principal 29 o el brazo opuesto 30 colisionen con la góndola 13 o con las palas del rotor 12.

Por tanto, para que descienda la grúa giratoria de torre 4, la grúa giratoria de torre, dado el caso, mediante la rotación de la estrella del rotor 4, se gira primero hacia una posición de descenso en la cual su brazo opuesto 30 sobresale en el plano de rotación de la estrella del rotor y su brazo principal 29 se extiende esencialmente en la dirección de la góndola 13. Esta primera posición de descenso se representa en la Figura 12. Al mismo tiempo, la
 5 estrella del rotor, mediante el mecanismo de transmisión del aerogenerador 1, se gira igualmente hacia una posición de descenso en la cual el brazo opuesto 30 sobresale respectivamente en el plano de rotación de la estrella del rotor entre dos palas del rotor 12 y en la cual existe espacio suficiente para el movimiento de descenso de la grúa giratoria de torre 4 entre las dos palas del rotor 12. En esta posición de descenso desciende una pieza de torre 5 de la grúa giratoria de torre 4, en donde el descenso sin obstáculos de la grúa giratoria de torre 4 se posibilita a través de la
 10 posición de las palas del rotor 12. De este modo, el descenso de las piezas de torre 5 tiene lugar sobre el lado del aerogenerador 1 apartado de las palas del rotor 12.

A continuación, la estrella del rotor con las palas del rotor 12 se gira más hacia la siguiente posición de descenso mediante el mecanismo de transmisión (véase Figura 13), en la cual el brazo opuesto 30 sobresale nuevamente en el plano de rotación de la estrella del rotor entre dos palas del rotor 12 con una distancia vertical suficiente. La
 15 siguiente pieza de torre 5 desciende ahora en esta siguiente posición de descenso. Si la grúa giratoria de torre debe rotar para que desciendan las piezas de torre 5, el brazo principal 29 puede rotar primero aún por encima de la góndola 13 más allá de la góndola 13. La góndola 13 bloquea en su movimiento de rotación también durante el descenso para evitar colisiones con la grúa giratoria de torre 4. Durante el descenso, la estrella del rotor se gira siempre de manera que el brazo opuesto 30 y la estrella del rotor se encajan uno en otro, respectivamente a modo
 20 de una rueda dentada, de manera que el brazo opuesto 30 posee espacio suficiente entre las palas del rotor 12 para el respectivo siguiente movimiento descendente. Tan pronto como el brazo principal 29 se encuentra por debajo de la góndola 13, el proceso de descenso puede tener lugar sin más giro de la estrella del rotor, en donde la grúa giratoria de torre 4 puede rotar también nuevamente con amplia libertad.

No obstante, en lugar de la estructura mostrada en las Figuras 1 a 4, la estructura de torres 6 puede presentar también dos secciones inferiores 6', 6'' formadas por componentes prefabricados de hormigón 7, las cuales están provistas respectivamente de un elemento de soporte superior 8 y sobre las cuales se aplica respectivamente una pretensión. Una ejecución de una estructura de torre 6 de este tipo se muestra en la Figura 10. En ese caso, tal como se describe con respecto a la Figura 1, se construye primero la sección 6' de la estructura de torre 6 a partir de componentes prefabricados de hormigón 7. Una vez completada la primera sección 6', se coloca un elemento de
 25 soporte superior 8, que en este caso es una pieza tensionadora intermedia 8b, sobre la primera sección 6' y se pretensa la primera sección 6' mediante menos elementos tensores 28 (véase Figura 7), por ejemplo, mediante cuatro a ocho elementos tensores 28, entre el cimientado 2 y la pieza tensionadora intermedia 8b. La pieza tensionadora intermedia 8b también se realiza de forma reforzada y, por lo tanto, es adecuada para absorber las fuerzas de tensión provenientes del tensionamiento de la grúa giratoria de torre 4. De forma análoga con respecto a
 30 la estructura de torre de la Figura 2, después de completar la primera sección 6', la grúa giratoria de torre 4 se eleva para aumentar la altura del gancho. La grúa giratoria de torre 4 se ancla en la pieza tensionadora intermedia 8b con una barra tensionadora mediante un dispositivo tensionador 9.

Para ello, la pieza tensionadora intermedia 8b, al igual que la pieza de transición 8a, puede presentar una camisa de acero 19, o bien se puede prever directamente en la circunferencia externa de una pieza tensionadora intermedia 8b
 40 de hormigón una escotadura en la cual, de modo similar a lo descrito sobre la Figura 9, se puede apoyar un dispositivo tensionador 9 o un cojinete de apoyo 20. La fijación en la pieza tensionadora intermedia 8b, así como la introducción de fuerzas en la pieza tensionadora intermedia 8b, al igual que en el caso descrito para las Figuras 8 y 9, puede tener lugar mediante barras de manguito incrustadas en el vertido. Después de completar la primera sección 6', así como después de la aplicación de la pretensión se erige sobre la pieza tensionadora intermedia 8b
 45 una segunda sección 6'', igualmente a partir de componentes prefabricados de hormigón 7, mediante la grúa giratoria de torre 4. Por último, sobre esta segunda sección 6'' se apoya igualmente un elemento de soporte superior 8, el cual es igualmente en este caso una pieza tensionadora intermedia 8b. Para continuar con la estructuración del aerogenerador 1, la grúa giratoria de torre 4 se ancla en la segunda pieza tensionadora intermedia 8b para montar finalmente la última sección 6'''. En este caso, la última sección 6''' se compone igualmente de elementos prefabricados de hormigón 7. Sin embargo, en lugar de la segunda pieza tensionadora intermedia 8b, se puede montar igualmente una pieza de transición 8a sobre la segunda sección 6'' y, de forma análoga con respecto a la
 50 estructura de torre 6 de la Figura 2, se puede montar una tercera sección 6''' formada por segmentos de acero 10 sobre la pieza de transición 8a. Además, la grúa giratoria de torre 4 tampoco se debe anclar necesariamente en la

pieza tensionadora intermedia 8b. También es posible colocar el dispositivo tensionador 9 desplazado en altura con respecto a la pieza tensionadora intermedia 8b en otro elemento prefabricado de hormigón 7.

5 En la realización de la Figura 10, la grúa giratoria de torre 4 se encuentra doblemente anclada en la estructura de torre 6 del aerogenerador 1, de modo que pueden alcanzarse alturas de montaje muy elevadas. Sin embargo, también es posible separar el dispositivo tensionador 9 en la primera pieza tensionadora intermedia 8b y anclar la torre solo en la segunda pieza tensionadora intermedia 8b o en la pieza de transición 8a para erigir otra sección o la última sección 6''' de la estructura de torre 6.

10 Tal como puede observarse además en la Figura 10, la estructura de torre 6 del aerogenerador 1 se constituye a partir de elementos prefabricados de hormigón 7 con formas distintas. De este modo, la primera sección 6' de la estructura de torre 6 se monta en un área inferior formada por elementos prefabricados de hormigón parabólicos 7a que garantizan un diámetro de base relativamente grande y, de esta forma, una elevada rigidez de la estructura de torre. Para reducir el diámetro se disponen en el área central, sobre los elementos prefabricados de hormigón parabólicos 7a, elementos prefabricados de hormigón cónicos 7b sobre los cuales se disponen elementos prefabricados de hormigón cilíndricos 7c en un área superior. Sobre la primera sección 6' se dispone finalmente la pieza tensionadora intermedia 8b mediante la cual se tensa la primera sección 6'. En este caso, la segunda sección 6'' se constituye a partir de elementos prefabricados de hormigón cilíndricos 7c en su área inferior y a partir de elementos prefabricados de hormigón cónicos 7b en su área superior. A través de los elementos prefabricados de hormigón cónicos 7b puede alcanzarse otra reducción ventajosa del diámetro de la estructura de torre 6 que posibilite una disposición de la estrella del rotor cerca del eje de la torre.

20 Las Figuras 6 y 7 muestran dos realizaciones distintas de piezas tensionadoras intermedias 8b. Según la realización mostrada en la Figura 6, la pieza tensionadora intermedia 8b presenta en su circunferencia interna un saliente 25 a modo de una ménsula en el que se configura una pluralidad de orificios pasantes 26. A través de los orificios pasantes 26 se pueden conducir respectivamente los elementos tensores (no representado), en donde una parte de los elementos tensores se puede fijar mediante placas de anclaje 31 correspondientes (véase Figura 14) en el saliente 25, mientras que otra parte de los elementos tensores 28 se conduce a través de los orificios pasantes 26 hasta la siguiente pieza tensionadora intermedia 8b, así como hasta el elemento de soporte superior 8.

30 Según la Figura 7 solo se moldean ménsulas 27 individuales en la circunferencia interna de la pieza tensionadora intermedia 8b, en las cuales, tal como se ha descrito anteriormente, puede fijarse una parte de los elementos tensores 28. Por su parte, el resto de los elementos tensores 28 se extiende entre las ménsulas 27, directamente desde el cimientado 2 hasta la siguiente pieza tensionadora intermedia 8b, la pieza de transición 8a o el elemento de soporte superior 8.

35 La Figura 14 muestra otra realización de una pieza tensionadora intermedia 8b. Al igual que en el caso de la Figura 6, esta presenta en su circunferencia interna un saliente 25 a modo de una ménsula. En dicho saliente 25, de forma similar a lo mostrado en la Figura 7, se configuran ménsulas 27 individuales en las cuales puede fijarse una parte de los elementos tensores 28 mediante una placa de anclaje 31 y una placa de acero 32 dispuesta debajo. Solamente en el área de las ménsulas 27 se configuran orificios pasantes 26 en el saliente 25 para poder conducir los elementos tensores hasta el lado superior de las ménsulas 27 conformadas y poder fijarlos allí. Por su parte, el resto de los elementos tensores 28 se sitúa solo en la circunferencia interna del saliente 25 y se guía así de forma suficiente.

40 Debido a que la grúa giratoria de torre 4 solo se ancla en componentes del aerogenerador 1, en este caso, en el cimientado 2 y en un elemento de soporte superior 8, para la instalación la misma requiere un espacio mínimo y no necesita componentes adicionales de ningún tipo. De este modo, la grúa giratoria de torre 4 solo necesita aproximadamente un cuarto de la superficie de instalación de una grúa móvil de gran tamaño, la cual necesita normalmente una superficie de 4000 m². El transporte de una grúa giratoria de torre 4 mediante camiones convencionales hacia el lugar de montaje es también esencialmente más sencillo que el de una grúa móvil que requiere vías de acceso de gran tamaño. Del mismo modo, puede prescindirse de la utilización de lastres adicionales, de modo que la grúa giratoria de torre 4 se puede montar de forma relativamente económica en el lugar de montaje a pesar de su tamaño y capacidad de carga. Puesto que, además, mediante el anclaje según la invención de la grúa giratoria de torre 4 solo es posible montar en componentes del aerogenerador prácticamente todo el aerogenerador 1 mediante una única grúa giratoria de torre formada por componentes prefabricados 7, 10, 11, 12, 13, puede evitarse el empleo de grúas móviles costosas y de mayor potencia. También puede evitarse un

5 cambio frecuente del emplazamiento de la grúa utilizando una grúa giratoria de torre anclada directamente en componentes del aerogenerador 1. Solamente en el caso de componentes individuales muy pesados o para reposicionar componentes individuales puede necesitarse de forma puntual una grúa móvil adicional. Sin embargo, en función del uso previsto, dicha grúa solo necesita una altura del gancho más reducida o una potencia de carga más reducida y solo es necesaria durante un periodo de tiempo relativamente corto. De este modo, mediante el anclaje de la grúa giratoria de torre 4 según la invención se pueden erigir de forma relativamente económica aerogeneradores 1 con alturas del buje superiores a 150 m también en terrenos desfavorables, por ejemplo, en zonas forestales.

10 La invención no se limita a los ejemplos de realización representados. Por ejemplo, la torre 6 del aerogenerador 1 también se puede realizar como una torre estrictamente de hormigón con dos secciones 6' y 6'', o bien toda la estructura de torre 6 del aerogenerador 1 se puede constituir a partir de elementos prefabricados de acero que se atornillan unos con otros y/o se tensan unos con otros mediante elementos tensores.

Otras variantes y combinaciones en el marco de las reivindicaciones se encuentran dentro del alcance de la invención.

15 Símbolos de referencia

	1	Aerogenerador
	2	Cimiento
	3	Perno de anclaje de cimiento
	4	Grúa giratoria de torre
20	5	Pieza de torre
	6	Torre, estructura de torre
	6'	Primera sección de la estructura de torre
	6''	Segunda sección de la estructura de torre
	6'''	Tercera sección de la estructura de torre
25	7	Elemento prefabricado de hormigón
	7a	Elemento prefabricado de hormigón parabólico
	7b	Elemento prefabricado de hormigón cónico
	7c	Elemento prefabricado de hormigón cilíndrico
	8	Elemento de soporte superior
30	8a	Pieza de transición
	8b	Pieza tensionadora intermedia
	9	Dispositivo tensionador
	10	Segmento de acero
	11	Buje
35	12	Pala del rotor
	13	Góndola
	14	Base
	15	Superficie de alojamiento superior
	18	Elemento de hormigón
40	19	Camisa de acero
	20	Cojinete de apoyo
	21	Tuerca
	22	Taco
	23	Escotadura
45	24	Superficie lateral
	25	Saliente
	26	Orificio pasante
	27	Ménsula
	28	Elementos tensores
50	29	Brazo principal
	30	Brazo opuesto
	31	Placa de anclaje
	32	Placa de acero

ES 2 659 523 T3

H1 Primera altura del gancho
H2 Segunda altura del gancho
M Posición de montaje

REIVINDICACIONES

1. Método para erigir un aerogenerador (1) con unidades funcionales (11, 12, 13), con un cimiento (2) y con una estructura de torre (6) formada por al menos dos secciones (6', 6''), en donde se produce al menos una primera sección (6') de la estructura de torre (6) a partir de elementos prefabricados de hormigón (7) anulares o en forma de segmentos anulares sobre el cimiento (2), se dispone sobre el extremo superior de la primera sección (6') un elemento de soporte superior (8) y los elementos prefabricados (7) de la primera sección (6') se unen unos con otros, con el elemento de soporte superior (8) y con un elemento de soporte de base del cimiento (2) pretensando los elementos prefabricados de hormigón (7) de la primera sección (6') mediante elementos tensores (28) entre el elemento de soporte superior (8) y el elemento de soporte de base, caracterizado por que el elemento de soporte superior (8) presenta una estructura de al menos dos cascos con un elemento de hormigón (18) interno y una camisa de acero (19) externa y por que después de la unión de la primera sección (6') se ancla horizontalmente una grúa giratoria de torre (4) en el elemento de soporte superior (8) y, a continuación, se monta una segunda sección (6'') de la estructura de torre (6) con la ayuda de la grúa giratoria de torre (4).
2. Método según la reivindicación anterior, caracterizado por que la grúa giratoria de torre (4) se ancla en una pieza de transición (8a) para unir una primera sección (6') de hormigón, en particular, formada por elementos prefabricados de hormigón (7) anulares o en forma de segmentos anulares y una segunda sección (6'') de acero, y la segunda sección (6'') de la estructura de la torre (6) se produce mediante la grúa giratoria de torre (4) a partir de segmentos de acero anulares (10).
3. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que una pieza de torre (5) inferior de la grúa giratoria de torre (4) se ancla directamente en el cimiento (2) del aerogenerador (1) con pernos de anclaje de cimiento (3), en donde, preferentemente, una primera parte de los pernos de anclaje de cimiento (3) se dispone en una superficie de alojamiento superior (15) del cimiento (2) y la otra parte de los pernos de anclaje de cimiento (3) se dispone en una base (14) del cimiento (2), y se ancla una pieza de torre inferior (5) con forma escalonada de la grúa giratoria de torre (4) en el cimiento (2).
4. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que, la segunda sección (6'') de la estructura de torre (6) se monta mediante la grúa giratoria de torre (4) a partir de elementos prefabricados de hormigón (7) preferentemente anulares o en forma de segmentos anulares, por que se dispone un segundo elemento de soporte superior (8) sobre el extremo superior de la segunda sección (6''), los elementos prefabricados de hormigón de la segunda sección (6'') se unen unos con otros entre el segundo elemento de soporte superior (8) y el elemento de soporte de base y/o el primer elemento de soporte superior (8), preferentemente, se pretensan mediante elementos tensores (28), a continuación se ancla horizontalmente la grúa giratoria de torre (4) en el segundo elemento de soporte superior (8) y se monta otra sección (6''') de la estructura de torre (6) con la ayuda de la grúa giratoria de torre (4).
5. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que, después del montaje de una sección superior de la estructura de torre (6) a partir de acero o segmentos de acero (10), la grúa giratoria de torre (4) se una a la sección superior mediante otro dispositivo tensionador (9) y/o un elemento de amortiguación.
6. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que, después de completar el cimiento (2), la grúa giratoria de torre (4) se monta sobre el perno de anclaje de cimiento (3) y la primera sección (6') de la estructura de torre (6) se monta al menos parcialmente mediante la grúa giratoria de torre (4), en donde, preferentemente, la grúa giratoria de torre (4) se monta primero con una primera altura del gancho (H1) sobre los pernos de anclaje de cimiento (3), después se produce y pretensa la primera sección (6') de la estructura de torre (6) y, a continuación, se eleva la grúa giratoria de torre (4) a una segunda altura del gancho (H2) y se ancla en el elemento de soporte superior (8).
7. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que, después del montaje de la estructura de torre (6), los grupos funcionales (11, 12, 13) del aerogenerador (1) se montan mediante la grúa giratoria de torre (4), en donde, preferentemente, el movimiento de rotación de la góndola (13) se bloquea después de su montaje.
8. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se montan individualmente palas del rotor (12) del aerogenerador (1) mediante la grúa giratoria de torre (4), en donde el buje (11) se gira respectivamente

mediante el mecanismo de transmisión del aerogenerador (1) hacia una posición de montaje en la cual las palas del rotor (12) se montan unas tras otras.

- 5 9. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que, para que descienda la grúa giratoria de torre (4) se giran la grúa giratoria de torre (4) y una estrella del rotor respectivamente hacia una posición de descenso, en la cual un brazo opuesto (30) de la grúa giratoria de torre (4) sobresale en el plano de rotación de la estrella del rotor entre dos palas del rotor (12) y en la cual un brazo principal (29) de la grúa giratoria de torre (4) se orienta esencialmente en la dirección de la góndola 13, desciende una pieza de torre (5) de la grúa giratoria de torre (4) en esta posición de descenso y, a continuación, la estrella del rotor se gira hacia la siguiente posición de descenso.
- 10 10. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los elementos prefabricados de hormigón (7) y/o los segmentos de acero (10) anulares y/o las unidades funcionales (11, 12, 13) del aerogenerador se transportan mediante camiones hacia el área de descarga de la grúa giratoria de torre (4) y son recogidos directamente por la grúa giratoria de torre (4).
- 15 11. Aerogenerador (1) con unidades funcionales (11, 12, 13), una estructura de torre (6) formada por al menos dos secciones (6', 6'') y un cimientto (2), en donde al menos una primera sección (6') de la estructura de torre (6) se compone de elementos prefabricados de hormigón (7) anulares o en forma de segmentos anulares y los elementos prefabricados (7) se unen unos con otros entre un elemento de soporte superior (8) dispuesto sobre su extremo superior y un elemento de soporte de base de un cimientto (2) de la estructura de torre (6) pretensando los elementos prefabricados (7) de la primera sección (6') mediante elementos tensores entre el elemento de soporte superior (8) y el elemento de soporte de base, caracterizado por que el elemento de soporte superior (8) presenta al menos un dispositivo tensionador (9) para el anclaje horizontal de una grúa giratoria de torre (4), en donde el elemento de soporte superior (8) presenta una estructura de al menos dos cascos con un elemento de hormigón (18) interno y una camisa de acero (19) externa.
- 20 12. Aerogenerador según la reivindicación anterior, caracterizado por que el elemento de soporte superior (8) es una pieza de transición (8a) para unir una primera sección (6') de hormigón y una segunda sección (6'') de acero, en donde la estructura de torre (6) se diseña como torre híbrida con al menos una primera sección (6') de elementos prefabricados de hormigón (7) y al menos una segunda sección (6'') de acero, o por que el elemento de soporte superior (8) es una pieza tensionadora intermedia (8b) para unir una primera sección (6') de hormigón y una segunda sección (6'') de hormigón.
- 25 13. Aerogenerador según una de las reivindicaciones anteriores 11 a 12, caracterizado por que el dispositivo tensionador (9), en particular, un cojinete de apoyo (20) se dispone, particularmente, se atornilla en el elemento de soporte superior (8), al menos de forma parcialmente separable, para alojar una barra tensionadora, en donde se disponen, en particular, se incrustan de forma fija en el elemento de soporte superior (8) durante el vertido preferentemente medios de fijación, en particular, tuercas (21) para fijar de forma separable el dispositivo tensionador (9).
- 30 35 14. Aerogenerador según una de las reivindicaciones anteriores 11 a 13, caracterizado por que se sueldan tacos (22) en la circunferencia externa del elemento de soporte superior (8) entre los cuales se dispone o se puede disponer de forma positiva el dispositivo tensionador (9) en la dirección circunferencial, o por que, en la circunferencia externa del elemento de soporte superior (8), en particular, en la camisa de acero (19), se configura una escotadura (23) en la cual se dispone o se puede disponer de forma positiva el dispositivo tensionador (9) en la dirección circunferencial.
- 40 15. Aerogenerador según una de las reivindicaciones anteriores 11 a 14, caracterizado por que se disponen en el cimientto (2) pernos de anclaje de cimientto (3) para fijar la grúa giratoria de torre (4), en donde el cimientto (2) se diseña preferentemente de forma escalonada con una base (14) y una superficie de alojamiento superior (15) para la estructura de torre (6), y una primera parte de los pernos de anclaje de cimientto (3) se dispone en la superficie de alojamiento superior (15) y la otra parte de los pernos de anclaje de cimientto (3) se dispone en la base (14).
- 45 16. Aerogenerador según una de las reivindicaciones anteriores 11 a 15, caracterizado por que la sección o las secciones (6', 6'') de acero o segmentos de acero (10) presenta o presentan otro dispositivo tensionador (9) y/o un elemento de amortiguación.

17. Aerogenerador según una de las reivindicaciones anteriores 11 a 16, caracterizado por que la estructura de torre (6) se constituye a partir de elementos prefabricados de hormigón (7) parabólicos, cónicos y cilíndricos, en donde la primera sección (6') se compone de elementos prefabricados de hormigón (7) parabólicos en un área de base, cónicos en un área central y cilíndricos en un área superior.

- 5 18. Aerogenerador según la reivindicación anterior, caracterizado por que se dispone sobre la primera sección (6') una pieza tensionadora intermedia (8b) y por que la segunda sección (6'') de la estructura de torre (6) se constituye a partir de elementos prefabricados de hormigón (7) cilíndricos y cónicos, preferentemente, se constituye a partir de elementos prefabricados de hormigón (7) cilíndricos en un área de base y cónicos en un área superior, y por que la pieza de transición (8a) se dispone sobre la segunda sección.

10

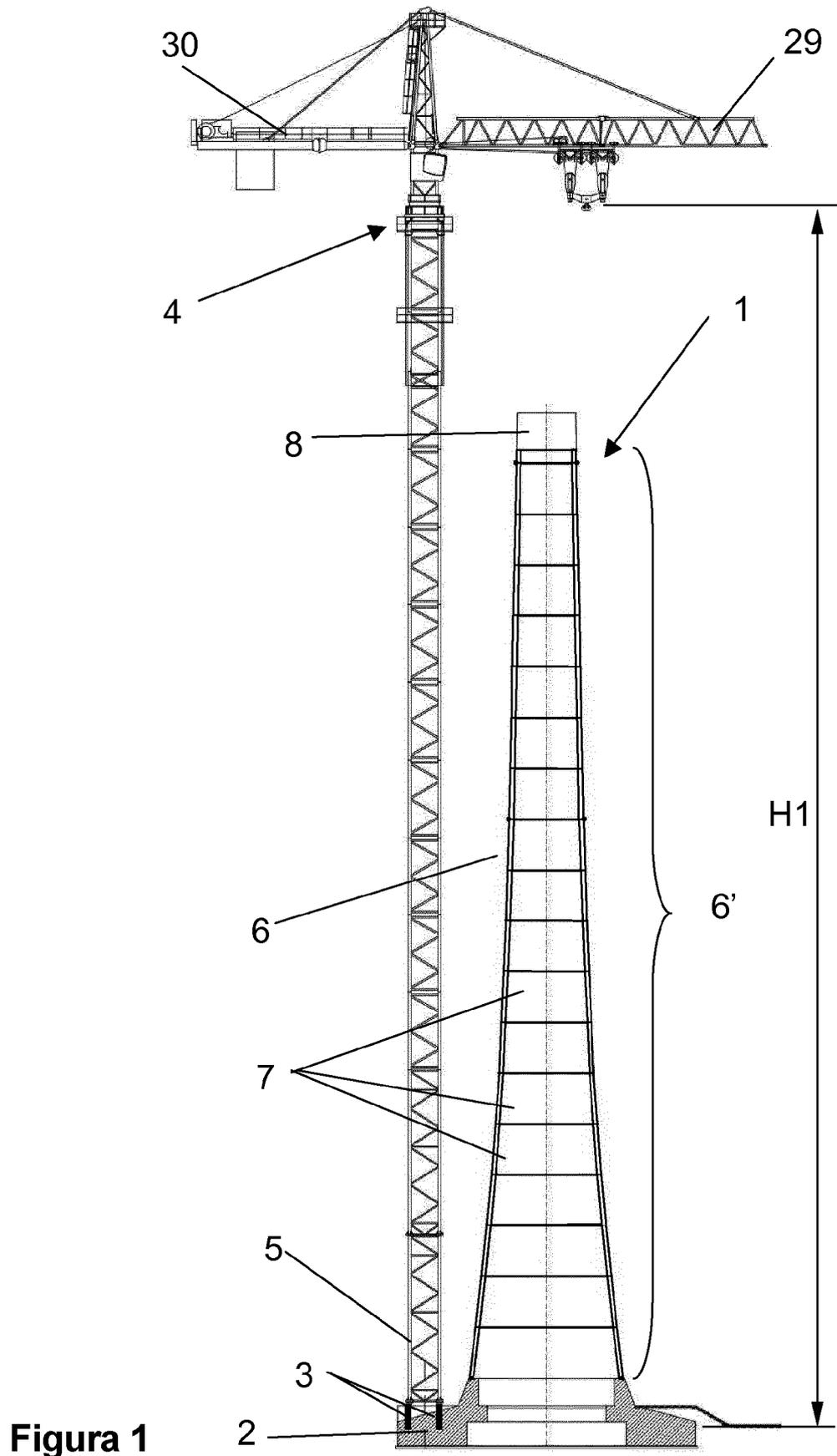


Figura 1

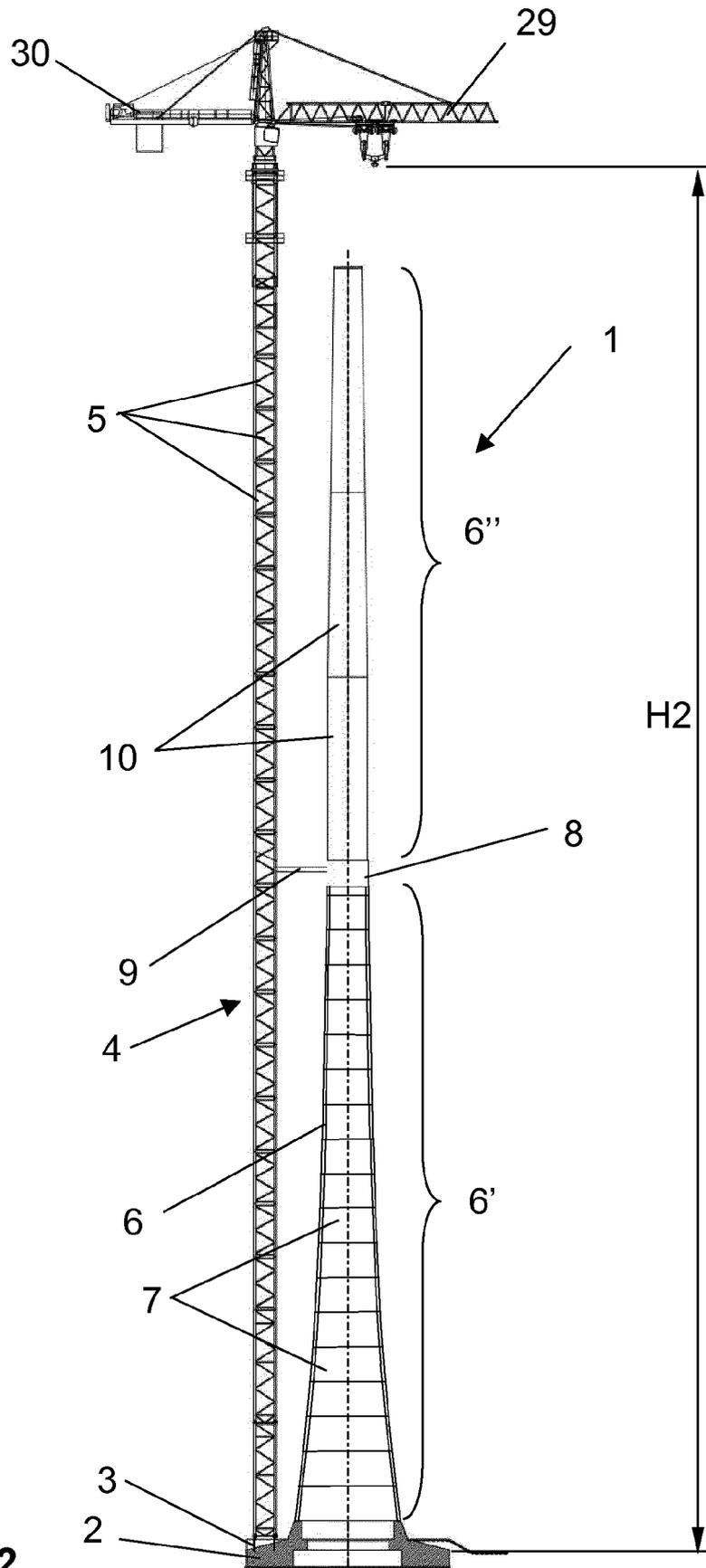


Figura 2

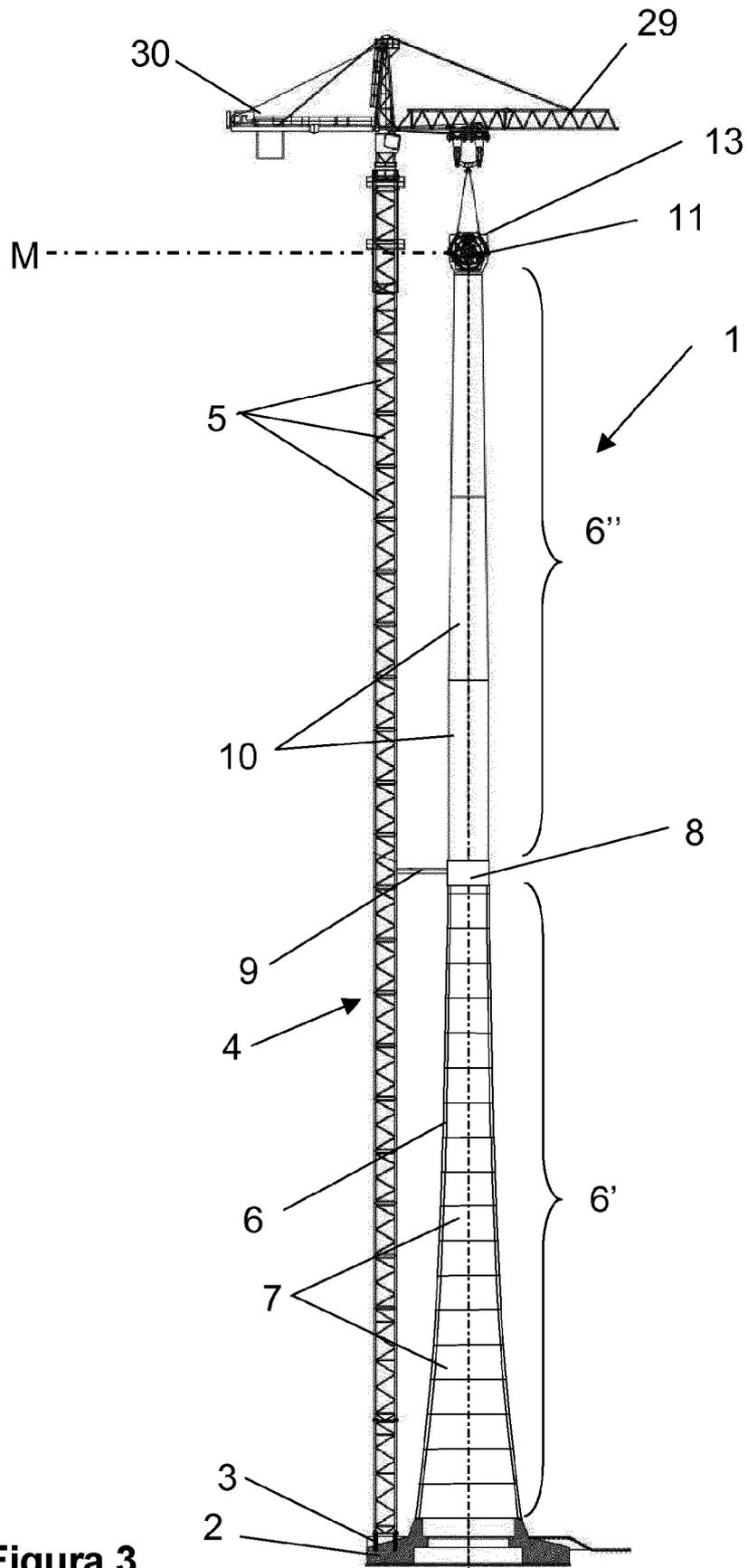


Figura 3

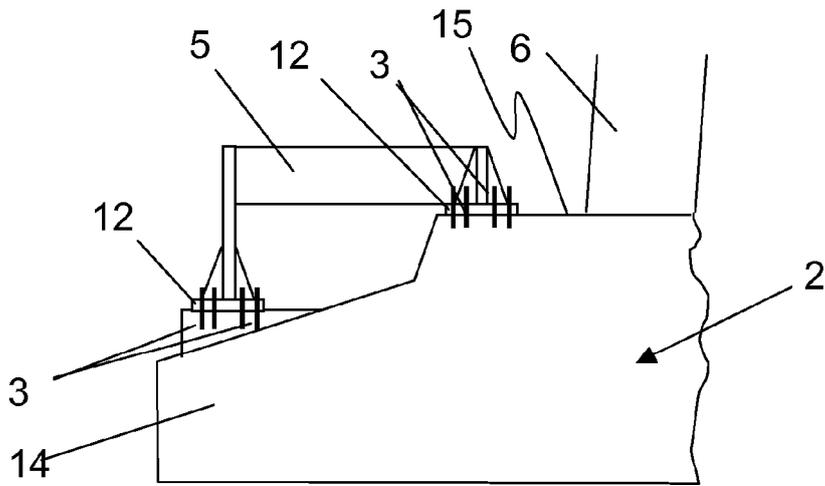


Fig. 5

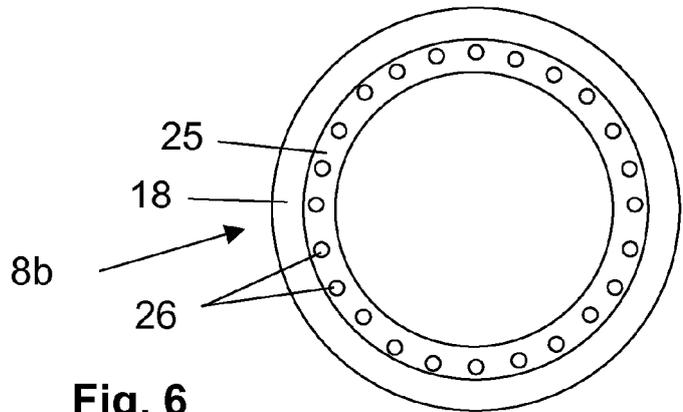


Fig. 6

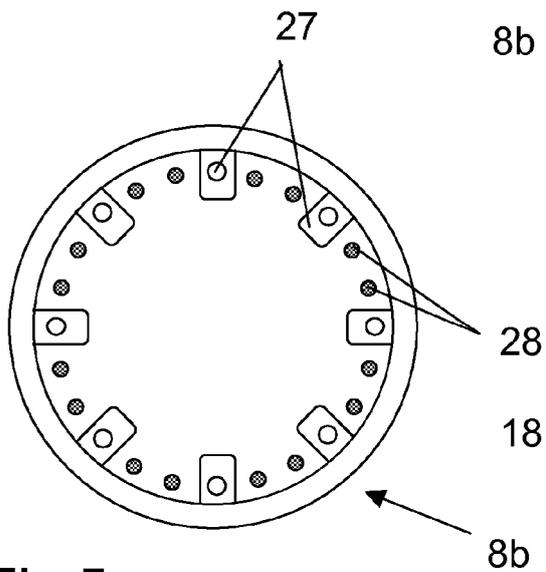


Fig. 7

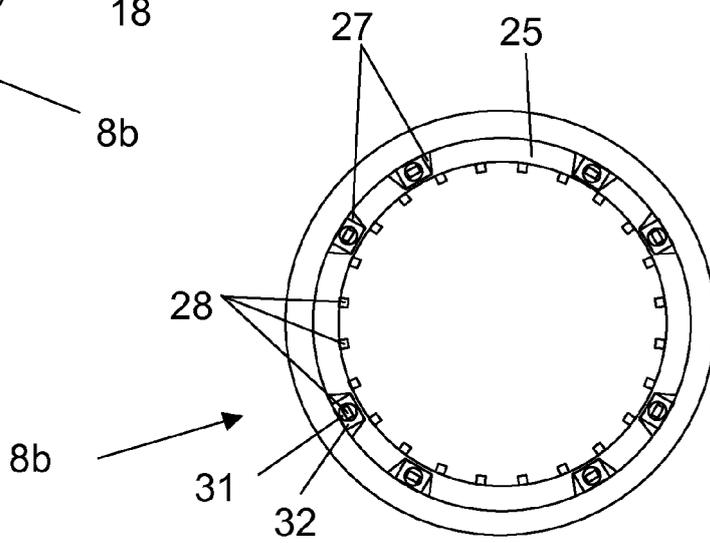


Fig. 14

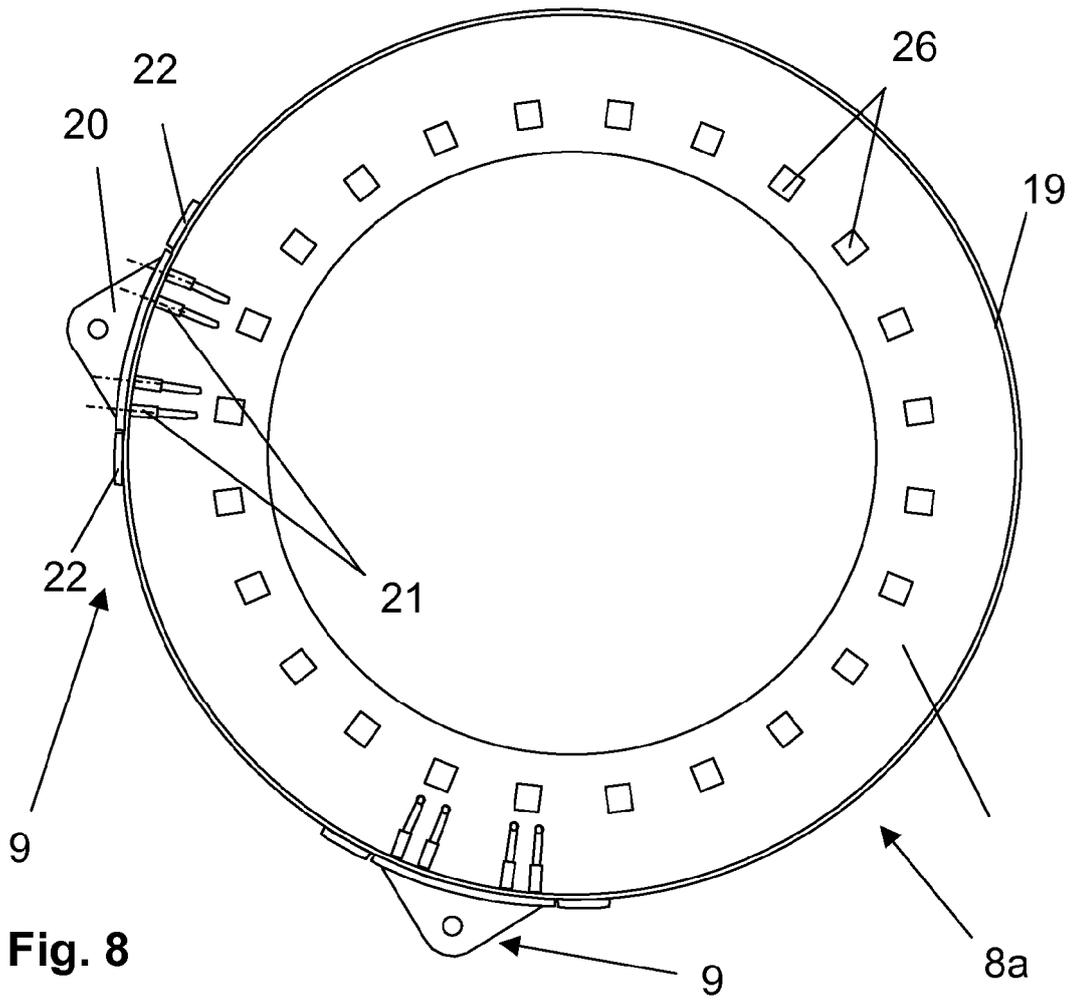


Fig. 8

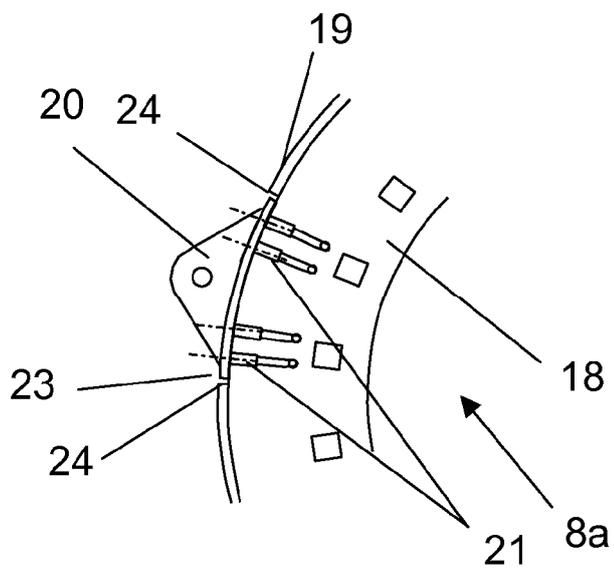


Fig. 9

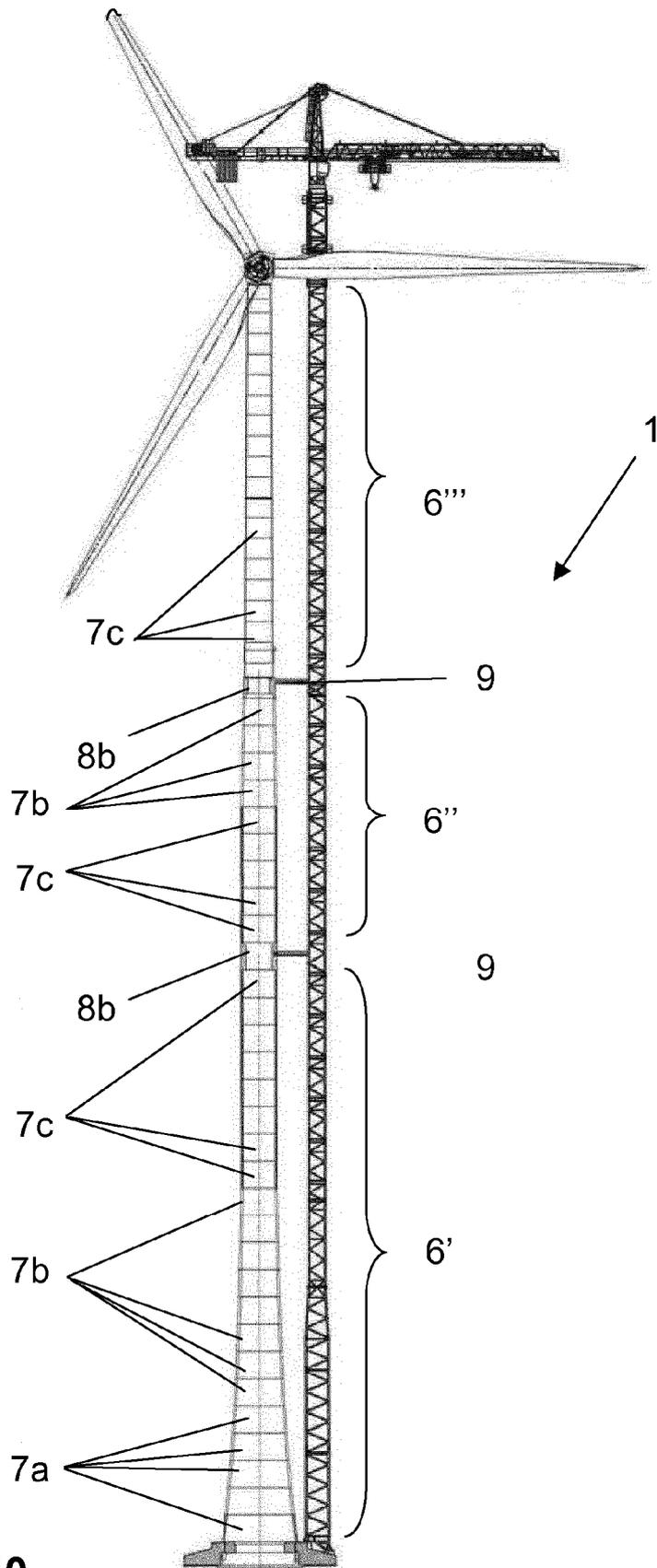


Figura 10

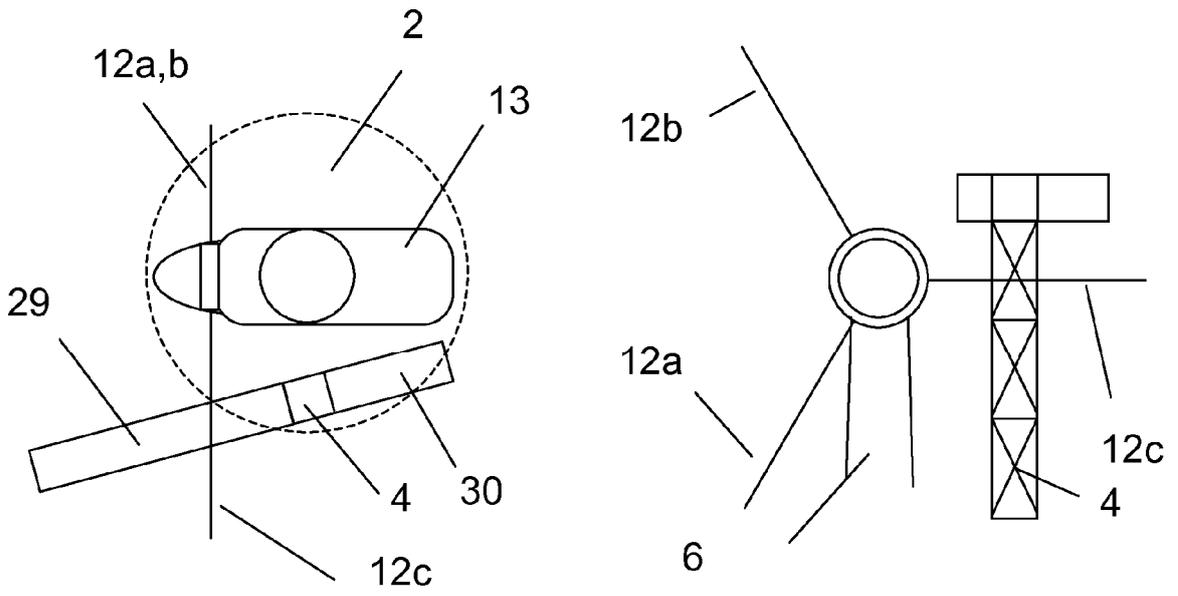


Fig. 11

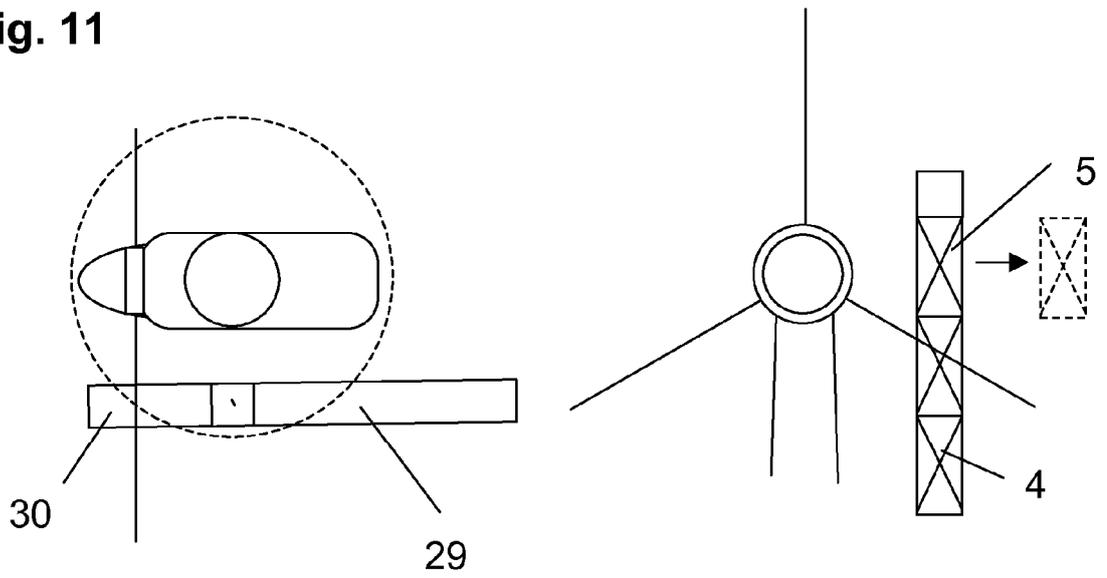


Fig. 12

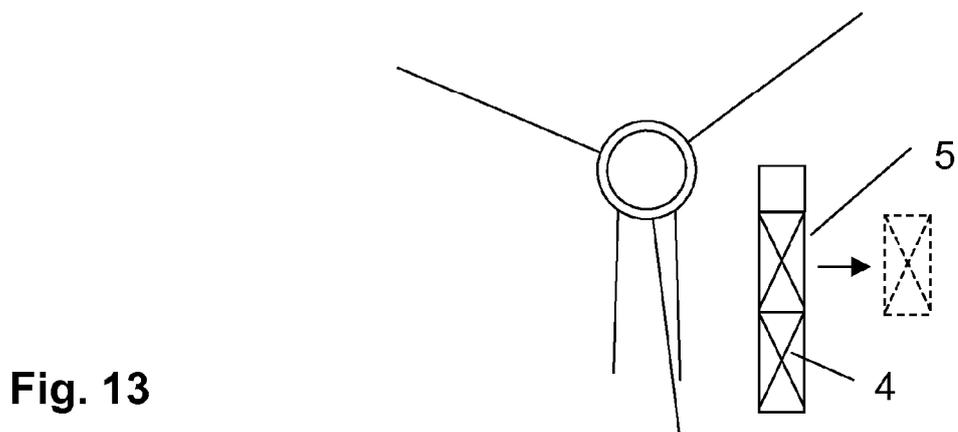


Fig. 13