

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 861 823**

51 Int. Cl.:

F03D 13/40

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.07.2014** **PCT/EP2014/065405**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.01.2016** **WO16008530**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.07.2014** **E 14753216 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.01.2021** **EP 3169893**

54 Título: **Sistema modular para el transporte de palas de turbina eólica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
06.10.2021

73 Titular/es:

LM WP PATENT HOLDING A/S (100.0%)
Jupitervej 6
6000 Kolding , DK

72 Inventor/es:

VAN DER ZEE, JACOBUS J.

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 861 823 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema modular para el transporte de palas de turbina eólica

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un sistema modular para transportar palas de turbina eólica y a un uso del sistema para proporcionar una disposición espacial adecuada de al menos dos palas de turbina eólica para el transporte. La presente invención también se refiere a un sistema de transporte para transportar palas de turbina eólica en al menos dos disposiciones espaciales diferentes.

Antecedentes de la invención

10 Las palas de turbina eólica utilizadas para las turbinas eólicas de eje horizontal para generar energía eléctrica a partir del viento pueden ser bastante grandes y pueden exceder los 70 metros de largo y 4 metros de ancho. Las palas están hechas típicamente de un material polimérico reforzado con fibra y comprenden una parte de carcasa de barlovento y una parte de carcasa de sotavento. Debido al tamaño y la fragilidad de estas grandes palas de rotor, las palas pueden dañarse durante el transporte, así como durante la carga y la descarga. Dichos daños pueden degradar gravemente el rendimiento de las palas. Por lo tanto, las palas deben embalsarse cuidadosamente para asegurarse de que no se dañen.

15 Sin embargo, debido a la longitud cada vez mayor de las palas de turbina eólica modernas, cada vez es más complicado y caro transportar las palas. No es raro que los costos de transporte asciendan al 20 por ciento de los costos totales de fabricación, transporte y montaje de la pala de turbina eólica en el rotor de una pala de turbina eólica. Además, algunas palas se transportan al sitio de montaje a través de diferentes modos de transporte, tales como por camión, tren y barco. Algunos de estos modos de transporte pueden tener restricciones sobre grandes cargas, alturas máximas, anchos máximos, distancias máximas entre bastidores de transporte o soportes, por ejemplo, dictadas por las regulaciones locales. Por lo tanto, existe un problema logístico de proporcionar soluciones de transporte que sean adecuadas para varios tipos de transporte.

20 En general, existe una demanda para hacer que las soluciones de transporte sean más simples, más seguras y más económicas. En particular, existe una demanda para hacer tales sistemas más flexibles de manera que sea posible la adaptación a una determinada situación de transporte. Esto se aplica, por ejemplo, al cambio del transporte terrestre al transporte marítimo. Si bien las restricciones de altura requieren el menor espacio posible entre las palas, el transporte marítimo puede requerir un mayor espacio entre las palas para evitar el contacto entre las palas durante perturbaciones del mar. La técnica anterior muestra varias soluciones para transportar más de una pala de rotor utilizando un solo contenedor u otro sistema de embalaje, lo que es una forma obvia de reducir los costos de transporte. Sin embargo, las restricciones y límites antes mencionados pueden aumentar la dificultad de transportar una pluralidad de palas utilizando el mismo sistema de embalaje.

25 El documento de patente internacional WO 2014/064247 describe un sistema de transporte y almacenamiento para al menos dos palas de turbina eólica. El sistema está adaptado para apilar las palas en una disposición alterna de extremo de raíz a extremo de punta. El extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica puede extenderse más allá del extremo de raíz de la primera pala de turbina eólica, y el extremo de punta de la primera pala de turbina eólica puede extenderse más allá del extremo de raíz de la segunda pala de turbina eólica, cuando la primera y la segunda palas de turbina eólica están dispuestas en el sistema de embalaje.

30 El documento de patente europea EP1387802 describe un método y un sistema para transportar dos palas de turbina eólica rectas, donde el extremo de raíz de una primera pala está dispuesto en un primer bastidor de embalaje, y el extremo de punta de una segunda pala vecina está dispuesto en un segundo bastidor de embalaje que está dispuesto a continuación de y conectado al primer bastidor de embalaje con el efecto de que las palas se almacenan de forma compacta una al lado de la otra en una disposición de "punta a raíz". Sin embargo, en este sistema de transporte, los bastidores de los extremos de punta soportan las palas en la propia punta de las palas, donde son mecánicamente lo más frágiles. Además, los bastidores de embalaje están dispuestos en la cara del extremo de raíz y en la punta de la pala. Por lo tanto, la distancia entre los bastidores de embalaje es aproximadamente igual a la longitud de las palas. Para palas muy largas de 45 metros o más, esto podría no ser posible debido a las regulaciones locales y las restricciones de transporte. El documento de patente internacional WO2011/076238 describe un sistema de transporte para palas de turbina eólica que comprende medios de ajuste de altura a nivel del suelo.

35 Por tanto, un objeto de la invención es obtener un método y un sistema nuevos para almacenar y transportar una pluralidad de palas de turbina eólica, que superen o mejoren al menos una de las desventajas de la técnica anterior o que proporcionen una alternativa útil. En particular, es un objeto de la invención proporcionar una solución de transporte más flexible que pueda adaptarse a diferentes situaciones de transporte y requisitos reglamentarios.

Compendio de la invención

En un primer aspecto, la presente invención se refiere a un sistema modular para transportar palas de turbina eólica en al menos dos disposiciones espaciales diferentes, teniendo cada pala un extremo de punta y un extremo de raíz, teniendo cada pala, además, un diámetro D de círculo de pernos en dicho extremo de raíz, comprendiendo el sistema dos o más bastidores de transporte de extremo de raíz, que tienen, cada uno, una altura H para soportar un extremo de raíz de una pala de turbina eólica, donde $H < D$, dos o más primeros bastidores de transporte de extremo de punta que tienen, cada uno, una altura h1 para soportar una porción de una pala de turbina eólica hacia el extremo de punta de dicha pala, comprendiendo cada primer bastidor de transporte de extremo de punta un bastidor de base y una cuna de soporte provisto en la parte superior de dicho bastidor de base para recibir una porción de una pala de turbina eólica, en donde cada primer bastidor de transporte de extremo de punta es apilable en la parte superior de un bastidor de transporte de extremo de raíz y viceversa, de modo que el sistema modular se puede operar para apilar sucesivas palas de turbina eólica en una disposición alterna de extremo de raíz a extremo de punta, y en donde el sistema modular comprende, además, al menos una de las partes (i), (ii) y (iii):

(i) dos o más segundos bastidores de transporte de extremo de punta, que tienen cada uno una altura h2 superior a h1 para soportar una porción de una pala de turbina eólica hacia el extremo de punta de dicha pala, comprendiendo cada segundo bastidor de transporte de extremo de punta un bastidor de base y una cuna de soporte provista en la parte superior de dicho bastidor de base para recibir una porción de una pala de turbina eólica; en donde cada segundo bastidor de transporte de extremo de punta se puede apilar en la parte superior de un bastidor de transporte de extremo de raíz y viceversa para reemplazar los primeros bastidores de transporte de extremo de punta, de modo que el sistema modular se puede operar para apilar sucesivas palas de turbina eólica en una disposición alterna de extremo de raíz a extremo de punta con dos espaciamentos alternativos entre las palas que resultan del uso respectivo de los primeros o los segundos bastidores de transporte de extremo de punta;

(ii) dos o más piezas distanciadoras de extremo de punta, cada una de las cuales se puede colocar encima o debajo de un primer bastidor de transporte de extremo de punta, en donde el primer bastidor de transporte de extremo de punta y la pieza distanciadora de extremo de punta colocada se pueden apilar en la parte superior del bastidor de transporte de extremo de raíz y viceversa, de manera que el sistema modular se puede operar para apilar sucesivas palas de turbina eólica en una disposición alterna de extremo de raíz a extremo de punta con dos espaciamentos alternativos entre palas resultantes del uso respectivo de los primeros bastidores de transporte de extremo de punta o bien con o bien sin las piezas distanciadoras de extremo de punta; y

(iii) al menos una pieza distanciadora de extremo de raíz que tiene una altura h3 y que se puede colocar entre dos bastidores de transporte de extremo de raíz apilados verticalmente, en donde $(H + h3) \geq D$, de manera que el sistema modular puede funcionar para apilar sucesivas palas de turbina eólica en una disposición de extremo de raíz a extremo de raíz como alternativa a la disposición de extremo de raíz a extremo de punta apilando dos o más bastidores de transporte de extremo de punta primero o segundo en un extremo y dos o más bastidores de transporte de extremo de raíz con piezas distanciadoras de extremo de raíz interpuestas en el extremo opuesto .

Se ha encontrado que tal sistema modular es económico y ofrece un alto grado de flexibilidad que permite el transporte de dos o más palas de turbina eólica en diversas disposiciones espaciales. Por ejemplo, el transporte terrestre en una disposición apilada de extremo de raíz a extremo de punta se puede realizar con un espaciado mínimo entre las palas para minimizar la altura de la pila total utilizando los bastidores de transporte de extremo de raíz junto con un conjunto de primeros bastidores de transporte de extremo de punta que tienen una altura h1. Cuando el cargamento se vuelve a cargar para el transporte marítimo subsiguiente, se puede lograr una disposición apilada de extremo de raíz a extremo de punta con un mayor espaciado entre las palas y una mayor altura total de la pila reemplazando los primeros bastidores de transporte de extremo de punta por los segundos bastidores de extremo de punta de la parte (i) que tienen una altura h2 superior a h1. La reducción de la altura total no es tan preocupante en el transporte marítimo como en el transporte por carretera. En cambio, el transporte marítimo es potencialmente más turbulento, lo que requiere mayores espaciados entre palas. Se obtiene un efecto similar cuando se utilizan las piezas distanciadoras de extremo de punta de la parte (ii).

Típicamente, el aumento de la altura h2 será proporcionada por una altura de bastidor de base aumentada de cada segundo bastidor de transporte de extremo de punta en comparación con los primeros bastidores de transporte de extremo de punta.

Si bien se ha descrito que la invención aumenta la altura al cambiar a un nuevo bastidor de extremo de punta que tiene una altura aumentada o al usar una pieza distanciadora de extremo de punta para aumentar el espaciado entre las palas, también se reconoce que se puede lograr un efecto técnico correspondiente cambiando, en vez de eso, a un bastidor de extremo de punta que tenga una altura más baja o proporcionando al bastidor de extremo de punta una pieza distanciadora de extremo de punta extraíble.

En una disposición espacial, se puede colocar una primera pala de turbina eólica de manera que el extremo de punta de la primera pala de turbina eólica apunte en una primera dirección, y una segunda pala de turbina eólica se coloca de manera que el extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica apunte en una segunda dirección, que es

sustancialmente opuesta a la primera dirección. El extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica puede extenderse más allá del extremo de raíz de la primera pala de turbina eólica y el extremo de punta de la primera pala de turbina eólica puede extenderse más allá del extremo de raíz de la segunda pala de turbina eólica, cuando la primera y la segunda palas de turbina eólica están apiladas verticalmente en esta disposición. Por tanto, es evidente que el sistema está adaptado para disponer la primera y la segunda palas de turbina eólica sustancialmente paralelas entre sí y apuntando de punta a raíz pero con un voladizo.

La desventaja de tal disposición es el aumento de la longitud total de la pila. El sistema modular de la presente invención también puede abordar este problema proporcionando una disposición espacial alternativa. Usando la parte (iii), se puede proporcionar una pila de extremo de raíz a extremo de raíz colocando la pieza distanciadora de extremo de raíz entre dos bastidores de transporte de extremo de raíz apilados verticalmente. Por tanto, la longitud total de la pila se reduce de una manera eficaz y sencilla.

Típicamente, los bastidores están dispuestos de manera que un bastidor de transporte de extremo de raíz y al menos una porción de un bastidor de transporte de extremo de punta apilado sucesivamente se superpongan con el diámetro de extremo de raíz de una pala de turbina eólica soportada por dicho bastidor de transporte de extremo de raíz, y donde el bastidor de transporte de extremo de punta está dispuesto de manera que un extremo de punta de una pala precurvada o barrida soportada quede separado del suelo.

Preferiblemente, el sistema modular comprende la parte (i). En otra realización, el sistema modular comprende la parte (ii). En otra realización más, el sistema modular comprende la parte (iii). El sistema modular también puede comprender dos de las partes (i) - (iii), tales como las partes (i) y (ii), las partes (i) y (iii) o las partes (ii) y (iii). En otra realización, el sistema modular comprende las tres partes (i), (ii) y (iii).

Preferiblemente, las palas de la turbina eólica se apilan verticalmente. En una realización ($H + h_3$) está entre 0,95 y 1,05 veces h_2 ; lo más preferiblemente ($H + h_3$) es igual a h_2 . En tales realizaciones, una pila de extremo de raíz a extremo de raíz se puede proporcionar mediante el uso de bastidores de transporte de extremo de raíz apilados con piezas de extensión de extremo de raíz interpuestas en un extremo y segundos bastidores de transporte de extremo de punta en el extremo opuesto sin cambiar sustancialmente la inclinación de la pila de turbina eólica en comparación con la pila de extremo de raíz a extremo de punta.

En una realización preferida del sistema modular, h_1 es menos de 0,9 veces h_2 . Ventajosamente, h_1 es menos de 0,8 veces, preferiblemente menos de 0,7 veces, más preferiblemente menos de 0,6 veces y lo más preferiblemente menos de 0,5 veces h_2 .

En otra realización del sistema modular, ($H + h_3$) es al menos 1,05 veces D , tal como al menos 1,1 veces D , al menos 1,15 veces D , al menos 1,2 veces D o al menos 1,25 veces D .

En otra realización del sistema modular, $(0,5 D) < H < (0,9 D)$, preferiblemente $(0,5 D) < H < (0,75 D)$.

En otra realización del sistema modular, cada bastidor de transporte de extremo de raíz tiene una altura, un ancho y una profundidad, en donde el ancho de dicho bastidor de transporte de extremo de raíz es igual a o mayor que el diámetro del círculo de pernos de una pala de turbina eólica que va a ser soportada por dicho bastidor de transporte de extremo de raíz.

En otra realización del sistema modular, cada bastidor de transporte de extremo de raíz tiene una altura, un ancho y una profundidad, en donde la profundidad de dicho bastidor de transporte de extremo de raíz es igual a o mayor que un cuarto del ancho del bastidor de transporte de extremo de raíz.

En otra realización del sistema modular, cada bastidor de transporte de extremo de raíz comprende: un cuerpo de bastidor y una placa de extremo de raíz acoplada a dicho cuerpo de bastidor, dicha placa de extremo de raíz dispuesta para acoplarse con un extremo de raíz de una pala de turbina eólica, en donde dicha placa de extremo de raíz está dispuesta para acoplarse con menos de $2/3$ del círculo de pernos de un extremo de raíz de una pala de turbina eólica para soportar dicha pala de turbina eólica en dicho bastidor de transporte de extremo de raíz.

En otra realización del sistema modular, dicha placa de extremo de raíz comprende un cuerpo sustancialmente en forma de C dispuesto para acoplarse con una porción del círculo de pernos de un extremo de raíz de una pala de turbina eólica.

En otra realización del sistema modular, cada bastidor de transporte de extremo de raíz comprende: un cuerpo de bastidor y una placa de extremo de raíz para acoplarse al extremo de raíz de una pala de turbina eólica, en donde dicha placa de extremo de raíz está acoplada de forma articulada a dicho cuerpo de bastidor.

En otra realización del sistema modular, dicha placa de extremo de raíz está acoplada de forma articulada al cuerpo de bastidor de dicho bastidor de transporte de extremo de raíz a lo largo del eje horizontal.

En otra realización del sistema modular, dicha placa de extremo de raíz está acoplada de forma articulada al cuerpo de bastidor de dicho bastidor de transporte de extremo de raíz a lo largo del eje vertical.

En otra realización del sistema modular, dicha placa de extremo de raíz está montada en al menos un brazo de cuna, dicho al menos un brazo acoplado a dicho bastidor de transporte de extremo de raíz a través de una unión articulada.

En otra realización del sistema modular, dicho al menos un brazo de cuna comprende una cuna articulada.

- 5 En otra realización del sistema modular, dicho bastidor de transporte de extremo de raíz comprende al menos un primer y un segundo brazo de cuna, en donde dichos brazos de cuna primero y segundo están colocados en lados opuestos de un eje longitudinal central teórico de una pala de turbina eólica que se va a montar en dicha placa de extremo de raíz.

- 10 En otra realización del sistema modular, dichos bastidores de transporte de extremo de punta primero y segundo comprenden, cada uno, un cuerpo de bastidor, al menos una cuna de soporte de extremo de punta para soportar una porción de una pala de turbina eólica hacia el extremo de punta de dicha pala, en donde un primer extremo de dicha cuna de soporte de extremo de punta está acoplado de forma articulada a dicho bastidor de transporte de extremo de punta a lo largo del eje horizontal, y en donde se proporciona un labio de soporte del borde de ataque en dicha cuna, dicho labio de soporte del borde de ataque está dispuesto para recibir una parte del borde de ataque de una pala de turbina eólica soportada por dicha cuna de soporte, de manera que la pala de turbina eólica se pueda mover de forma pivotante alrededor de dicho acoplamiento articulado con relación a dicho bastidor de transporte de extremo de punta mientras se apoya en dicha cuna.

En otra realización del sistema modular, un segundo extremo de dicha cuna de soporte puede fijarse de manera liberable a los respectivos cuerpos de bastidor de dicho primer y segundo bastidor de transporte de extremo de punta cuando dicha cuna de soporte se recibe en dicho cuerpo de bastidor.

- 20 En otra realización del sistema modular, dicha cuna de soporte del extremo de la punta comprende una correa flexible que tiene una superficie de soporte provista en dicha correa flexible.

En otra realización del sistema modular, los bastidores de transporte de extremo de punta primero y segundo comprenden, además, una correa de fijación que se ajusta alrededor de una pala de turbina eólica recibida en dicho bastidor de transporte de extremo de punta.

- 25 En otra realización del sistema modular, dichos bastidores de transporte de extremo de punta primero y segundo están dispuestos para colocarse en una ubicación hacia el extremo de punta de una pala de turbina eólica para ser soportada por el sistema modular, de manera que un barrido o curvado de la pala de turbina eólica desde la ubicación de dicho bastidor de transporte de extremo de punta hasta el extremo de punta de la pala soportada es menor que las alturas respectivas del bastidor de base del primer y segundo bastidores de transporte de extremo de punta.

- 30 En otra realización del sistema modular, una pala de turbina eólica que va a ser soportada por el sistema modular tiene una longitud longitudinal L , y en la que los bastidores de transporte de extremo de punta primero y segundo están dispuestos para colocarse a una distancia F del extremo de raíz de dicha pala, donde $(0,5 L) < F < (0,95 L)$, preferiblemente $(0,6 L) < F < (0,85 L)$.

- 35 En otro aspecto, la presente invención se refiere al uso del sistema modular de la presente invención para proporcionar una disposición espacial adecuada de al menos dos palas de turbina eólica para su transporte, teniendo cada pala un extremo de punta y un extremo de raíz, seleccionando entre:

- 40 a) una pila alterna de extremo de raíz a extremo de punta con un primer espaciado entre palas utilizando al menos dos bastidores de transporte de extremo de raíz y al menos dos primeros bastidores de transporte de extremo de punta, de modo que el extremo de punta de la primera pala de turbina eólica apunte en una primera dirección y el extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica apunte en la dirección opuesta;

- 45 b) una pila alterna de extremo de raíz a extremo de punta con un segundo espaciado entre palas que excede el primer espaciado entre palas utilizando al menos dos bastidores de transporte de extremo de raíz y al menos dos segundos bastidores de transporte de extremo de punta, de modo que el extremo de punta de la primera pala de turbina eólica apunte en una primera dirección y el extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica apunte en la dirección opuesta;

- 50 c) una pila alterna de extremo de raíz a extremo de punta utilizando al menos dos bastidores de transporte de extremo de raíz y al menos dos primeros bastidores de transporte de extremo de punta, en donde una pieza distanciadora de extremo de punta se coloca en la parte superior o debajo de cada bastidor de transporte de extremo de punta, de modo que el extremo de punta de la primera pala de turbina eólica apunte en una primera dirección y el extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica apunte en la dirección opuesta;

- 55 d) una pila de extremo de raíz a extremo de raíz utilizando al menos dos bastidores de transporte de extremo de raíz y al menos dos bastidores de transporte de extremo de punta primero o segundo, en donde una pieza distanciadora de extremo de raíz se coloca entre dos bastidores de transporte de extremo de raíz apilados verticalmente, de modo que el extremo de punta de la primera pala de turbina eólica apunte en la misma dirección que el extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica.

Preferiblemente, el primer espaciado entre palas es menos de 0,9 veces el segundo espaciado entre palas, tal como menos de 0,8 veces o menos de 0,7 veces el segundo espaciado entre palas. Con una variedad de posibles formas, superficies curvas y disposiciones de apilamiento, el espaciado entre palas variará típicamente a lo largo de la longitud de las palas incluso dentro de una sola pila. Como se usa en esta memoria, el término "espaciado entre palas" se refiere al espaciado vertical mínimo entre dos palas de turbina eólica apiladas verticalmente.

En otro aspecto más, la presente invención se refiere a un sistema de transporte para transportar palas de turbina eólica en al menos dos disposiciones espaciales diferentes, teniendo cada pala un extremo de punta y un extremo de raíz, teniendo además cada pala un diámetro de círculo de pernos D en dicho extremo de raíz, comprendiendo el sistema: dos o más bastidores de transporte de extremo de raíz, que tienen, cada uno, una altura H para soportar un extremo de raíz de una pala de turbina eólica, en donde $H < D$; dos o más bastidores de transporte de extremo de punta extensibles para soportar una porción de una pala de turbina eólica hacia el extremo de punta de dicha pala, comprendiendo cada bastidor de transporte de extremo de punta extensible un bastidor de base, al menos unos medios de extensión vertical para extender la altura del bastidor de transporte de extremo de punta y una cuna de soporte provisto en la parte superior de dicho bastidor de base para recibir una porción de una pala de turbina eólica; en donde cada bastidor de transporte de extremo de punta extensible se puede apilar encima de un bastidor de transporte de extremo de raíz y viceversa, de modo que el sistema modular se puede operar para apilar palas de turbina eólica sucesivas en una disposición alterna de extremo de raíz a extremo de punta con al menos dos espaciados entre palas creados variando la altura de los bastidores de transporte de extremo de punta extensibles mediante los medios de extensión vertical.

Dicho sistema de transporte ofrece la ventaja de proporcionar flexibilidad en situaciones de transporte que requieren diferentes espaciados entre las palas, como el transporte terrestre frente al transporte marítimo. Al extender la altura de los bastidores de transporte de extremo de punta mediante el uso de los medios de extensión vertical, se puede lograr un mayor espaciado entre palas de una manera eficiente, simple y rentable.

Preferiblemente, los medios de extensión vertical son adecuados para extender la altura del bastidor de transporte de extremo de punta sin escalones.

En una realización preferida, los medios de extensión vertical aumentan la altura total de los bastidores de transporte de extremo de punta en al menos un 5%, más preferido al menos un 10% y lo más preferido al menos un 20%. Se entenderá que los medios de extensión vertical son una parte integral de los bastidores de transporte de extremo de punta extensibles. Por consiguiente, la altura total del bastidor puede estar compuesta por la altura del bastidor de base, la cuna de soporte y la altura de los medios de extensión que se extienden más allá del bastidor de base.

En una realización preferida del sistema de transporte, los medios de extensión vertical consisten en una o más patas roscadas adecuadas para el ajuste continuo de la altura y alojadas al menos parcialmente en el bastidor de base del bastidor de transporte de extremo de punta extensible.

Tales patas pueden comprender adecuadamente una rosca exterior, que se recibe en un dispositivo que comprende un orificio con una rosca interna coincidente dentro del bastidor de base del bastidor de transporte de extremo de punta extensible.

En otras realizaciones, los medios de extensión pueden comprender elementos extensibles que forman parte del bastidor de base, por ejemplo, postes telescópicos provistos en cada esquina del bastidor de base. En estas realizaciones, la altura del bastidor de base como tal puede aumentarse mediante los medios de extensión vertical.

Alternativamente, una porción de soporte para soportar el extremo de punta de la pala puede moverse dentro del bastidor de extremo de punta, de modo que el espaciado entre palas se puede variar variando la posición de dicha porción de soporte.

Un método típico para transportar o almacenar al menos dos palas de turbina eólica usando el sistema modular o el sistema de transporte de la presente invención comprende los pasos de: a) colocar la primera pala de turbina eólica de modo que el extremo de punta de la primera pala de turbina eólica apunte en una primera dirección, b) colocar la segunda pala de turbina eólica adyacente y en proximidad inmediata a la primera pala de turbina eólica de modo que el extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica apunte en una segunda dirección, que es sustancialmente opuesta a la primera dirección. Típicamente, la segunda pala de turbina eólica se dispone en el paso b) de modo que el extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica se extienda más allá del extremo de raíz de la primera pala de turbina eólica. El extremo de punta de la primera pala de turbina eólica también puede extenderse más allá del extremo de raíz de la segunda pala de turbina eólica. Este será inevitablemente el caso, si la primera pala de turbina eólica y la segunda pala de turbina eólica tienen la misma longitud.

Por tanto, se pueden disponer dos palas de turbina eólica sustancialmente paralelas entre sí y orientadas en direcciones opuestas. Dado que el grosor de las palas disminuye típicamente desde el extremo de raíz hacia el extremo de punta, las palas pueden disponerse una encima de la otra con la nueva disposición "punta a raíz" mediante bastidores que tienen una sección transversal combinada relativamente pequeña.

- Según una realización ventajosa, la primera pala de turbina eólica y la segunda pala de turbina eólica en los pasos a) y b) se apilan una encima de la otra, es decir, de modo que la segunda pala de turbina eólica se dispone encima de la primera pala de turbina eólica. Ventajosamente, la primera pala de turbina eólica y la segunda pala de turbina eólica están dispuestas de modo que los planos de la cuerda de sus respectivos extremos de punta estén dispuestos de forma sustancialmente horizontal. Por "forma sustancialmente horizontal" se entiende que el plano de la cuerda puede variar hasta +/- 25 grados con respecto a la horizontal.
- En una realización preferida, las palas están dispuestas de modo que un lado de barlovento (o lado de presión) de la pala esté orientado sustancialmente hacia abajo.
- En un sistema de apilamiento para almacenar más de dos palas, también es posible apilar las palas tanto horizontal como verticalmente, es decir, en una matriz apilada.
- Típicamente, las palas de la turbina eólica tendrán una longitud de al menos 40 metros, o al menos 45 metros, o incluso al menos 50 metros. Las palas pueden estar precurvadas para que, cuando se monten en una turbina eólica horizontal configurada contra el viento en un estado sin carga, se curven hacia adelante fuera del plano del rotor de modo que se aumente el espacio libre entre la punta y la torre.
- La primera y la segunda palas de turbina eólica pueden estar precurvadas. Tales palas precurvadas pueden disponerse en los bastidores de extremo de punta y los bastidores de extremo de raíz de modo que se enderecen levemente o completamente durante el transporte, por ejemplo, como se muestra en el documento de patente internacional WO05005286 por el presente solicitante. Sin embargo, no es necesario enderezar las palas por la fuerza. Dado que las palas se apoyan cerca de los extremos y las palas están dispuestas con el lado de barlovento orientado hacia abajo, el propio peso de la pala puede enderezar las palas debido a las fuerzas gravitacionales que actúan sobre la parte media de la pala.
- Según una realización preferida, el extremo de raíz de la primera pala de turbina eólica está dispuesto en un primer bastidor de extremo de raíz, el extremo de raíz de la segunda pala de turbina eólica está dispuesto en un segundo bastidor de extremo de raíz, el extremo de punta de la primera pala de turbina eólica está dispuesto en un primer bastidor de extremo de punta y el extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica está dispuesto en un segundo bastidor de extremo de punta.
- Los bastidores de extremo de punta comprenden, típicamente, un receptáculo para soportar una sección de extremo de punta. Por tanto, el primer bastidor de extremo de punta comprende un primer receptáculo de extremo de punta y el segundo bastidor de extremo de punta comprende un segundo receptáculo de extremo de punta. Dependiendo de la solución particular, el receptáculo puede, por ejemplo, soportar el lado de presión de la pala o, alternativamente, el borde de ataque de la pala. Sin embargo, en principio, el receptáculo también puede soportar el lado de succión de la pala o incluso el borde de salida de la pala. Los propios bastidores se pueden utilizar como herramientas de elevación, de modo que dos o más palas se puedan levantar de una vez y sin imponer tensión a las palas.
- En una realización típica del sistema modular, un primer bastidor de extremo de punta con una altura h1 está conectado, opcionalmente conectado de manera separable, a un bastidor de extremo de raíz, y otro primer bastidor de extremo de punta con una altura h1 está conectado, opcionalmente conectado de manera separable, a otro bastidor de extremo de raíz. Después de reemplazar los primeros bastidores de extremo de punta con los segundos bastidores de extremo de punta para aumentar el espaciado entre palas, se conecta un segundo bastidor de extremo de punta con una altura h2, opcionalmente conectado de manera separable, a un bastidor de extremo de raíz, y se conecta otro segundo bastidor de extremo de punta con una altura h2, opcionalmente conectado de forma separable, a otro bastidor de extremo de raíz.
- En otra realización del sistema modular, se conecta un primer bastidor de extremo de punta con una altura h1, opcionalmente conectado de forma separable, a un bastidor de extremo de raíz, y se conecta otro primer bastidor de extremo de punta con una altura h1, opcionalmente conectado de manera separable, a otro bastidor de extremo de raíz. A continuación, se puede aumentar el espaciado entre palas colocando la respectiva pieza distanciadora de extremo de punta en cada primer bastidor de extremo de punta.
- En otra realización más del sistema modular, se conecta un primer bastidor de extremo de punta con una altura h1, opcionalmente conectado de manera separable, a un bastidor de extremo de raíz, y se conecta otro primer bastidor de extremo de punta con una altura h1, opcionalmente conectado de manera separable, a otro bastidor de extremo de raíz. Para reducir la longitud de la pila, ambos bastidores de extremo de raíz se colocan uno encima del otro, separados por la pieza distanciadora de extremo de raíz con una altura h3. Los respectivos extremos de raíz de la pala se reciben en los respectivos bastidores de extremo de raíz. Asimismo, los dos primeros bastidores de extremo de punta se apilan uno encima del otro en el lado opuesto para recibir los respectivos extremos de punta de las palas.
- Preferiblemente, las partes de conexión de los bastidores de extremo de raíz y los bastidores de extremo de punta que conectan o fijan la pala en el bastidor pueden estar articuladas al propio bastidor. Esto se puede lograr, por ejemplo para la raíz, conectando una placa a la raíz de la pala que esté conectada de forma articulada al bastidor. De manera similar, esto se puede lograr dejando que un receptáculo de extremo de punta se conecte de manera articulada al bastidor de extremo de punta. Tales realizaciones tienen la ventaja de aliviar las cargas que de otro modo se

introducirían o bien en los bastidores o bien en las palas debido a las deflexiones de las palas o similares durante el transporte.

En otra realización ventajosa, cada bastidor de extremo de raíz es una cuna de extremo de raíz adaptado para ser fijado a una cara de extremo de raíz de una pala de turbina eólica. Esto proporciona una solución particularmente simple, en la que el bastidor o la cuna se pueden fijar, por ejemplo, a una placa de extremo de raíz de la pala y sin tener que soportar el exterior de la pala. Por tanto, los daños externos a la superficie exterior de las palas se pueden evitar más fácilmente. Los bastidores de extremo de punta (con receptáculos) se pueden fijar a las cunas, de modo que el extremo de punta se extienda más allá de la cuna, cuando la pala se inserta en el bastidor de extremo de punta (y receptáculo).

En otra realización ventajosa más, la conexión entre el extremo de raíz y los bastidores de extremo de punta tiene una configuración en forma de L o en forma de T, de modo que una base de la configuración en forma de L o T se une al extremo de raíz de la primera pala de turbina eólica, y una parte (o extremidad) del bastidor que se extiende transversalmente de la configuración en forma de L o T soporta una sección longitudinal del extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica. Ventajosamente, la configuración en forma de L o T está formada de modo que la base sea una cuna de la cara de extremo de raíz unida a la cara de extremo de raíz de la primera pala, y la parte del bastidor que se extiende transversalmente soporta una sección de extremo de punta de la segunda pala.

Ventajosamente, la conexión del bastidor se dispone de modo que la base de la configuración en L o en T esté dispuesta verticalmente. La parte del bastidor que se extiende transversalmente puede disponerse de modo que se extienda desde la parte superior o la parte inferior de la base. En esta configuración, la segunda pala de turbina eólica está dispuesta encima de la primera pala de turbina eólica. Por tanto, la extremidad o la parte del bastidor que se extiende transversalmente puede soportar una parte o bien del lado de succión o bien del lado de presión de la pala en un receptáculo que mira hacia arriba. Alternativamente, la extremidad puede extenderse desde el lado de la base. En tal configuración, las palas están dispuestas lado a lado, y el extremo o la parte del bastidor que se extiende transversalmente puede soportar una parte o bien del borde de ataque o bien del borde de salida de la pala en un receptáculo que mira hacia arriba.

Si las palas están dispuestas de modo que ambas palas estén orientadas con el borde de ataque hacia abajo (en la disposición de lado a lado) o con las partes de la carcasa de barlovento orientadas hacia abajo (en la disposición apilada verticalmente), es evidente que las partes del bastidor que se extienden transversalmente de los dos conjuntos de bastidor deben disponerse inversamente en comparación con el bastidor de base. Por tanto, los dos conjuntos de bastidor tienen configuraciones ligeramente diferentes.

El conjunto de bastidor en forma de L o T tiene la ventaja de que el bastidor que se extiende transversalmente soporta una parte más grande de las secciones de punta, aliviando así mejor las cargas y posiblemente también minimizando el voladizo necesario de la parte de punta que se extiende más allá del bastidor de extremo de raíz.

En una realización, la extensión longitudinal de la parte del bastidor que se extiende transversalmente es de al menos 1 metro, ventajosamente de al menos 1,5 metros, más ventajosamente de al menos 2 metros. La sección longitudinal del extremo de punta de la pala puede estar soportada a lo largo de toda la sección, o puede estar soportada en una pluralidad de secciones discretas dentro de la extremidad del conjunto de bastidor en forma de L o T.

Como alternativa al conjunto de bastidor en forma de L o T, el bastidor de extremo de raíz y el bastidor de extremo de punta pueden disponerse sustancialmente en el mismo plano.

Ventajosamente, una pluralidad de primeras palas de turbina eólica y segundas palas de turbina eólica se colocan en una matriz, y donde las palas de turbina eólica comprenden cada una un hombro que define una cuerda máxima de la pala, y donde las palas están dispuestas de modo que la cuerda máxima forma un ángulo de entre 20 y 75 grados con respecto a un plano horizontal, ventajosamente entre 22 y 73 grados. Aún más ventajosamente, la cuerda máxima forma un ángulo de entre 15 y 35 grados con un plano horizontal, ventajosamente entre 20 y 30 grados. Está claro que este método de apilamiento puede ser ventajoso para cualquier configuración de apilamiento de palas lado a lado con el extremo de raíz y el extremo de punta dispuestos en la misma dirección. En una realización preferida, es el extremo de raíz de la pala el que se gira entre 15 y 35 grados con respecto a un plano horizontal, ventajosamente entre 20 y 30 grados. El ángulo puede definirse, por ejemplo, por líneas de unión entre una parte de la carcasa de barlovento y una parte de la carcasa de sotavento en el extremo de raíz de la pala. En esta configuración, las palas en una matriz apilada se pueden colocar de modo que se superpongan ligeramente con el hombro de una pala que se extiende parcialmente sobre una pala adyacente, de modo que el lado de barlovento de una pala cerca del hombro mire hacia abajo hacia el lado de sotavento cerca del borde de ataque de una pala adyacente. De este modo, es posible apilar las palas en bastidores que tienen un ancho correspondiente al diámetro de la raíz o sólo un poco más grande, aunque la longitud de la cuerda del hombro exceda este diámetro.

En otra realización, se disponen miembros de protección intermedios entre la primera pala de turbina eólica y la segunda pala de turbina eólica. Ventajosamente, los miembros de protección intermedios están dispuestos cerca de los bastidores de extremo de punta para proporcionar un soporte adicional a una sección de extremo de punta de la pala de turbina eólica. Los miembros de protección evitan que las palas se dañen debido a la flexión o el impacto de

las palas entre sí. Los miembros de protección intermedios son particularmente ventajosos cuando las palas se apilan una encima de otra. En tal configuración, los miembros de protección intermedios pueden usarse como soporte para soportar una sección de extremo de punta adicional de una pala y pueden transferir cargas desde el extremo de punta de la pala superior a la región de raíz mecánicamente más fuerte de la pala inferior. Pueden disponerse miembros de protección adicionales debajo de la pala más inferior en una matriz apilada y una plataforma de soporte o el suelo. El miembro de protección adicional está dispuesto ventajosamente para soportar una sección de extremo de punta adicional de la pala más inferior, por ejemplo, cerca del bastidor de extremo de punta de la pala más inferior. Esto es particularmente relevante para la realización donde el espaciado entre palas es bajo, por lo que es particularmente aplicable a las realizaciones para el transporte terrestre y almacenamiento.

Los miembros de protección intermedios pueden estar hechos de un polímero espumado.

En otra realización, una cara de extremo de raíz de la primera pala de turbina eólica está dispuesta dentro de 45 metros de una cara de extremo de raíz de la segunda pala de turbina eólica, ventajosamente dentro de 42 metros. En consecuencia, las cunas o bastidores de extremo de raíz también deben colocarse a un máximo de 45 metros o 42 metros entre sí.

Típicamente, se puede conectar un primer bastidor de extremo de punta, opcionalmente conectado de forma separable, a un bastidor de extremo de raíz, y otro primer bastidor de extremo de punta puede conectarse, opcionalmente conectado de manera separable, a otro bastidor de extremo de raíz.

En una realización ventajosa, los bastidores de extremo de raíz son cunas de extremo de raíz adaptados para ser fijados a una cara de extremo de raíz de una primera pala de turbina eólica y una segunda pala de turbina eólica, respectivamente. Esto proporciona una solución particularmente simple, en la que el bastidor o la cuna se pueden fijar, por ejemplo, a una placa de extremo de raíz de la pala y sin tener que soportar el exterior de la pala. Por tanto, los daños externos a la superficie exterior pueden evitarse más fácilmente. El primer o segundo bastidores de extremo de punta o los bastidores de extremo de punta extensibles (con receptáculos) se pueden unir a las cunas, de modo que el extremo de punta se extienda más allá de la cuna, cuando la pala se inserta en el bastidor de extremo de punta respectivo (y receptáculo).

Típicamente, el extremo de punta de la primera pala de turbina eólica, cuando está dispuesto en su bastidor de extremo de punta, se extiende una primera extensión longitudinal más allá del bastidor de extremo de punta, y el extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica, cuando está dispuesto en su bastidor de extremo de punta, se extiende una segunda extensión longitudinal más allá del bastidor del extremo de punta. En otras palabras, los bastidores de extremo de punta están adaptados para embalar el extremo de punta de una pala de viento a una primera distancia de la punta. Típicamente, las distancias serán aproximadamente las mismas. La primera extensión longitudinal y la segunda extensión longitudinal pueden ser de al menos 2 metros, ventajosamente de al menos 3,5 metros y más ventajosamente de al menos 5 metros. La punta de pala puede incluso extenderse al menos 6, 7 u 8 metros más allá del bastidor del extremo de punta.

En una realización particularmente ventajosa, el sistema modular o el sistema de transporte está adaptado para apilar la primera y la segunda pala de turbina eólica una encima de la otra. Un bastidor de extremo de punta puede, por ejemplo, estar colocado en la parte superior de un bastidor de extremo de raíz, y otro bastidor de extremo de punta está colocado en la parte inferior de otro bastidor de extremo de raíz. En esta configuración, las palas están dispuestas de modo que los planos de la cuerda de los extremos de punta de las palas estén dispuestos de forma sustancialmente horizontal. La configuración puede adaptarse para disponer las palas con una parte de la carcasa de barlovento sustancialmente hacia abajo.

En otra realización, al menos un primer miembro de protección intermedio está dispuesto entre la primera pala de turbina eólica y la segunda pala de turbina eólica. El primer miembro de protección intermedio puede disponerse ventajosamente cerca del extremo de punta de una pala dispuesta más arriba de la primera pala de turbina eólica y la segunda pala de turbina eólica. Además, puede disponerse un segundo miembro de protección debajo de la más baja de las dos palas de turbina eólica. En una matriz apilada, esta pala también será, entonces, un miembro de protección intermedio dispuesto entre dos palas. Además, puede disponerse un miembro de protección debajo de la pala más inferior en la matriz apilada. Los miembros de protección intermedios pueden estar hechos de un polímero espumado.

Está claro que algunas de las soluciones proporcionadas también pueden usarse para otras configuraciones de transporte y almacenamiento de palas, por ejemplo, sin el voladizo de la punta.

Un método típico para transportar o almacenar al menos dos palas de turbina eólica con el sistema modular o el sistema de transporte de la presente invención comprende los pasos de:

a) colocar el extremo de raíz de una primera pala de turbina eólica en un bastidor de extremo de raíz,

b) colocar una sección de extremo de punta de la primera pala de turbina eólica en un bastidor de extremo de punta,

c) colocar el extremo de raíz de la segunda pala de turbina eólica en otro bastidor de extremo de raíz,

d) colocar una sección de extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica en otro bastidor de extremo de punta, donde

- el bastidor de extremo de raíz del paso a) y el bastidor de extremo de punta del paso d) así como el bastidor de extremo de punta del paso b) y el bastidor de extremo de raíz del paso c) están conectados como conjuntos de bastidor en forma de L o en forma de T, de modo que las bases de los conjuntos de bastidor están unidas a los extremos de raíz de la primera y la segunda pala de turbina eólica, y los extremos de los conjuntos de bastidor soportan una sección longitudinal de los extremos de punta de la primera y la segunda palas de turbina eólica.

Ventajosamente, la primera pala de turbina eólica y la segunda pala de turbina eólica están dispuestas de manera que la cuerda máxima de las palas forme ángulos de entre 15 y 35 grados con un plano horizontal, ventajosamente entre 20 y 30 grados, más ventajosamente alrededor de 25 grados.

Está claro que todas las realizaciones descritas con respecto a un aspecto de la invención también se aplican a cualquier otro aspecto de la invención.

Ventajosamente, al proporcionar al bastidor de extremo de punta una altura de base h en la parte superior de la cual se encuentra la cuna de soporte, esto permite que el bastidor de base se apile encima de un bastidor de extremo de raíz anterior, de modo que la altura vertical del bastidor de extremo de raíz y el bastidor de base del bastidor de extremo de punta son sustancialmente iguales al diámetro del extremo de raíz de la pala soportada. La altura del bastidor de base de extremo de punta es obviamente menor que la altura total del bastidor de transporte de extremo de punta h1 o h2.

Preferiblemente, $(0,5 D) < H < (0,9 D)$.

También se proporciona un bastidor de transporte de extremo de raíz para una pala de turbina eólica, teniendo la pala un extremo de punta y un extremo de raíz, teniendo el bastidor de transporte una altura, un ancho y una profundidad, en donde la altura del bastidor de transporte es menor que el diámetro del círculo de pernos de un extremo de raíz de una pala de turbina eólica que va a ser soportada por dicho bastidor de transporte.

Un bastidor de transporte de altura reducida permite una manipulación relativamente más fácil del bastidor de transporte y reduce los costos de transporte y manipulación del bastidor cuando no se utiliza para soportar una pala de turbina eólica.

Preferiblemente, el ancho de dicho bastidor de transporte es igual a o mayor que el diámetro del círculo de pernos de una pala de turbina eólica que va a ser soportada por dicho bastidor de transporte.

Preferiblemente, la profundidad de dicho bastidor de transporte es igual a o mayor que un cuarto del ancho del bastidor de transporte.

Proporcionar un bastidor de transporte con tales dimensiones da como resultado una estructura estable con un centro de masas bajo y que puede soportar una pala de turbina eólica.

Preferiblemente, el bastidor de transporte de extremo de raíz comprende:

un cuerpo de bastidor;

una placa de extremo de raíz acoplada a dicho cuerpo de bastidor, dicha placa de extremo de raíz dispuesta para acoplarse con un extremo de raíz de una pala de turbina eólica,

en donde dicha placa de extremo de raíz está dispuesta para acoplarse con menos de 2/3 del círculo de pernos de un extremo de raíz de una pala de turbina eólica para soportar dicha pala de turbina eólica en dicho bastidor de transporte.

Como la placa de extremo de raíz está diseñada para soportar una pala de turbina eólica acoplando sólo con una porción del extremo de raíz de la pala de turbina eólica, en consecuencia, la altura de la placa de extremo de raíz con respecto al diámetro del círculo de pernos del extremo de raíz de la pala de turbina eólica puede reducirse, lo que da como resultado una altura total reducida del bastidor de transporte de extremo de raíz.

Preferiblemente, dicha placa de extremo de raíz comprende un cuerpo sustancialmente en forma de C dispuesto para acoplarse con una porción del círculo de pernos de un extremo de raíz de una pala de turbina eólica.

También se proporciona un bastidor de transporte de extremo de raíz para una pala de turbina eólica, teniendo la pala un extremo de punta y un extremo de raíz, comprendiendo el bastidor de transporte:

un cuerpo de bastidor; y

una placa de extremo de raíz para acoplar al extremo de raíz de una pala de turbina eólica, en donde dicha placa de extremo de raíz está acoplada de forma articulada a dicho cuerpo de bastidor.

5 Al proporcionar una placa de raíz articulada, se evita que cualesquiera momentos de flexión debidos a la deflexión o flexión de la pala se transfieran al cuerpo del bastidor. Por consiguiente, el cuerpo del bastidor puede ser de una construcción relativamente más ligera, ya que no necesita soportar tales fuerzas relativamente grandes.

Preferiblemente, dicha placa de raíz está acoplada de forma articulada a dicho cuerpo de bastidor a lo largo del eje horizontal.

10 Como el ángulo con la vertical formado por el extremo de raíz de una pala puede depender de factores tales como el centro de gravedad de la pala y las propiedades de flexión de la pala, en consecuencia, la capacidad de la placa de raíz para girar a lo largo del eje horizontal permite que diferentes ángulos del extremo de raíz de la pala para sean acomodados por el bastidor de transporte.

Adicional o alternativamente, dicha placa de raíz está acoplada de forma articulada a dicho cuerpo de bastidor a lo largo del eje vertical.

15 La articulación de la placa de raíz alrededor de la vertical evita daños en el bastidor de transporte debido a problemas de desalineación o manipulación.

Preferiblemente, dicha placa de extremo de raíz está montada en al menos un brazo de cuna, dicho al menos un brazo acoplado a dicho bastidor de transporte mediante una unión articulada.

Preferiblemente, dicho al menos un brazo de cuna comprende un soporte articulado.

20 El uso de una cuna articulada permite mayores grados de libertad de manipulación de la placa de raíz, para recibir y acomodar más fácilmente el extremo de raíz de una pala de turbina eólica en el bastidor de transporte.

Preferiblemente, dicho bastidor de transporte comprende al menos un primer y un segundo brazo de cuna, en donde dicho primer y segundo brazos de cuna están colocados en lados opuestos de un eje longitudinal central teórico de una pala de turbina eólica que va a ser montada en dicha placa de extremo de raíz.

25 Al colocar los brazos de cuna a los dos lados del punto central del extremo de raíz de la pala, la absorción de fuerzas desde el extremo de raíz de la pala se equilibra en el bastidor de transporte.

También se proporciona un primer bastidor de transporte de extremo de punta con una altura h_1 para una pala de turbina eólica, teniendo la pala un extremo de punta y un extremo de raíz, comprendiendo el bastidor de transporte:

un cuerpo de bastidor;

30 una cuna de soporte de extremo de punta para soportar una porción de una pala de turbina eólica hacia el extremo de punta de dicha pala, en donde un primer extremo de dicha cuna de soporte de extremo de punta está acoplado de forma articulada a dicho bastidor de transporte a lo largo del eje horizontal; y

35 en donde se proporciona un labio de soporte de borde de ataque en dicha cuna, dicho labio de soporte de borde de ataque dispuesto para recibir una porción del borde de ataque de una pala de turbina eólica soportada por dicha cuna de soporte, de modo que la pala de turbina eólica se puede mover de forma pivotante alrededor de dicho acoplamiento articulado con respecto a dicho bastidor de transporte mientras se apoya en dicha cuna.

También se proporciona un segundo bastidor de transporte de extremo de punta con una altura h_2 para una pala de turbina eólica, teniendo la pala un extremo de punta y un extremo de raíz, comprendiendo el bastidor de transporte:

un cuerpo de bastidor;

40 una cuna de soporte de extremo de punta para soportar una porción de una pala de turbina eólica hacia el extremo de punta de dicha pala, en donde un primer extremo de dicha cuna de soporte de extremo de punta está acoplado de forma articulada a dicho bastidor de transporte a lo largo del eje horizontal; y

45 en donde se proporciona un labio de soporte de borde de ataque en dicha cuna, dicho labio de soporte de borde de ataque dispuesto para recibir una porción del borde de ataque de una pala de turbina eólica soportada por dicha cuna de soporte, de modo que la pala de turbina eólica se puede mover de forma pivotante alrededor de dicho acoplamiento articulado con respecto a dicho bastidor de transporte mientras se apoya en dicha cuna.

50 Al proporcionar un acoplamiento articulado para la cuna de soporte, una pala de turbina eólica se puede ajustar con relación al cuerpo del bastidor, para permitir el posicionamiento correcto de la turbina eólica en el bastidor de transporte. El labio de soporte del borde de ataque provisto en la cuna permite el apoyo parcial de la pala de turbina eólica, evitando el movimiento no deseado de la pala de turbina eólica durante cualquier pivoteamiento o transporte posterior.

Preferiblemente, un segundo extremo de dicha cuna de soporte puede fijarse de manera liberable a dicho cuerpo de bastidor cuando dicha cuna de soporte se recibe en dicho cuerpo de bastidor.

Preferiblemente, dicha cuna de soporte de extremo de punta comprende una correa flexible que tiene una superficie de soporte provista en dicha correa flexible.

- 5 El uso de una correa flexible como parte de la cuna permite que los ajustes o movimientos menores de una pala de turbina eólica soportada sean absorbidos a través de la torsión o alabeo apropiados de la correa, sin ser transferidos al cuerpo del bastidor relativamente rígido. Por consiguiente, el cuerpo del bastidor puede tener una construcción más ligera en comparación con los sistemas de la técnica anterior.

- 10 Preferiblemente, el primer y / o el segundo bastidor de transporte de extremo de punta comprende además una correa de fijación que se ajusta alrededor de una pala de turbina eólica recibida en dicho bastidor de transporte.

- 15 Preferiblemente, el bastidor de transporte de extremo de punta está dispuesto para colocarse en una ubicación hacia el extremo de punta de una pala de turbina eólica para ser soportado por el sistema de transporte, de manera que un barrido o curvado de la pala de turbina eólica desde la ubicación de dicho bastidor de transporte de extremo de punta hacia el extremo de punta de la pala soportada sea menor que la altura h del bastidor de base del bastidor de transporte de extremo de punta.

El sistema de transporte se utiliza preferiblemente en el transporte de palas que tienen un precurvado Δy y / o palas barridas. En consecuencia, ubicar la bracket de soporte del bastidor de extremo de punta por encima de la superficie horizontal a una altura h permite que dicha pala curvada se apoye en el suelo sin que el extremo de punta de la pala golpee el suelo.

- 20 Preferiblemente, el bastidor de transporte de extremo de punta está dispuesto para colocarse separado del extremo de punta de la pala.

Preferiblemente, una pala de turbina eólica que va a ser soportada por el sistema de transporte tiene una longitud longitudinal L , en la que el primer o segundo bastidor de transporte de extremo de punta está dispuesto para colocarse a una distancia F del extremo de raíz de dicha pala, donde $(0,5 L) < F < (0,95 L)$, preferiblemente $(0,6 L) < F < (0,85 L)$.

- 25 Apoyar la porción de punta de la pala de turbina eólica en tal ubicación en la parte exterior de la pala, espaciada desde el extremo de la punta, proporciona un equilibrio entre el soporte estructural efectivo de la pala, mientras se reduce la distancia entre ejes efectiva mínima o la superficie de apoyo necesaria para soportar el sistema de transporte total.

Se entenderá que cualquiera de las características descritas anteriormente se puede combinar en cualquier realización del sistema de transporte como se describe.

30 Descripción detallada de la invención

La invención se explica en detalle a continuación con referencia a las realizaciones mostradas en los dibujos, en los que

la figura 1 muestra una turbina eólica,

la figura 2 muestra una vista esquemática de una pala de turbina eólica según la invención,

- 35 la figura 3 muestra una vista esquemática de un perfil aerodinámico,

la figura 4 muestra una vista esquemática de la pala de turbina eólica según una realización de la invención, vista desde arriba y desde el lateral,

la figura 5 muestra una realización de un bastidor de transporte de extremo de raíz según una realización de la invención,

- 40 la figura 6 muestra una realización de un bastidor de transporte de extremo de punta según una realización de la invención,

la figura 7 muestra una vista lateral de una disposición de palas de turbina eólica soportadas por una realización de un sistema modular según la invención,

- 45 la figura 8 muestra una vista lateral de una disposición de palas de turbina eólica soportadas por otra realización de un sistema modular según la invención,

la figura 9 muestra una vista lateral de una disposición de palas de turbina eólica soportadas por otra realización de un sistema modular según la invención, y

la figura 10 muestra una vista en sección transversal de una disposición de palas de turbina eólica soportadas por una realización de un sistema de transporte según la invención.

La presente invención se refiere al transporte y almacenamiento de palas de turbina eólica para turbinas eólicas de eje horizontal (HAWT).

La figura 1 ilustra una turbina eólica convencional moderna contra el viento según el denominado "concepto danés" con una torre 4, una góndola 6 y un rotor con un eje de rotor sustancialmente horizontal. El rotor incluye un buje 8 y tres palas 10 que se extienden radialmente desde el buje 8, cada una con una raíz de pala 16 más cercana al buje y una punta de pala 14 más alejada del buje 8. El rotor tiene un radio indicado como R.

La figura 2 muestra una vista esquemática de una primera realización de una pala de turbina eólica 10. La pala de turbina eólica 10 tiene la forma de una pala de turbina eólica convencional y comprende una región de raíz 30 más cercana al buje, una región perfilada o de perfil aerodinámico 34 más alejada del buje y una región de transición 32 entre la región de raíz 30 y la región de perfil aerodinámico 34. La pala 10 comprende un borde de ataque 18 que mira hacia la dirección de rotación de la pala 10, cuando la pala está montada en el buje, y un borde de salida 20 que mira en la dirección opuesta al borde de ataque 18.

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

Un hombro 40 de la pala 10 se define como la posición en la que la pala 10 tiene su mayor longitud de cuerda. El hombro 40 se proporciona típicamente en el límite entre la región 32 de transición y la región de perfil aerodinámico 34.

Cabe señalar que las cuerdas de las diferentes secciones de la pala, típicamente, no se encuentran en un plano común ya que la pala puede estar alabeada y / o curvada (es decir, precurvada), proporcionando así al plano de la cuerda una trayectoria alabeada y / o curvada correspondientemente, siendo este el caso más a menudo para compensar que la velocidad local de la pala sea dependiente del radio desde el buje.

La pala de turbina eólica 10 comprende una carcasa hecha de polímero reforzado con fibra y típicamente se hace como un lado de presión o parte de carcasa a barlovento 24 y un lado de succión o parte de carcasa a sotavento 26 que se pegan entre sí a lo largo de las líneas de unión 28 que se extienden a lo largo del borde de salida 20 y el borde de ataque 18 de la pala 10.

Las figuras 3 y 4 representan parámetros, que se utilizan para explicar la geometría de las palas de turbina eólica a almacenar y transportar según la invención.

La figura 3 muestra una vista esquemática de un perfil aerodinámico 50 de una pala típica de una turbina eólica representada con los diversos parámetros, que se utilizan típicamente para definir la forma geométrica de un perfil aerodinámico. El perfil aerodinámico 50 tiene un lado de presión 52 y un lado de succión 54, que durante el uso, es decir, durante la rotación del rotor, normalmente miran hacia el lado de barlovento (o contra el viento) y el lado de sotavento (o en la dirección del viento), respectivamente. El perfil aerodinámico 50 tiene una cuerda 60 con una longitud de cuerda c que se extiende entre un borde de ataque 56 y un borde de salida 58 de la pala. El perfil aerodinámico 50 tiene un espesor t , que se define como la distancia entre el lado de presión 52 y el lado de succión 54. El espesor t del perfil aerodinámico varía a lo largo de la cuerda 60. La desviación de un perfil simétrico está dada por una línea de curvatura 62, que es una línea media a través del perfil aerodinámico 50. La línea media se puede encontrar dibujando círculos inscritos desde el borde de ataque 56 al borde de salida 58. La línea media sigue los centros de estos círculos inscritos y la desviación o distancia de la cuerda 60 se llama la curvatura f . La asimetría también se puede definir mediante el uso de parámetros denominados extradós (o curvatura del lado de succión) e intradós (o curvatura del lado de presión), que se definen como las distancias desde la cuerda 60 y el lado de succión 54 y el lado de presión 52, respectivamente.

Los perfiles aerodinámicos se caracterizan a menudo por los siguientes parámetros: la longitud de la cuerda c , la curvatura máxima f , la posición d_f de la curvatura máxima f , el espesor máximo del perfil aerodinámico t , que es el diámetro más grande de los círculos inscritos a lo largo de la línea de curvatura media 62, la posición d_t del espesor máximo t , y un radio de punta (no mostrado). Estos parámetros se definen típicamente como relaciones a la longitud de la cuerda c . Por lo tanto, un espesor de pala relativo local t/c se da como la relación entre el espesor máximo local t y la longitud de la cuerda local c . Además, la posición d_p de la curvatura del lado de presión máxima se puede utilizar como parámetro de diseño y, por supuesto, también la posición de la curvatura del lado de succión máxima.

La figura 4 muestra otros parámetros geométricos de la pala. La pala tiene una longitud total de pala. L . Como se muestra en la Fig.3, el extremo de raíz se encuentra en la posición $r = 0$, y el extremo de punta se encuentra en $r = L$. El hombro 40 de la pala se encuentra en una posición $r = L_w$, y tiene un ancho de hombro W , que es igual a la longitud

de la cuerda en el hombro 40. El diámetro de la raíz se define como X. Además, la pala está provista de un precurvado, que se define como Δy , que corresponde a la desviación fuera del plano desde un eje 22 de ángulo de paso de la pala.

5 Con el tiempo, las palas se han vuelto cada vez más largas y ahora pueden superar una longitud de 70 metros. La longitud de las palas así como la forma de las palas con respecto al hombro, alabeo y precurvado dificultan cada vez más el transporte de las palas, en particular si se van a transportar y almacenar juntas una pluralidad de palas. La forma y el tamaño de las palas también imponen limitaciones sobre la proximidad con la que se pueden almacenar las palas en una matriz apilada.

10 Con referencia a la figura 5, una realización de un bastidor de transporte de extremo de raíz según un aspecto de la invención se indica generalmente con 100. El bastidor de transporte de extremo de raíz 100 comprende un cuerpo de bastidor 102 y una placa de extremo de raíz 104 acoplada al cuerpo de bastidor 102. La figura 5 (a) ilustra una vista en perspectiva frontal del bastidor de transporte 100, la figura 5 (b) ilustra una vista en planta de una placa de extremo de raíz 104 del bastidor de transporte, la figura 5 (c) ilustra una vista en perspectiva desde detrás del bastidor de transporte 100 y la figura 5 (d) ilustra una vista en perspectiva desde detrás de la placa de extremo de raíz del bastidor de la figura 5 (c).

El bastidor de transporte 100 está dispuesto para acoplarse con menos de la circunferencia completa de un círculo de pernos de una pala de turbina eólica que va a ser soportada por el bastidor de transporte, ya que esto proporciona varias ventajas en términos de estabilidad y problemas de transporte y manipulación.

20 El bastidor de transporte 100 está diseñado para tener una altura H menor que el diámetro del círculo de pernos del extremo de raíz de una pala de turbina eólica que será soportada por el bastidor de transporte y, preferiblemente, para tener una anchura W mayor que o igual a dicho diámetro del círculo de pernos. La profundidad D_r del bastidor 100 está diseñada para soportar adecuadamente el bastidor 100, siendo preferiblemente al menos un cuarto de la distancia del diámetro del círculo de pernos. Una construcción de este tipo proporciona un centro de masas relativamente bajo del bastidor de transporte 100 y reduce la posibilidad de que el bastidor 100 se vuelque fácilmente, ya sea cuando está soportando un extremo de raíz de una pala de turbina eólica o cuando no está soportando una pala.

La placa de extremo de raíz 104 está acoplada de forma articulada al cuerpo de bastidor 102, a través de un par de brazos de cuna 106 salientes. En la realización de la figura 5, los brazos de cuna 106 están articulados al cuerpo de bastidor 102 alrededor del eje horizontal, pero debe entenderse que puede proporcionarse cualquier unión articulada adecuada y / o pueden proporcionarse cunas articuladas. El uso de una conexión articulada entre la placa de extremo de raíz 104 y el cuerpo de bastidor 102 significa que la placa 104 se puede proporcionar en cualquier ángulo adecuado con la vertical, para adaptarse a cualquier flexión o deflexión del extremo de raíz de la pala de la turbina eólica, sin transferir dichos momentos de flexión al cuerpo de bastidor 102. Como resultado, el cuerpo de bastidor 102 puede ser de una construcción relativamente ligera, ya que no tiene que soportar tales momentos de flexión relativamente grandes desde el extremo de raíz de la pala.

35 Preferiblemente, se proporcionan al menos dos brazos de cuna 106, con los brazos 106 dispuestos para estar espaciados alrededor del punto central del extremo de raíz de una pala soportada por dicho bastidor de transporte 100, de modo que las fuerzas asociadas con dicha pala de turbina eólica se transfieran uniformemente al cuerpo de bastidor de soporte 102.

40 La placa 104 de extremo de raíz está preferiblemente dispuesta para acoplarse con una subsección del círculo de pernos de un extremo de raíz de una pala de turbina eólica, lo que da como resultado una altura reducida de la estructura total del bastidor de transporte 100. La realización de la figura 5 muestra la placa de extremo 104 que tiene una estructura sustancialmente en forma de C, en la que la placa 104 puede operarse para acoplarse con aproximadamente 2/3 del círculo de pernos de un extremo de raíz de una pala de turbina eólica. La forma y el acoplamiento de la placa de extremo de raíz 104 se seleccionan para soportar adecuadamente un extremo de raíz de una pala de turbina eólica, mientras se mantiene al mínimo la altura de la estructura del bastidor de transporte 100.

Se entenderá que puede usarse cualquier otra forma adecuada de placa de extremo de raíz 104, que esté dispuesta para acoplarse con una porción de un círculo de pernos de una pala de turbina eólica, por ejemplo una placa en forma de U, una placa sustancialmente cuadrada, etc.

50 Se entenderá que la placa de extremo de raíz 104 puede estar provista de una pluralidad de aberturas de acoplamiento dispuestas a lo largo de círculos de pernos teóricos separados en la placa de extremo 104, para acomodar el acoplamiento de la placa de extremo de raíz 104 a los extremos de raíz de diferentes palas de turbina eólica que tienen diferentes diámetros de círculo de pernos. Esto permite que el bastidor de transporte de extremo de raíz 100 se use de manera intercambiable con palas de turbina eólica de diferentes dimensiones. Se entenderá además que las aberturas de acoplamiento se pueden conformar para que sean más anchas y / o más largas que las aberturas correspondientes en el círculo de pernos de una pala de turbina eólica, para permitir el ajuste de acoplamiento entre la placa de extremo de raíz 104 y el extremo de raíz de la pala, por ejemplo, en caso de desalineación, ovalización del extremo de raíz, etc.

Con referencia a la figura 6 (a), una realización de un bastidor de transporte de extremo de punta de acuerdo con un aspecto de la invención se indica generalmente en 108. El bastidor de transporte 108 comprende un bastidor de base 110 y una porción de soporte 112 provista en la parte superior del bastidor de base 110. La porción de soporte 112 comprende al menos una cuna de soporte de extremo de punta 114 que está acoplada de forma articulada al bastidor de transporte 108. La cuna de soporte 114 recibe una porción de una pala de turbina eólica (indicada por la sección 116) que va a ser soportada por el bastidor de transporte de extremo de punta 108, en donde la porción de la pala está separada del extremo de punta de la pala.

Con referencia a la figura 6 (b), se muestra una vista a escala ampliada de un ejemplo de una cuna de soporte de extremo de punta 114. La cuna 114 comprende un primer y un segundo extremos 118a, 118b dispuestos para acoplarse con la porción de soporte 112 del bastidor de transporte de extremo de punta 108. La cuna 114 comprende además un material de amortiguación o almohadillado 120 dispuesto para soportar la superficie de una pala de turbina eólica. Se proporciona un labio de soporte del borde de ataque 122 en la cuna 114, que sobresale preferiblemente del material de amortiguación o almohadillado 120. El labio de soporte del borde de ataque 122 está dispuesto para recibir el borde de ataque de una pala de turbina eólica soportada en la cuna 114, para evitar el movimiento de la pala cuando está en la cuna 114.

En uso, un primer extremo 118a de la cuna 114 se puede unir a la porción de soporte 112, con el segundo extremo 118b sobresaliendo libre del bastidor. Una porción 116 de una pala de turbina eólica puede colocarse en la cuna 114 con el borde de ataque de la pala ajustado adyacente a dicho labio 122. La cuna puede entonces ser pivotada con respecto al cuerpo del bastidor de transporte, para colocar la pala dentro del bastidor de transporte. 108, en cuyo punto el segundo extremo 118b de la cuna 114 puede fijarse al bastidor 108. Una correa de soporte secundaria 124 puede colocarse entonces sobre la superficie de la sección de pala 116 opuesta a la cuna 114, y sujetarse a la porción de soporte. 112, para retener de forma segura la pala de turbina eólica dentro del bastidor de transporte 108.

Se entenderá que la cuna de soporte 114 se puede formar a partir de una correa relativamente flexible que tenga un material de amortiguación o almohadillado 120 y un labio 122 de soporte de borde de ataque moldeado sobre la correa.

El bastidor de base 110 del bastidor de transporte de extremo de punta 108 tiene una altura h. Esto asegura que la porción 116 de la pala de la turbina eólica esté soportada a una distancia h del suelo o de la superficie subyacente. Con referencia a la Fig.13, esta configuración de un sistema de transporte para una pala de turbina eólica proporciona ventajas adicionales cuando se utiliza para el transporte o almacenamiento de palas de turbina eólica precurvadas, donde las palas de turbina eólica se fabrican para tener una curva o alabeo en una en dirección sustancialmente contra el viento, como se describe en el documento de patente europea nº EP1019631.

La figura 7 es una vista lateral esquemática de una primera realización de un sistema modular 200 según la presente invención. El sistema modular comprende dos bastidores de transporte de extremo de raíz 171, 271, que tienen cada uno una altura H, dos primeros bastidores de transporte de extremo de punta 172, 272, que tienen cada uno una altura h1, y dos segundos bastidores de transporte de extremo de punta 372, 472, que tienen cada uno una altura h2 superior a h1. En la figura 7 (a), el primer bastidor de transporte de extremo de punta 172 está colocado en la parte superior del bastidor de transporte de extremo de raíz 171 en un extremo, y el bastidor de transporte de extremo de raíz 271 está colocado en la parte superior del otro bastidor de transporte de extremo de punta 272 en el extremo opuesto. En consecuencia, dos palas de turbina eólica 10 se apilan verticalmente en una disposición de extremo de raíz a extremo de punta, cada una de las cuales está soportada por un bastidor de transporte de extremo de raíz y un bastidor de transporte de extremo de punta. Dos segundos bastidores de transporte de extremo de punta 372, 472 también forman parte del sistema modular de esta realización, pero no se muestran en uso en la figura 7 (a).

La figura 7 (b) muestra el mismo sistema modular 200 que en la figura 7 (a), sin embargo, aquí se utilizan los segundos bastidores de transporte de extremo de punta 372, 472 en lugar de los primeros bastidores de transporte de extremo de punta 172, 272 para aumentar el —espaciado entre palas durante el transporte.

La configuración con menor espaciado entre palas se puede utilizar, por ejemplo, durante el transporte terrestre o el almacenamiento. Además, se pueden disponer medios de soporte intermedios (no mostrados) entre las palas para proporcionar un efecto de amortiguación y proteger las palas. La configuración con mayor separación entre palas puede, por ejemplo, utilizarse para el transporte marítimo, donde el sistema de bastidor y las palas pueden estar sujetos a turbulencias del mar.

La figura 8 es una vista lateral esquemática de otra realización del sistema modular 200 según la presente invención. El sistema modular comprende dos bastidores de transporte de extremo de raíz 171, 271, que tienen cada uno una altura H, dos primeros bastidores de transporte de extremo de punta 172, 272, que tienen cada uno una altura h1, y dos piezas de extensión de extremo de punta 201, 202. En la figura 8 (a), el primer bastidor de transporte de extremo de punta 172 está colocado en la parte superior del bastidor de transporte de extremo de raíz 171 en un extremo, mientras que el bastidor de transporte de extremo de raíz 271 está colocado en la parte superior del otro bastidor de transporte de extremo de punta 272 en el extremo opuesto. En la Fig. 8 (a), las piezas de extensión de extremo de punta no se utilizan. Por el contrario, en la figura 8 (b), la pieza de extensión 201 está colocada debajo del primer bastidor de transporte de extremo de punta 172, y la pieza de extensión 202 está colocada debajo del primer bastidor

de transporte de extremo de punta 272 para aumentar el espaciado entre palas en comparación con la disposición de la Fig. 8 (a).

Si bien el sistema modular 200 se ha descrito como un sistema en donde una pieza de extensión 201, 202 se coloca en el bastidor de transporte de extremo de punta 172, 272, también se reconoce que se puede lograr un efecto técnico similar proporcionando un bastidor de extremo de punta que tiene una pieza de extensión extraíble. Esto se ilustra en las figuras 8c y 8d, donde la figura 8c muestra un bastidor de transporte de extremo de punta 172 y una pieza de extensión extraíble o pieza distanciadora 201 (correspondiente al transporte o almacenamiento mostrado en la figura 8b), mientras que la figura 8d muestra el bastidor de transporte de extremo de punta 172 con la pieza de extensión extraíble 201 retirada (correspondiente al transporte o almacenamiento mostrado en la figura 8a). La pieza de extensión extraíble 201 puede tener, por ejemplo, una altura de 20 a 40 cm.

La figura 9 es una vista lateral esquemática de otra realización más del sistema modular 200 según la presente invención. Una vez más, el sistema modular 200 comprende dos bastidores de transporte de extremo de raíz 171, 271, que tienen cada uno una altura H, dos primeros bastidores de transporte de extremo de punta 172, 272, que tienen cada uno una altura h1, y dos piezas de extensión de extremo de punta 201, 202. En la figura 9 (a), el primer bastidor de transporte de extremo de punta 172 está colocado en la parte superior del bastidor de transporte de extremo de raíz 171 en un extremo, mientras que el bastidor de transporte de extremo de raíz 271 está colocado en la parte superior del otro bastidor de transporte de extremo de punta 272 en el extremo opuesto. También se muestra en la figura 9 (a) una pieza de extensión de extremo de raíz 203 que tiene una altura h3. En la figura 9 (b), la pieza de extensión de extremo de raíz se inserta en la pila colocándola entre los dos bastidores de transporte de extremo de raíz 171, 271 apilados verticalmente. Esto permite una disposición espacial alternativa en la que las palas 10 ahora se pueden apilar en una manera de extremo de raíz a extremo de raíz, reduciendo así la longitud total de la pila y minimizando simultáneamente el espaciado entre palas.

La figura 10 es una vista en sección transversal de un sistema de transporte 300 según la presente invención. El sistema de transporte 300 comprende dos bastidores de transporte de extremo de raíz 171, 271, que tienen, cada uno, una altura H y dos bastidores de transporte de extremo de punta extensibles 572, 672. Los bastidores de transporte soportan dos palas de turbina eólica 10 en una pila vertical de extremo de raíz a extremo de punta. Cada bastidor de transporte de extremo de punta extensible 572, 672 contiene una pata 204, 205 roscada que se recibe en el orificio, o un dispositivo con una rosca interna, coincidente dentro del bastidor de transporte respectivo. En la figura 10 (a), las patas 204, 205 se muestran en una posición retraída para reducir el espaciado entre palas. En la figura 10 (b), las patas 204, 205 se muestran en una posición extendida para aumentar la altura total de los bastidores de transporte de extremo de punta 572, 672, aumentando así el espaciado entre palas, por ejemplo, para transporte marítimo.

La invención se ha descrito con referencia a realizaciones preferidas. Sin embargo, el alcance de la invención no se limita a las realizaciones ilustradas, y se pueden realizar alteraciones y modificaciones sin desviarse del alcance de la invención que se define por las siguientes reivindicaciones.

La invención no se limita a las realizaciones descritas en esta memoria y puede modificarse o adaptarse sin apartarse del alcance de la presente invención.

Lista de números de referencia

2	turbina eólica
4	torre
6	góndola
8	buje
10	pala
14	punta de la pala
15	sección de extremo de punta
16	raíz de la pala
17	cara del extremo de raíz
18	borde de ataque
20	borde de salida
22	eje de ángulo de paso

	24	parte de la carcasa del lado de presión / parte de la carcasa de barlovento
	26	parte de la carcasa del lado de succión / parte de la carcasa de sotavento
	28	líneas de unión
	29	horizontal
5	30	región de raíz
	32	región de transición
	34	región de perfil aerodinámico
	50	perfil aerodinámico
	52	lado de presión / lado de barlovento
10	54	lado de succión / lado de sotavento
	56	borde de ataque
	58	borde de salida
	60	cuerda
	62	línea de curvatura / línea media
15	100	bastidor de transporte de extremo de raíz
	102	cuerpo del bastidor
	104	placa de extremo de raíz
	106	brazos de cuna
	108	bastidor de transporte de extremo de punta
20	110	bastidor de base
	112	porción de soporte
	114	cuna de soporte
	116	porción de pala de turbina eólica
	118	extremo de la cuna de soporte
25	120	material de soporte almohadillado
	122	labio de soporte del borde de ataque
	124	correa de retención
	171	bastidor de transporte de extremo de raíz
	172	primer bastidor de transporte de extremo de punta
30	200	sistema modular
	201	pieza de extensión de extremo de punta
	202	pieza de extensión de extremo de punta
	203	pieza de extensión de extremo de raíz
	204	pata roscada
35	205	pata roscada
	271	bastidor de transporte de extremo de raíz
	272	primer bastidor de transporte de extremo de punta

	300	sistema de transporte
	372	segundo bastidor de transporte de extremo de punta
	472	segundo bastidor de transporte de extremo de punta
	572	bastidor de transporte de extremo de punta extensible
5	672	bastidor de transporte de extremo de punta extensible
	c	longitud de la cuerda
	d_t	posición de máximo espesor
	d_f	posición de curvatura máxima
	d_p	posición de curvatura del lado de presión máxima
10	f	curvatura
	L	longitud de la pala
	r	radio local, distancia radial desde la raíz de la pala
	t	espesor
	D	diámetro de la raíz de la pala
15	Δy	precurvado
	H	altura del bastidor de transporte de extremo de raíz
	W	anchura del bastidor de transporte de extremo de raíz
	D_f	profundidad del bastidor de transporte de extremo de raíz
	h	altura del bastidor de base de extremo de punta
20	h_1	altura del primer bastidor de transporte de extremo de punta
	h_2	altura del segundo bastidor de transporte de extremo de punta
	h_3	altura de la pieza distanciadora de extremo de raíz

REIVINDICACIONES

1. Un sistema modular (200) para transportar palas de turbina eólica en al menos dos disposiciones espaciales diferentes, teniendo cada pala un extremo de punta y un extremo de raíz, teniendo además cada pala un diámetro de círculo de pernos D en dicho extremo de raíz, comprendiendo el sistema:

5 dos o más bastidores de transporte de extremo de raíz (171) que tienen, cada uno, una altura H para soportar un extremo de raíz de una pala de turbina eólica, en la que $H < D$;

dos o más primeros bastidores de transporte de extremo de punta (172), que tienen, cada uno, una altura h1 para soportar una porción de una pala de turbina eólica hacia el extremo de punta de dicha pala, comprendiendo cada primer bastidor de transporte de extremo de punta un bastidor de base (110) y una cuna de soporte (114) dispuesta
10 en la parte superior de dicho bastidor de base para recibir una porción de una pala de turbina eólica;

en donde cada primer bastidor de transporte de extremo de punta (172) se puede apilar encima de un bastidor de transporte de extremo de raíz (171) y viceversa, de modo que el sistema modular (200) se puede operar para apilar sucesivas palas de turbina eólica en una disposición alterna de extremo de raíz a extremo de punta;

caracterizado por que el sistema modular (200) comprende, además, al menos una de las partes (i), (ii) y (iii):

15 (i) dos o más segundos bastidores de transporte de extremo de punta (372) que tienen, cada uno, una altura h2 superior a h1 para soportar una porción de una pala de turbina eólica hacia el extremo de punta de dicha pala, comprendiendo cada segundo bastidor de transporte de extremo de punta (372) un bastidor de base (110) y una cuna de soporte (114) provista en la parte superior de dicho bastidor de base para recibir una porción de una pala de turbina eólica; en donde cada segundo bastidor de transporte de extremo de punta (372) se puede apilar en la
20 parte superior de un bastidor de transporte de extremo de raíz (171) y viceversa para reemplazar los primeros bastidores de transporte de extremo de punta, de modo que el sistema modular se puede operar para apilar sucesivas palas de turbina eólica en una disposición alterna de extremo de raíz a extremo de punta con dos espaciados entre palas alternativos resultantes del uso respectivo del primer o del segundo bastidor de transporte de extremo de punta;

25 (ii) dos o más piezas distanciadoras de extremo de punta (201, 202), cada una de las cuales se puede colocar encima o debajo de un primer bastidor de transporte de extremo de punta, en donde el primer bastidor de transporte de extremo de punta y la pieza distanciadora de extremo de punta colocada se pueden apilar en la parte superior del bastidor de transporte de extremo de raíz y viceversa, de manera que el sistema modular se puede operar para apilar sucesivas palas de turbina eólica en una disposición alterna de extremo de raíz a extremo de punta con dos
30 espaciados entre palas alternativos resultantes del uso respectivo de los primeros bastidores de transporte de extremo de punta o bien con o bien sin las piezas distanciadoras de extremo de punta; y

(iii) al menos una pieza distanciadora de extremo de raíz (203) que tiene una altura h3 y se puede colocar entre dos bastidores de transporte de extremo de raíz apilados verticalmente, en donde $(H + h3) \geq D$, de modo que el sistema modular se puede operar para apilar palas de turbina eólica sucesivas en una disposición de extremo de raíz a extremo de raíz como alternativa a la disposición de extremo de raíz a extremo de punta apilando dos o más
35 bastidores de transporte de extremo de punta primero o segundo en un extremo y dos o más bastidores de transporte de extremo de raíz con piezas distanciadoras de extremo de raíz interpuestas en el extremo opuesto.

2. El sistema modular (200) de la reivindicación 1,

- en donde h1 es menos de 0,9 veces h2, y / o

40 - en donde $(H + h3)$ es al menos 1,05 veces D, y / o

- en donde $(0,5 D) < H < (0,9 D)$, preferiblemente $(0,5 D) < H < (0,75 D)$.

3. El sistema modular (200) de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde cada bastidor de transporte de extremo de raíz tiene una altura, un ancho y una profundidad, en donde el ancho de dicho bastidor de transporte de extremo de raíz es igual a o mayor que el diámetro del círculo de pernos de una pala de turbina eólica para ser
45 soportada por dicho bastidor de transporte de extremo de raíz.

4. El sistema modular (200) de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde cada bastidor de transporte de extremo de raíz tiene una altura, un ancho y una profundidad, en donde la profundidad de dicho bastidor de transporte de extremo de raíz es igual a o mayor que un cuarto del ancho del bastidor de transporte de extremo de raíz.

50 5. El sistema modular (200) de cualquier reivindicación precedente, en donde cada bastidor de transporte de extremo de raíz comprende:

un cuerpo de bastidor; y

una placa de extremo de raíz acoplada a dicho cuerpo de bastidor, dicha placa de extremo de raíz dispuesta para acoplarse con un extremo de raíz de una pala de turbina eólica,

5 en donde dicha placa de extremo de raíz está dispuesta para acoplarse con menos de $2/3$ del círculo de pernos de un extremo de raíz de una pala de turbina eólica para soportar dicha pala de turbina eólica en dicho bastidor de transporte de extremo de raíz,

en donde dicha placa de extremo de raíz comprende un cuerpo sustancialmente en forma de C dispuesto para acoplarse con una porción del círculo de pernos de un extremo de raíz de una pala de turbina eólica.

6. El sistema modular (200) de cualquier reivindicación precedente, en donde cada bastidor de transporte de extremo de raíz comprende:

10 un cuerpo de bastidor; y

una placa de extremo de raíz para acoplar al extremo de raíz de una pala de turbina eólica, en la que dicha placa de extremo de raíz está acoplada de forma articulada a dicho cuerpo de bastidor,

- en donde dicha placa de extremo de raíz está acoplada de forma articulada al cuerpo del bastidor de dicho bastidor de transporte de extremo de raíz a lo largo del eje horizontal, y / o

15 - en donde dicha placa de extremo de raíz está acoplada de forma articulada al cuerpo del bastidor de dicho bastidor de transporte de extremo de raíz a lo largo del eje vertical, y / o

- en donde dicha placa de extremo de raíz está montada en al menos un brazo de cuna, dicho al menos un brazo acoplado a dicho bastidor de transporte de extremo de raíz a través de una unión articulada.

20 7. El sistema modular (200) de la reivindicación 6, en donde dicho al menos un brazo de cuna comprende una cuna articulada,

en donde dicho bastidor de transporte de extremo de raíz comprende al menos un primer y un segundo brazo de cuna, en donde dichos brazos de cuna primero y segundo están colocados en lados opuestos de un eje longitudinal central teórico de una pala de turbina eólica que va a ser montada en dicha placa de extremo de raíz.

25 8. El sistema modular (200) de cualquier reivindicación precedente, en donde dichos bastidores de transporte de extremo de punta primero y segundo comprenden cada uno:

un cuerpo de bastidor;

al menos una cuna de soporte de extremo de punta para soportar una porción de una pala de turbina eólica hacia el extremo de punta de dicha pala, en donde un primer extremo de dicha cuna de soporte de extremo de punta está acoplado de forma articulada a dicho bastidor de transporte de extremo de punta a lo largo del eje horizontal; y

30 en donde se proporciona un labio de soporte del borde de ataque en dicha cuna, dicho labio de soporte del borde de ataque dispuesto para recibir una porción del borde de ataque de una pala de turbina eólica soportada por dicha cuna de soporte, de modo que la pala de turbina eólica se puede mover de forma pivotante alrededor de dicho acoplamiento articulado con respecto a dicho bastidor de transporte de extremo de punta mientras se apoya en dicha cuna,

35 - en donde un segundo extremo de dicha cuna de soporte puede fijarse de manera liberable a los respectivos cuerpos de bastidor de dichos bastidores de transporte de extremo de punta primero y segundo cuando dicha cuna de soporte se recibe en dicho cuerpo de bastidor, y / o

- en donde dicha cuna de soporte de extremo de punta comprende una correa flexible que tiene una superficie de soporte proporcionada en dicha correa flexible, y / o

40 - en donde los bastidores de transporte de extremo de punta primero y segundo comprenden, además, una correa de fijación para ajustarse alrededor de una pala de turbina eólica recibida en dicho bastidor de transporte de extremo de punta.

45 9. El sistema modular (200) de cualquier reivindicación precedente, en donde dichos bastidores de transporte de extremo de punta primero y segundo están dispuestos para colocarse en una ubicación hacia el extremo de punta de una pala de turbina eólica que va a ser soportada por el sistema modular, de manera que un barrido o curvado de la pala de turbina eólica desde la ubicación de dicho bastidor de transporte de extremo de punta hasta el extremo de punta de la pala soportada es menor que las alturas respectivas del bastidor de base de los bastidores de transporte de extremo de punta primero y segundo.

50 10. El sistema modular (200) de cualquier reivindicación precedente, en donde una pala de turbina eólica que va a ser soportada por el sistema modular tiene una longitud longitudinal L, y en donde los bastidores de transporte de extremo

de punta primero y segundo están dispuestos para colocarse a una distancia F desde el extremo de raíz de dicha pala, en donde $(0,5 L) < F < (0,95 L)$, preferiblemente $(0,6 L) < F < (0,85 L)$.

11. Uso del sistema modular (200) de cualquiera de las reivindicaciones precedentes para proporcionar una disposición espacial adecuada de al menos dos palas de turbina eólica para su transporte, teniendo cada pala un extremo de punta y un extremo de raíz, seleccionando entre:

a) una pila alterna de extremo de raíz a extremo de punta con un primer espaciado entre palas utilizando al menos dos bastidores de transporte de extremo de raíz y al menos dos primeros bastidores de transporte de extremo de punta, de modo que el extremo de punta de la primera pala de turbina eólica apunte en una primera dirección y el extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica apunte en la dirección opuesta;

b) una pila alterna de extremo de raíz a extremo de punta con un segundo espaciado entre palas que excede al primer espaciado entre palas utilizando al menos dos bastidores de transporte de extremo de raíz y al menos dos segundos bastidores de transporte de extremo de punta, de modo que el extremo de punta de la primera pala de turbina eólica apunte en una primera dirección y el extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica apunte en la dirección opuesta;

c) una pila alterna de extremo de raíz a extremo de punta utilizando al menos dos bastidores de transporte de extremo de raíz y al menos dos primeros bastidores de transporte de extremo de punta, en donde una pieza distanciadora de extremo de punta se coloca en la parte superior o debajo de cada bastidor de transporte de extremo de punta, de modo que el extremo de punta de la primera pala de turbina eólica apunte en una primera dirección y el extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica apunte en la dirección opuesta;

d) una pila de extremo de raíz a extremo de raíz utilizando al menos dos bastidores de transporte de extremo de raíz y al menos dos bastidores de transporte de extremo de punta primero o segundo, en donde una pieza distanciadora de extremo de raíz se coloca entre dos bastidores de transporte de extremo de raíz apilados verticalmente, de modo que el extremo de punta de la primera pala de turbina eólica apunte en la misma dirección que el extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica.

12. Uso según la reivindicación 11, en donde el primer espaciado entre palas es menos de 0,9 veces el segundo espaciado entre palas.

13. Un sistema de transporte (300) para transportar palas de turbina eólica en al menos dos disposiciones espaciales diferentes, teniendo cada pala un extremo de punta y un extremo de raíz, teniendo cada pala, además, un diámetro de círculo de pernos D en dicho extremo de raíz, comprendiendo el sistema:

dos o más bastidores de transporte de extremo de raíz (171, 271), que tienen, cada uno, una altura H para soportar un extremo de raíz de una pala de turbina eólica, en la que $H < D$;

dos o más bastidores de transporte de extremo de punta extensibles (572, 672) para soportar una porción de una pala de turbina eólica hacia el extremo de punta de dicha pala, comprendiendo cada bastidor de transporte de extremo de punta extensible un bastidor de base (110), al menos unos medios de extensión vertical (204, 205) para extender la altura del bastidor de transporte de extremo de punta y una cuna de soporte provisto en la parte superior de dicho bastidor de base para recibir una parte de una pala de turbina eólica;

caracterizado por que cada bastidor de transporte de extremo de punta extensible (572, 672) se puede apilar sobre un bastidor de transporte de extremo de raíz y viceversa, de modo que el sistema modular se puede operar para apilar palas de turbina eólica sucesivas en una disposición alterna de extremo de raíz a extremo de punta con al menos dos espaciados entre palas alternativos creados variando la altura de los bastidores de transporte de extremo de punta extensibles a través de los medios de extensión vertical (204, 205).

14. El sistema de transporte (300) de la reivindicación 13, en donde los medios de extensión vertical (204, 205) son adecuados para extender la altura del bastidor de transporte de extremo de punta sin escalones.

15. El sistema de transporte (300) de las reivindicaciones 13 o 14, en donde los medios de extensión vertical (204, 205) consisten en una o más patas roscadas adecuadas para el ajuste continuo de la altura y alojadas, al menos parcialmente, en el bastidor de base del bastidor de transporte de extremo de punta extensible.

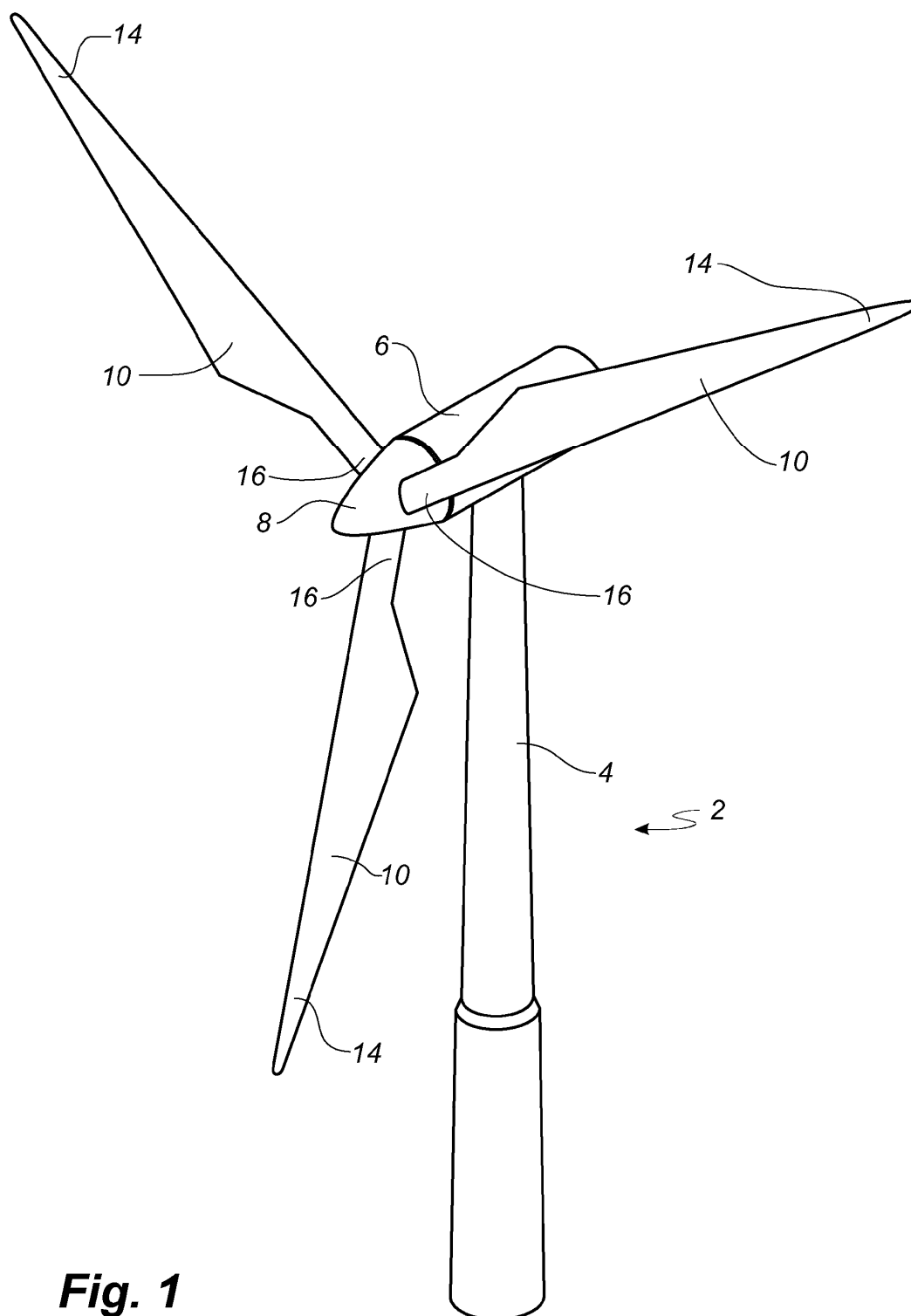


Fig. 1

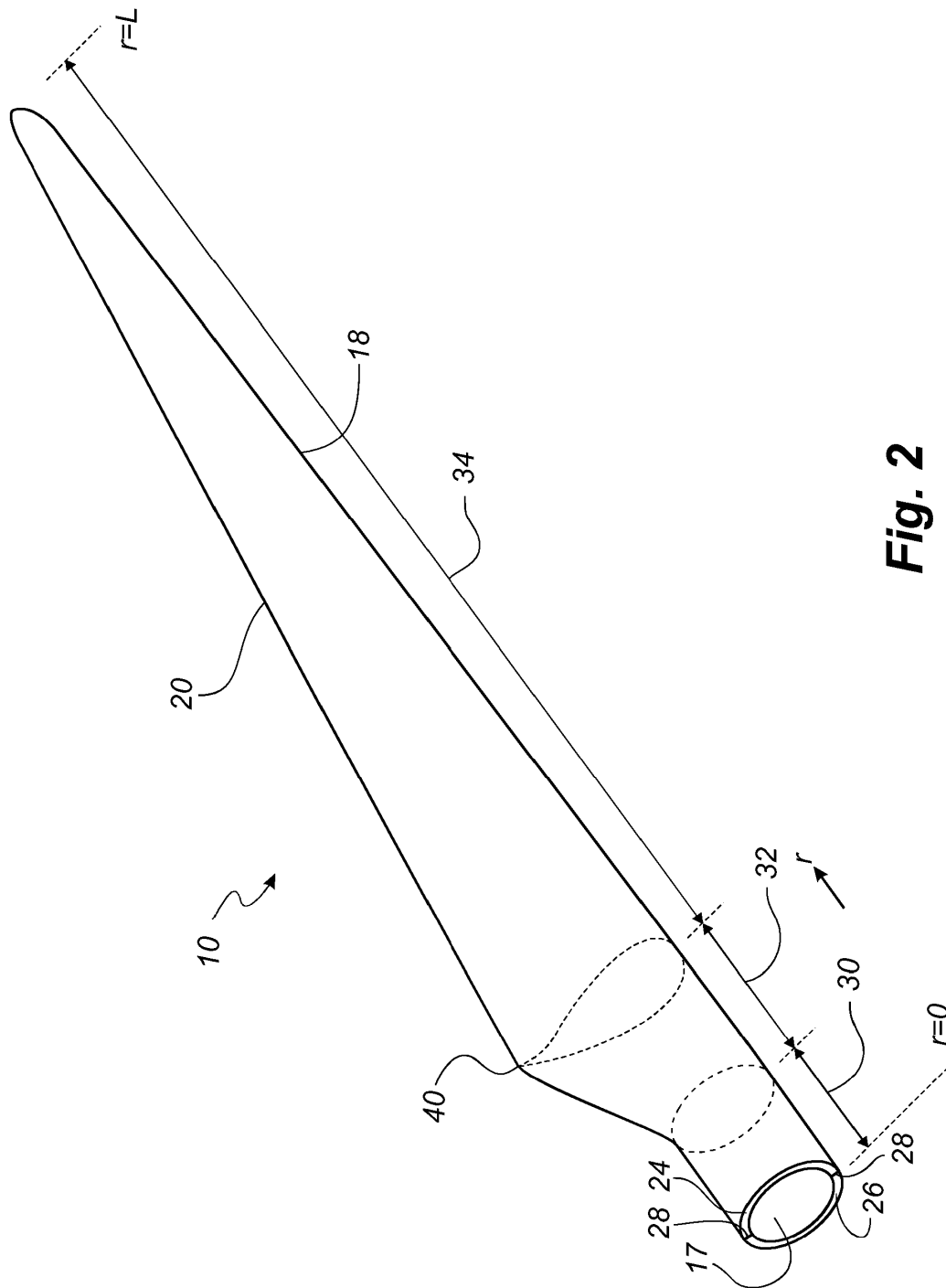


Fig. 2

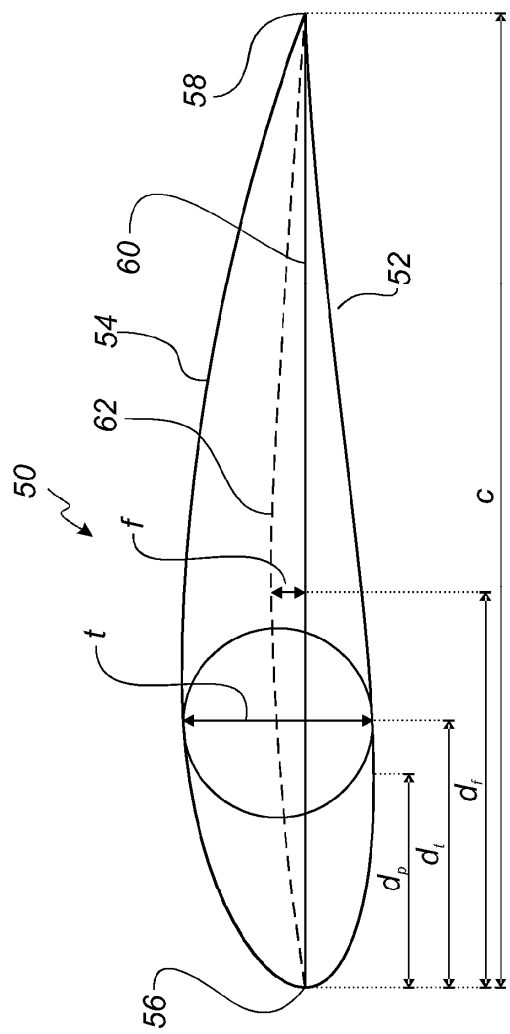


Fig. 3

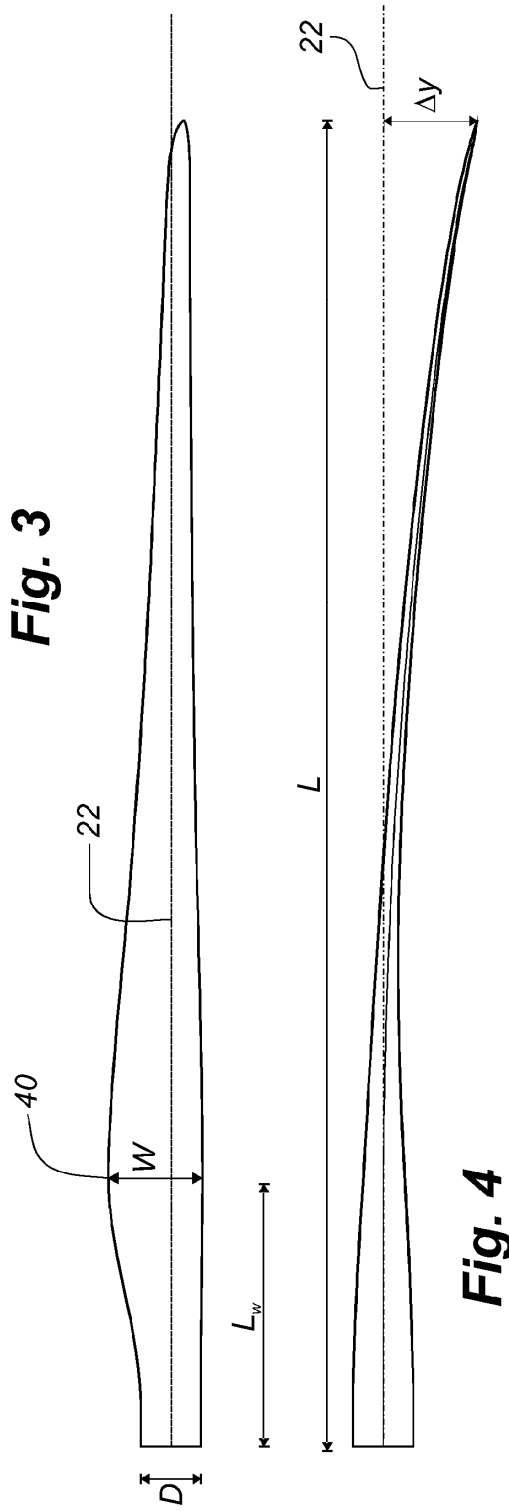


Fig. 4

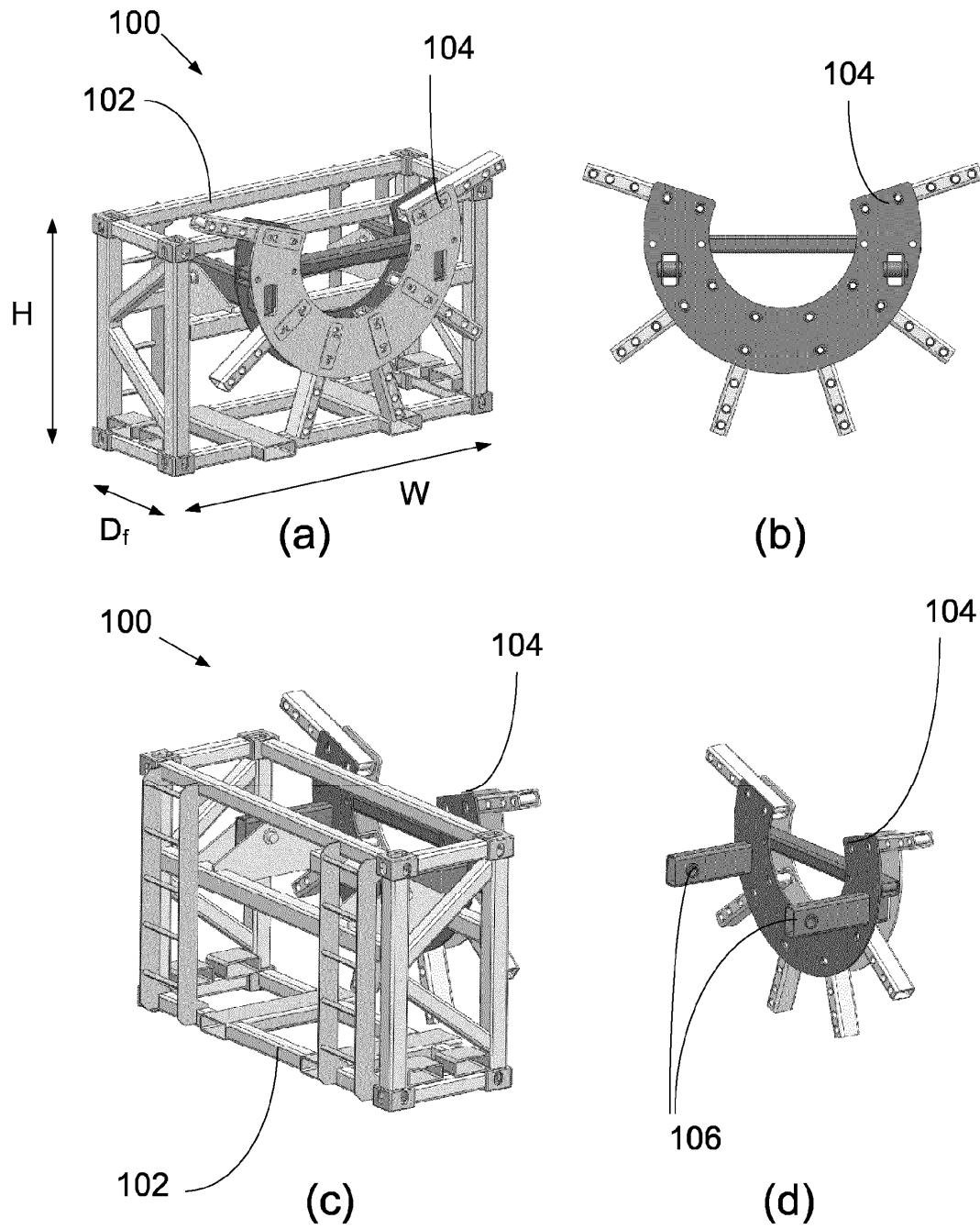


Fig. 5

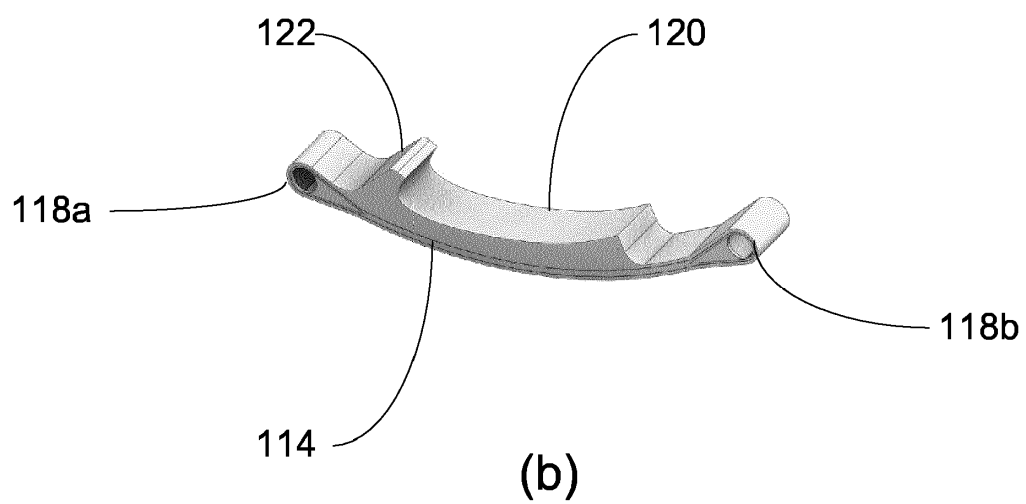
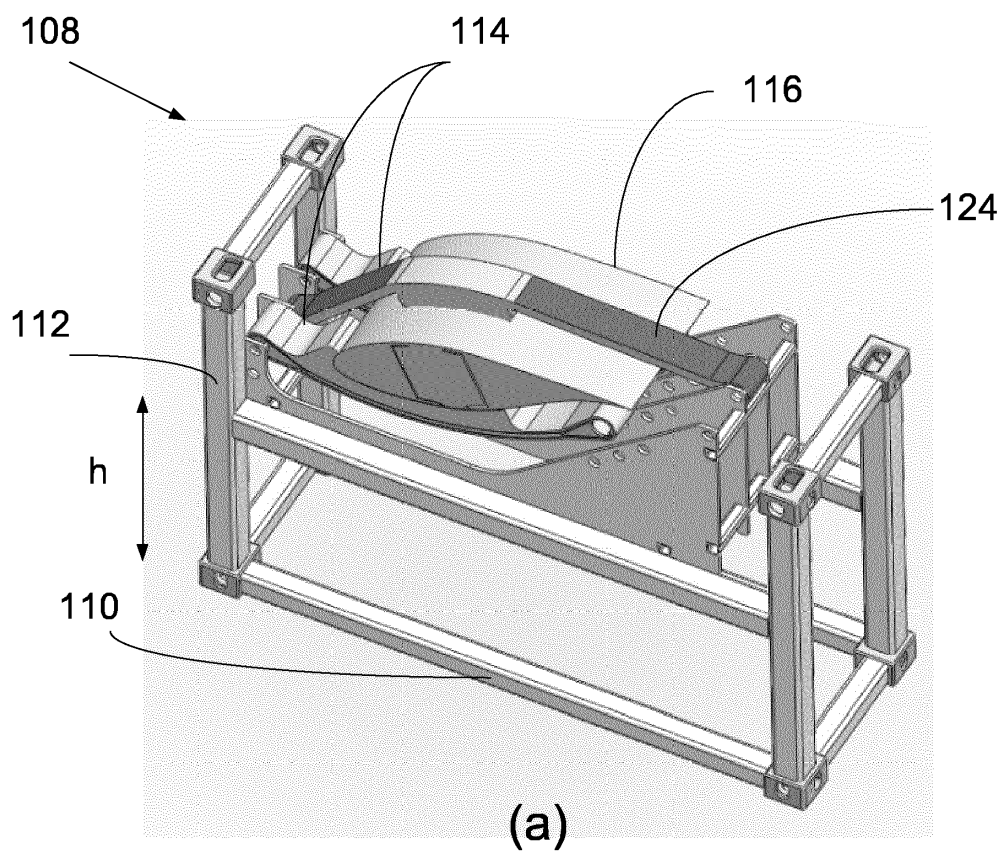


Fig. 6

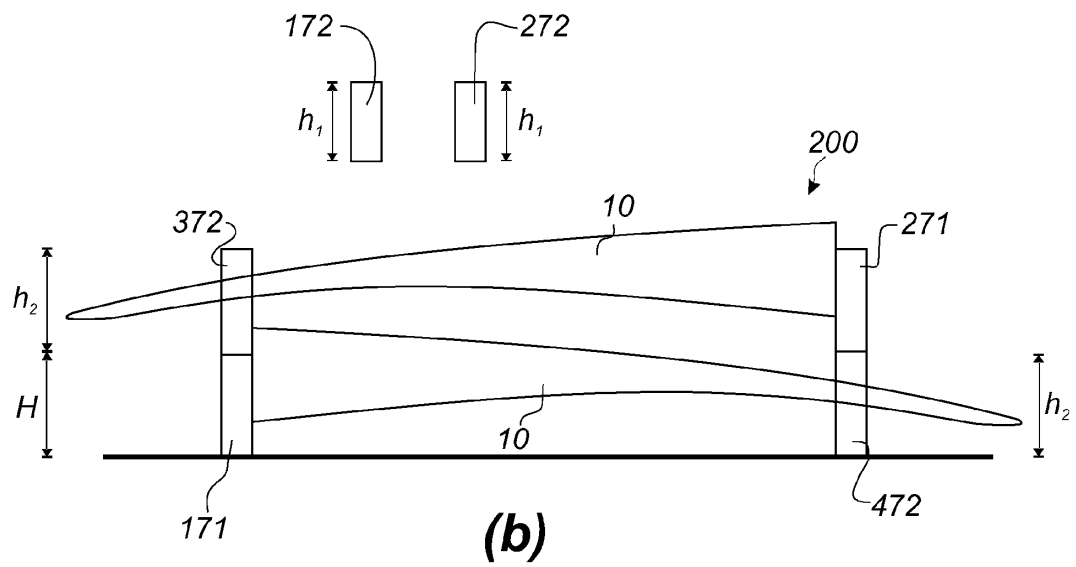
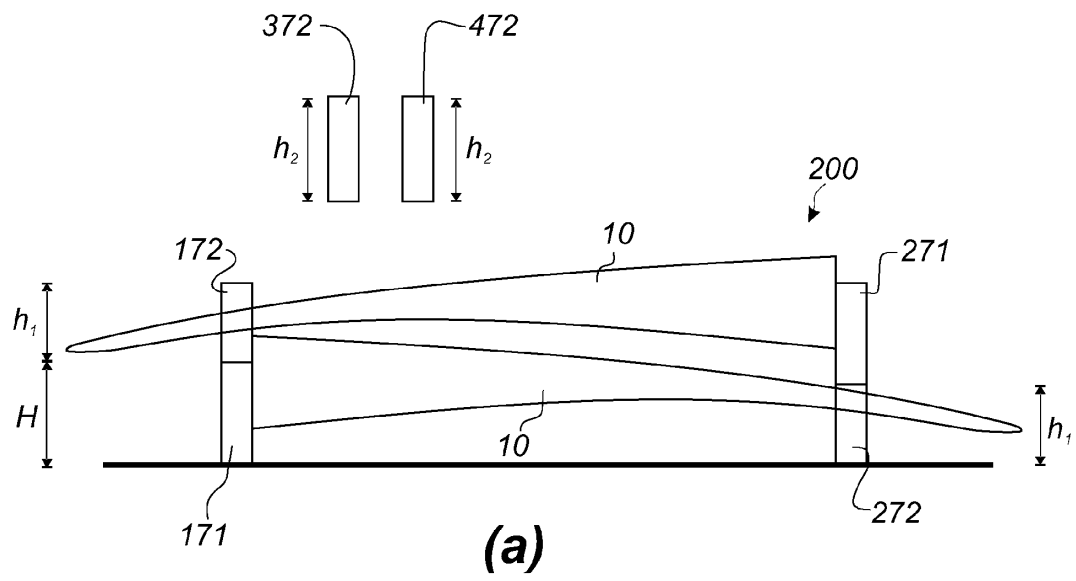


Fig. 7

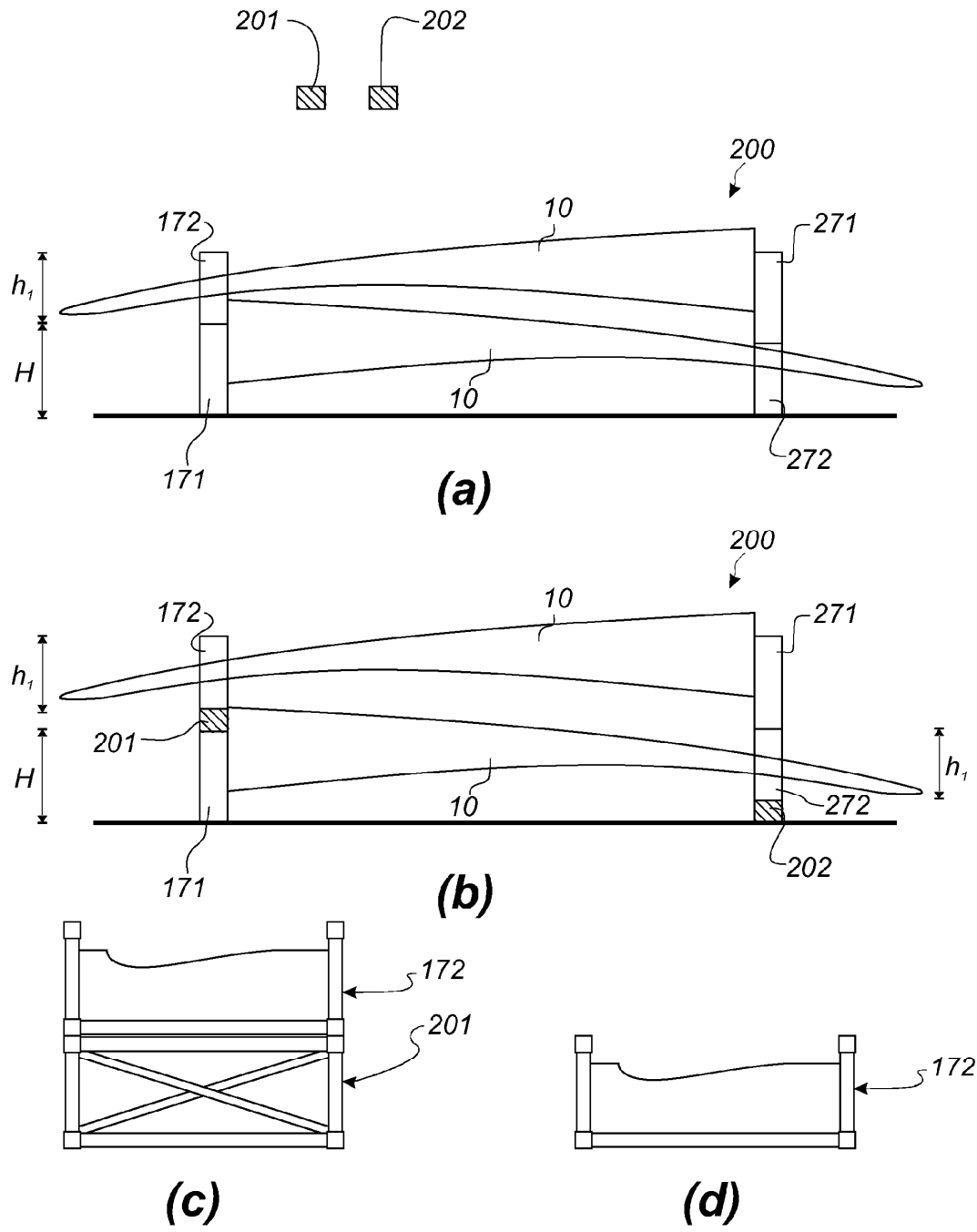


Fig. 8

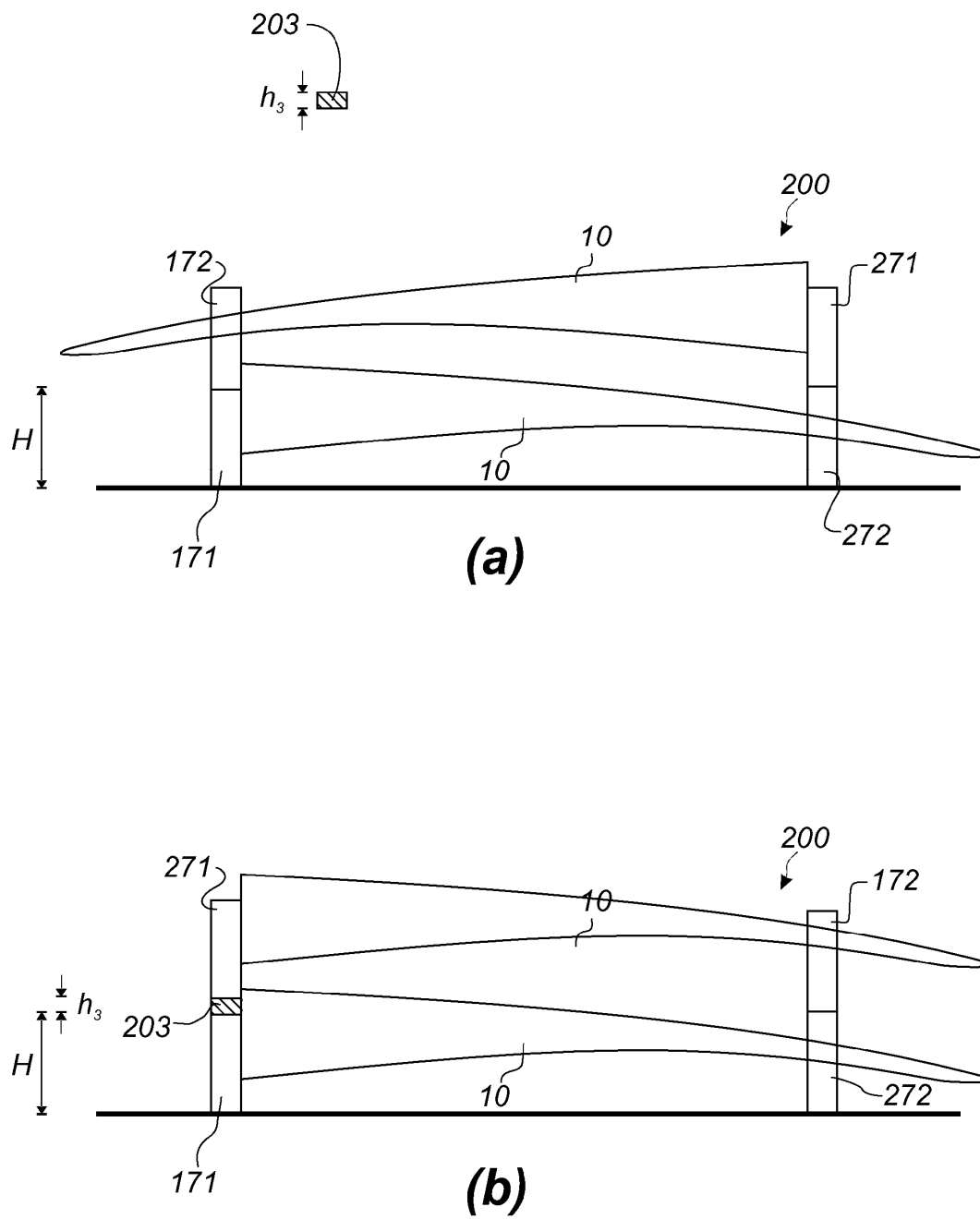


Fig. 9

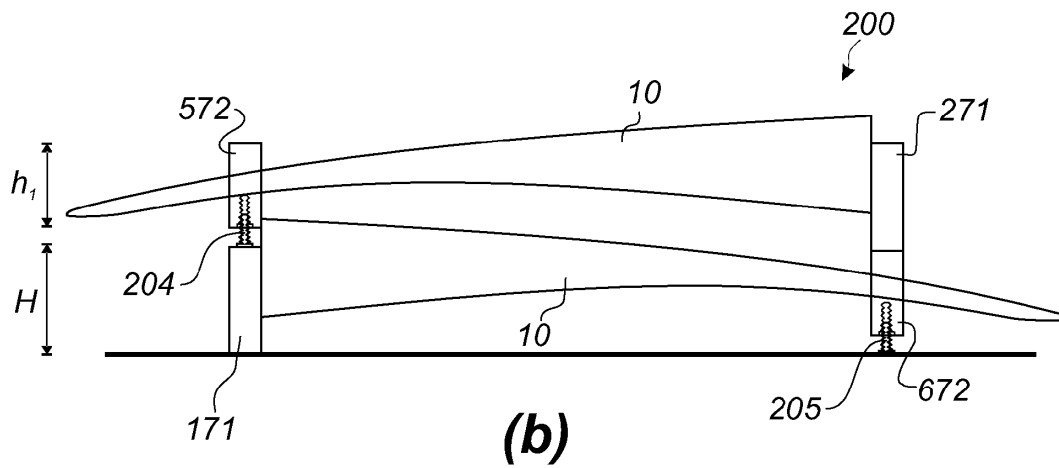
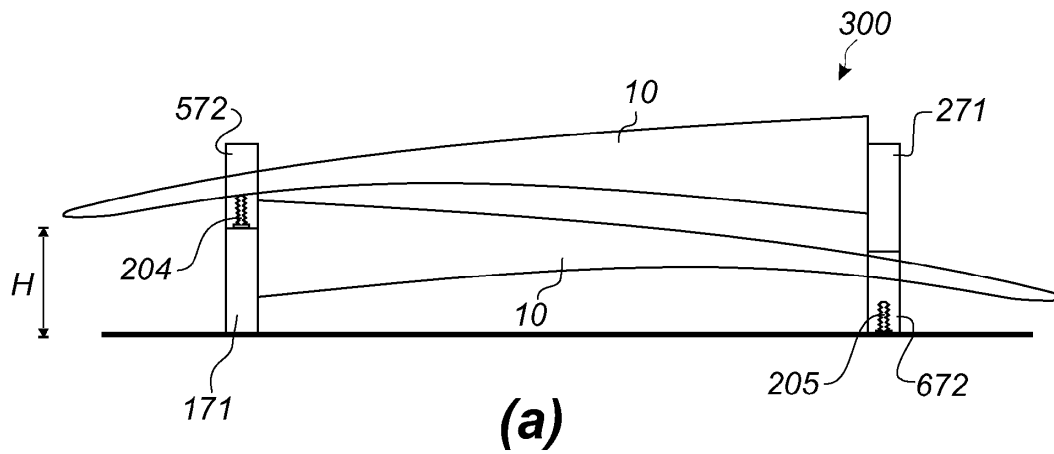


Fig. 10