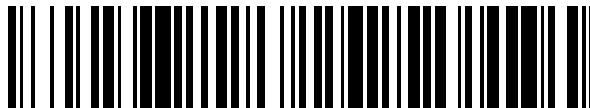


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 775 014**

51 Int. Cl.:

E04H 12/10 (2006.01)

F03D 13/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.10.2017** **E 17195043 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2019** **EP 3467236**

54 Título: **Torre, en particular para una planta de energía eólica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.07.2020

73 Titular/es:

NOTUS ENERGY PLAN GMBH & CO. KG (100.0%)
Parkstrasse 1
14469 Potsdam, DE

72 Inventor/es:

DRIESCHNER, MARTIN;
PETRYNA, YURIY;
KÖPKE, BODO;
STEINER, TILO;
ROMER, STEVE y
GRAWE, GUNNAR

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 775 014 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

Torre, en particular para una planta de energía eólica

5 La invención se refiere a una torre, en particular una torre para una planta de energía eólica, que comprende una sección de torre tubular superior, una pieza de transición y una sección de torre inferior, por ejemplo, en forma de celosía.

10 Por lo general, las torres para plantas de energía eólica onshore están diseñadas como torres tubulares, en particular torres tubulares de acero. Tal construcción, denominada también construcción monocasco, tiene la ventaja de que las torres tubulares están formadas por partes individuales ensamblables, lo que permite transportar los componentes de torre individuales. Una transportabilidad representa un parámetro limitante en particular respecto a la altura de la torre, porque en caso de torres con alturas superiores a 120 m se superaría un diámetro inferior de la torre tubular de 4,3 m. Sin embargo, los diámetros de más de 4,3 m son difíciles de transportar en carretera, porque los puentes en carreteras rurales y autopistas presentan a menudo una altura de paso máxima correspondiente. Por consiguiente, las torres tubulares de acero onshore conocidas están limitadas, sin medidas adicionales, a alturas de torre de 120 m aproximadamente.

20 Las construcciones de torre híbridas son conocidas del estado de la técnica. Éstas tienen la ventaja de que las secciones de torre inferiores, que presentan casi siempre diámetros mayores, se componen de piezas individuales comparativamente favorables y ensamblables y forman una estructura portante de celosía y las secciones de torre superiores están configuradas como torre tubular de acero. Esta construcción requiere, sin embargo, soluciones técnicas complejas, en particular para una transición entre la estructura inferior en forma de celosía y la estructura tubular superior. Sobre todo en alturas de torre de más de 120 m son conocidas esencialmente sólo torres con un alto consumo de material o un diseño complejo o sobredimensionado que tienen en particular una fabricación costosa y son comparativamente difíciles de transportar.

30 El documento DE102010015761A1 muestra, por ejemplo, una estructura de soporte vertical para una planta de energía eólica offshore. La estructura de soporte vertical comprende un pilar central, elementos de base y puntales radiales que se extienden entre el pilar central y los elementos de base. Los puntales radiales están curvados de manera convexa en toda su extensión, lo que implica costes de fabricación considerables y altos costes de producción. Además, el documento DE102010015761A1 parece que no proporciona una solución para una transición, optimizada desde el punto de vista del flujo de fuerza, hacia una sección de torre superior.

35 El documento EP2067915A2 se refiere a una estructura de celosía de una construcción offshore, en particular una planta de energía eólica offshore, con columnas y puntales unidos entre sí en puntos de unión, estando configurados los puntos de unión en los extremos inferiores de las columnas como partes de unión de base.

40 El documento JP2015-4351A se refiere a una cimentación de una planta de generador de turbina eólica offshore y un elemento estructural de cimentación de un sistema de generador de turbina eólica offshore. El sistema de generador de turbina eólica offshore comprende un tubo de torre de acero, una pluralidad de elementos diagonales que están dispuestos a distancia en dirección circunferencial en una superficie periférica exterior del tubo de torre de acero y se extienden de la superficie periférica exterior radialmente hacia abajo y hacia afuera y están unidos a una pluralidad de perfiles que forman una estructura de celosía.

45 El documento WO2016/132056A1 se refiere a un procedimiento para el transporte y la instalación de una estructura submarina sobre el fondo del mar, debiendo servir la estructura submarina de soporte y anclaje de equipamiento marino y presentando una estructura abierta de vigas y/o tubos ensamblados para formar una celosía.

50 El documento GB2419150A muestra un nudo anular de acero fundido para una planta de energía eólica offshore o una base de apoyo de torre similar que presenta una o varias extensiones parcialmente truncadas, conformadas como resaltes de sección semicirculares de tal modo que perfiles secundarios tubulares están unidos parcialmente a los elementos truncados y parcialmente a la torre principal de la planta de energía eólica. A tal efecto, las extensiones truncadas tienen extremos de unión a inglete en ángulos diferentes.

55 El documento WO2005/040605A1 muestra una cimentación para una planta de energía eólica offshore que comprende un elemento de distribución de carga que soporta la torre de la planta de energía eólica. La planta de energía eólica está provista de varias patas de cimentación que soportan el elemento de distribución de carga y se extienden de manera inclinada hacia afuera. Los ejes centrales de las patas de cimentación cortan la superficie circular, que circunscribe el diámetro exterior de la torre, en el plano de unión del elemento de distribución de carga con la torre.

60 Teniendo en cuenta el estado de la técnica, la invención tiene el objetivo de proponer una torre alternativa que posibilite un flujo de fuerza seguro de una sección de torre tubular superior a una sección de torre inferior en forma de celosía y se pueda fabricar de una manera comparativamente económica.

65

Este objetivo se consigue mediante una torre de acuerdo con la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes aparecen realizaciones y variantes ventajosas de la invención.

5 La torre según la invención, en particular para una planta de energía eólica, comprende una sección de torre tubular superior y una sección de torre inferior en forma de celosía. La sección de torre inferior presenta al menos tres elementos de soporte. La torre presenta también una pieza de transición que une la sección de torre superior a la sección de torre inferior. Los elementos de soporte están dispuestos esencialmente alrededor de un eje longitudinal vertical, preferentemente con simetría de rotación alrededor del eje longitudinal central. En este caso, "esencialmente vertical" significa que los elementos de soporte se extienden respecto a una cimentación horizontal de abajo hacia arriba, pero que respecto a un eje longitudinal vertical, ortogonal respecto a la cimentación horizontal, presentan al menos dos ángulos de inclinación. Cada uno de los elementos de soporte presenta al menos dos secciones inclinadas respecto a la perpendicular. En una primera sección superior de las secciones, los elementos de soporte encierran un ángulo α con la perpendicular. En una segunda sección inferior de las secciones, los elementos de soporte encierran un ángulo β con la perpendicular. Los ángulos se miden de tal modo que el menor de los ángulos, que el elemento de soporte encierra con la perpendicular, es el ángulo α o β . Los ángulos α o β son usualmente ángulos agudos, o sea, ángulos inferiores a 90° . El valor de los ángulos α y β es superior a 0° en cada caso. El ángulo β es menor que el ángulo α . El ángulo α puede ascender al menos a 30° , preferentemente al menos a 40° . El ángulo α puede ascender como máximo a 90° , preferentemente como máximo a 80° , en particular preferentemente como máximo a 70° . El ángulo β es usualmente superior a 0° e inferior al ángulo α . Un elemento de soporte comprende preferentemente en un canto superior los llamados perfiles de unión que se describen en detalle abajo.

Cada uno de los elementos de soporte puede presentar a lo largo de su extensión una tercera sección inclinada respecto a la perpendicular. Cada uno de los elementos de soporte puede encerrar aquí un ángulo β^1 con la perpendicular. La segunda sección está situada generalmente entre la primera y la tercera sección. El ángulo β^1 puede ser menor que el ángulo β . Las secciones de elemento de soporte lineales se pueden fabricar usualmente de una manera más económica. Un contorno de elemento de soporte convexo, visto desde el eje longitudinal, puede tener la ventaja de que las cargas de viento, en particular aquellas que se presentan en un extremo superior de la torre, se pueden conducir mejor hacia el cimiento al evitarse, por ejemplo, picos de tensión. Una adaptación lineal a un contorno de elemento de soporte convexo permite combinar ventajas estructurales de la estructura de elemento de soporte convexo y ventajas económicas de los elementos de soporte lineales.

Cada uno de los elementos de soporte puede presentar a lo largo de su extensión por debajo de la tercera sección al menos otra sección, preferentemente otras n secciones inclinadas respecto a una perpendicular en un ángulo β^{1+n} . Los ángulos β^{1+n} pueden describir una trayectoria convexa del contorno exterior. El ángulo β^{1+n} puede ser menor que el ángulo β^{1+n-1} de la sección que colinda arriba respectivamente con la otra sección. El ángulo β^{1+n} está situado generalmente en una sección situada por debajo de una sección, encerrando la última sección el ángulo β^{1+n-1} respecto a la perpendicular. Por ejemplo, una sección con el ángulo $\beta^{1+n-1} = \beta^4$ está situada por encima de una sección con el ángulo $\beta^{1+n} = \beta^5$. En este ejemplo, n es igual, por ejemplo, a 4 y el ángulo β^5 es menor que el ángulo β^4 . Un elemento de soporte puede presentar entonces a lo largo de su extensión respecto a un eje longitudinal de torre una forma convexa que se adapta mediante secciones lineales. Las secciones pueden presentar alternativa o adicionalmente por zonas a lo largo de la extensión longitudinal de los elementos de soporte zonas curvadas y, por tanto, puramente convexas.

Cada uno de los elementos de soporte puede presentar a lo largo de su extensión una cuarta sección inclinada respecto a una perpendicular. En la cuarta sección, cada uno de los elementos de soporte puede encerrar un ángulo γ con la perpendicular. La cuarta sección puede estar situada por encima, preferentemente directamente por encima de la primera sección. Cada uno de los elementos de soporte puede presentar a lo largo de su extensión por encima de la cuarta sección al menos otra sección, preferentemente otras n secciones inclinadas respecto a una perpendicular en un ángulo γ^{1+n} . Los ángulos γ^{1+n} pueden describir una trayectoria cóncava del contorno exterior. El ángulo γ^{1+n} puede ser menor que el ángulo γ^{1+n-1} de la sección que colinda abajo respectivamente con la otra sección. El ángulo γ^{1+n} está situado generalmente en una sección situada por encima de una sección, encerrando la última sección el ángulo γ^{1+n-1} respecto a la perpendicular. Por ejemplo, una sección con el ángulo $\gamma^{1+n-1} = \gamma^4$ está situada por debajo de una sección con el ángulo $\gamma^{1+n} = \gamma^5$. En este ejemplo, n es igual, por ejemplo, a 4 y el ángulo γ^5 es menor que el ángulo γ^4 . Un elemento de soporte puede presentar entonces a lo largo de su extensión respecto a un eje longitudinal de torre una forma cóncava que se adapta mediante secciones lineales. Las secciones pueden presentar alternativa o adicionalmente por zonas a lo largo de la extensión longitudinal de los elementos de soporte zonas curvadas y, por tanto, puramente cóncavas.

El ángulo γ es preferentemente menor que el ángulo α . Por tanto, los elementos de soporte pueden presentar a lo largo de su extensión longitudinal un punto de inversión. Este punto de inversión se puede adaptar, por ejemplo, mediante tres secciones consecutivas de arriba hacia abajo. La disposición de la sección de arriba hacia abajo es la siguiente: la cuarta sección, la primera sección, la segunda sección. La primera sección puede presentar el ángulo α descrito arriba que es mayor que el ángulo β . La cuarta sección puede presentar el ángulo γ que es asimismo menor

que el ángulo α . El ángulo γ puede ser preferentemente igual o menor que el ángulo β . El ángulo γ puede ser superior a 0° . La cuarta sección puede estar dispuesta también en la sección de torre tubular superior. La primera sección con el ángulo de inclinación α se encuentra preferentemente entonces en la zona de los perfiles de unión y la segunda sección con el ángulo de inclinación β , por debajo de los perfiles de unión. La cuarta sección puede estar dispuesta también en la zona de la pieza de transición. La cuarta sección, la primera sección y la tercera sección pueden estar dispuestas también en su totalidad en la zona de los perfiles de unión. La cuarta sección, la primera sección y la tercera sección pueden estar dispuestas también en su totalidad por debajo de los perfiles de unión.

La sección de torre superior está configurada generalmente como estructura portante de casco. La sección de torre inferior está configurada usualmente como estructura portante de barras en forma de celosía. Las estructuras portantes de casco son comparativamente favorables, pero en caso de diámetros grandes, superiores a 4,3 aproximadamente, se pueden transportar sólo con un gran esfuerzo adicional, por ejemplo, mediante la división longitudinal de los segmentos. Las estructuras portantes de barras tienen la ventaja de que las estructuras grandes se pueden ensamblar a partir de piezas individuales comparativamente pequeñas.

La estructura portante se desarrolló en particular para alturas de buje muy grandes y puede presentar una altura de buje de al menos 120 m, preferentemente de al menos 140 m, preferentemente de al menos 160 m y/o de 300 m como máximo. La altura se mide preferentemente de un canto superior de un cimiento a un canto superior de la sección de torre superior. La torre, en particular en aplicaciones offshore, puede presentar una altura de buje menor. Tales alturas de buje altas se pueden implementar en particular mediante la forma especial de la estructura de celosía de la sección de torre inferior y/o mediante la pieza de transición y/o mediante un cimiento descrito abajo. En tales alturas de buje se originan generalmente fuerzas y momentos grandes que han de ser soportados por la torre. Naturalmente, la torre se puede utilizar también con otros fines, por ejemplo, como torre eléctrica.

La altura de la sección de torre inferior en forma de celosía puede corresponder al menos al triple, preferentemente al menos al cuádruple de una extensión lateral máxima de la sección de torre inferior en forma de celosía. En dependencia de la configuración de la planta son posibles también proporciones claramente menores. Esto resulta particularmente ventajoso para soportar las cargas altas descritas arriba en caso de torres de gran altura. La altura se mide preferentemente de un canto superior de un cimiento a un canto inferior de la sección de torre tubular superior. Se ha comprobado que una estructura según la invención, claramente más ancha en comparación con la altura, no puede soportar forzosamente cargas más altas. Esto se debe en particular a efectos sinérgicos imprevisibles entre la pieza de transición, el contorno exterior especial, la estructura de celosía, los intervalos numéricos especiales de la estructura de celosía, la forma de los elementos de soporte y/o del cimiento. Mediante la proporción descrita arriba se puede ahorrar entonces en comparación con el estado de la técnica en particular material (y sellado de superficie), se pueden conseguir alturas de buje altas, así como soportar cargas muy altas.

Los elementos de soporte pueden presentar, por ejemplo, en una sección transversal en perpendicular al eje longitudinal, en un canto inferior de los perfiles de unión de la sección de torre inferior una distancia radial respecto al eje longitudinal de al menos 4 m, preferentemente de al menos 8 m y/o de 16 m como máximo. El canto inferior de los perfiles de unión de la sección de torre inferior está situado preferentemente a la altura, a la que está dispuesto el travesaño, más alto a lo largo del eje longitudinal central, de la sección de torre inferior. El travesaño puede estar dispuesto en su extensión longitudinal esencialmente en paralelo a una horizontal. Por lo general, el canto inferior de los perfiles de unión de la sección de torre inferior presenta una distancia de al menos 70 m respecto a un canto superior de cimiento.

Los elementos de soporte pueden presentar en una sección transversal en perpendicular al eje longitudinal de torre en un canto inferior de la sección de torre inferior una distancia radial respecto al eje longitudinal de al menos 5 m, preferentemente de al menos 10 m y/o de 20 m como máximo. El canto inferior de la sección de torre inferior está definido aquí preferentemente mediante aquella altura a lo largo del eje longitudinal central, a la que los elementos de soporte colindan con el cimiento. El canto inferior de la sección de torre inferior descansa generalmente en el canto superior del cimiento, o sea, en el canto superior de cimiento. El eje longitudinal central de la torre puede corresponder al eje longitudinal de torre. Esta disposición de los elementos de soporte puede tener la ventaja de que los elementos de soporte puedan conducir fuerzas altas hacia el cimiento. Por tanto, es posible implementar torres de gran altura que están sometidas a cargas de viento altas.

La distancia radial en el canto superior de la sección de torre inferior es generalmente inferior a la distancia radial en el canto inferior de la sección de torre inferior.

En una forma de realización, la torre puede presentar un cimiento continuo. Un cimiento continuo puede tener la ventaja de que no es necesario hormigonar una superficie de fondo situada dentro del cimiento continuo o también cimiento lineal. La superficie ocupada por el cimiento continuo puede reducir así, por ejemplo, el sellado de superficie y, por consiguiente, las medidas de compensación. El cimiento continuo ventajoso permite reducir los sellados de superficie en más del 40 % en comparación con cimientos convencionales para plantas de energía eólica. Asimismo, un cimiento continuo permite ahorrar material y, por consiguiente, reducir los costos. Alternativamente, el cimiento puede estar configurado también como cimiento individual para un mayor ahorro de los costos o para una mejor accesibilidad a la superficie delimitada por el cimiento. El número de cimientos individuales

corresponde preferentemente al número de elementos de soporte. Son posibles diseños de cimientado como fundación plana y/o profunda. Cada uno de los elementos de soporte se puede apoyar mediante el cimientado respectivo. La unión por arrastre de fuerza y por fricción entre los elementos de soporte y el cimientado se lleva a cabo de la manera utilizada usualmente en los cimientados de máquina.

5 El cimientado lineal o cimientado continuo puede presentar una forma poligonal o circular. Son posibles también naturalmente otros cimientados no configurados como cimientado lineal.

10 El cimientado, en particular el cimientado lineal, puede presentar una extensión radial de al menos 9 m, preferentemente de al menos 12 m. La extensión radial se puede medir, por ejemplo, en el canto superior de cimientado en perpendicular al eje longitudinal central. La extensión radial puede describir, por ejemplo, en caso de un cimientado lineal circular, un radio exterior del cimientado lineal.

15 Un canto inferior de la sección de torre superior corresponde usualmente a un canto superior de la pieza de transición. El canto inferior de la sección de torre superior está unido generalmente al canto superior de la pieza de transición, por ejemplo, mediante una unión abridada. Un canto inferior de la sección de torre superior o un canto superior de la pieza de transición está dispuesto generalmente a una altura a lo largo del eje longitudinal de al menos 55 m por encima del canto superior de cimientado, preferentemente al menos 80 m por encima del canto superior de cimientado.

20 El radio de circunferencia a través de los centros de gravedad de superficie de los elementos de soporte en el extremo inferior de los perfiles de unión δ' asciende al menos a 250 %, preferentemente al menos a 350 % del radio de circunferencia de la superficie central de casco en el canto inferior de la sección transversal de torre tubular superior.

25 La pieza de transición y/o los elementos de soporte pueden presentar zonas curvadas esencialmente hacia adentro respecto al eje longitudinal. Esto corresponde usualmente a una curvatura cóncava por zonas. Los elementos de soporte, en particular los perfiles de unión, pueden estar curvados adicional o alternativamente hacia afuera, o sea, de manera alejada del eje longitudinal central. Esto corresponde usualmente a una curvatura convexa por zonas. La curvatura convexa y/o cóncava se puede adaptar respectivamente mediante secciones rectas, como se describe arriba. Una forma curvada puede tener la ventaja de un flujo de fuerza continuo. De esta manera se pueden contrarrestar los picos de tensión y los efectos de entalle.

35 Los elementos de soporte pueden presentar, como se menciona arriba, perfiles de unión para unir los elementos de soporte a la pieza de transición. Cada uno de los perfiles de unión puede presentar en una sección transversal a lo largo de un eje longitudinal de perfil de unión un contorno exterior preferentemente continuo, que discurre a lo largo de una extensión longitudinal de arriba hacia abajo, con un punto de inversión. Esto puede ocurrir en particular si los perfiles de unión presentan a lo largo de su extensión una curvatura cóncava y convexa. Por ejemplo, los perfiles de unión presentan a lo largo de su extensión de arriba hacia abajo primero una zona cóncava y a continuación una zona convexa. La pared exterior de los perfiles de unión puede estar curvada tanto alrededor del eje longitudinal de perfil de unión como a lo largo del eje longitudinal de perfil de unión. Los perfiles de unión pueden estar configurados como tubo cónico. El tubo cónico se puede estrechar hacia abajo. Los perfiles de unión pueden presentar también una sección transversal constante. Los perfiles de unión pueden presentar también una sección transversal con una forma poligonal. La sección transversal de los perfiles de unión puede presentar también zonas cóncavas o convexas. Los perfiles de unión pueden presentar también en una primera pared exterior, más próxima al eje longitudinal de torre, una pared exterior curvada y en una pared exterior más alejada del eje longitudinal de torre, una pared exterior plana o viceversa. El eje longitudinal de perfil de unión puede presentar también un punto de inversión. El eje longitudinal de perfil de unión es generalmente aquella línea que une los puntos centrales de las superficies de sección transversal de perfil de unión. Las secciones transversales están situadas aquí, por ejemplo, en perpendicular al contorno exterior de perfil de unión o en perpendicular al menos a una pared exterior de perfil de unión.

50 La sección de torre superior puede presentar una altura que corresponde al menos a la longitud de un paso de pala de rotor. La longitud de una pala de rotor asciende preferentemente al menos a 54 m. La sección de torre inferior se extiende preferentemente por debajo del paso de pala de rotor. El extremo inferior de los perfiles de unión δ' puede presentar una distancia respecto al paso de pala de rotor de al menos 6 m, preferentemente de al menos 8 m.

60 La pieza de transición se puede unir a una sección de torre tubular superior, así como a los perfiles de unión. Para unir la pieza de transición a la sección de torre superior, la pieza de transición presenta un elemento de unión superior. El elemento de unión superior está configurado, por ejemplo, como brida, preferentemente como brida anular. La pieza de transición presenta también una superficie interior de envoltura que se ensancha hacia arriba en forma de cono truncado. La superficie interior de envoltura en forma de cono truncado puede ser, por consiguiente, una superficie interior de envoltura de un cono truncado hueco que puede presentar al menos por zonas una superficie exterior de envoltura de cono truncado. El cono truncado hueco puede formar una estructura portante de la pieza de transición. Preferentemente, la sección de torre superior, como es usual en las torres tubulares de acero, presenta una brida anular. La superficie interior de envoltura en forma de cono truncado de la pieza de transición

5 está dispuesta generalmente con simetría de rotación alrededor de un eje longitudinal de cono truncado. Al menos tres superficies de unión exteriores de la pieza de transición están dispuestas esencialmente con simetría de rotación alrededor del eje longitudinal de cono truncado en un lado exterior de la pieza de transición. La pieza de transición presenta preferentemente una pluralidad de rebordes que sobresalen en el lado exterior de la pieza de transición. El reborde puede presentar una forma cerrada y configurar, por ejemplo, una brida en forma de un marco. La superficie de unión forma entonces una superficie del reborde o brida. Los rebordes están configurados preferentemente en forma de una sola pieza con la pieza de transición. Las superficies de unión exteriores son parte, por consiguiente, de la pieza de transición. En las superficies de unión exteriores, la pieza de transición se puede unir a un perfil de unión respectivamente de la sección de torre inferior. A tal efecto, los perfiles de unión pueden presentar, por ejemplo, una brida, cuya forma corresponde a la forma del reborde, en particular a las superficies de unión. Una superficie de la brida del perfil de unión se puede apoyar en la superficie de unión y se puede unir a la misma, por ejemplo, mediante uniones soldadas o uniones atornilladas. Los perfiles de unión pueden presentar también en un lado superior una brida en forma de marco, cuya forma corresponde al reborde de la pieza de transición de tal modo que la brida en forma de marco del perfil de unión se puede encajar en el reborde de la pieza de transición, por ejemplo, por arrastre de forma. Adicional o alternativamente puede estar prevista una unión por arrastre de material. Los perfiles de unión se pueden unir también a la pieza de transición mediante grapas anticizallamiento. La brida en forma de marco puede forma aquí la grapa anticizallamiento.

20 La sección de torre tubular superior puede estar configurada, por ejemplo, como torre tubular de acero, en particular como estructura portante de casco. La pieza de transición puede estar configurada al menos por zonas como estructura portante de casco. Por lo general, la pieza de transición está configurada mayormente como estructura portante de casco. La pieza de transición puede ser una simbiosis (o una mezcla/combinación) de estructura portante de casco y barras.

25 La pieza de transición puede presentar una abertura de acceso. El personal de montaje y mantenimiento puede acceder así al interior de la pieza de transición. Una abertura de acceso puede estar prevista, por ejemplo, en un lado inferior de la pieza de transición. Una superficie de base redonda del cono truncado puede presentar, por ejemplo, una entalladura que puede servir como abertura de acceso. Un radio de una abertura de acceso redonda puede estar diseñada de acuerdo con la normativa DGUV 113-004 anexo 7, "Mindestanforderung für Zugang mit persönlicher Schutzausrüstung gegen Absturz" (Requisito mínimo para acceso con equipamiento de protección personal contra caída). Un radio asciende preferentemente al menos a 300 mm. Las aberturas de acceso pueden estar previstas también en los perfiles de unión y/o en la superficie de envoltura en forma de cono truncado. Cada uno de los perfiles de unión puede presentar una abertura de acceso. De esta manera se puede acceder a las zonas de unión, por ejemplo, las bridas roscadas, entre la pieza de transición y los perfiles de unión para trabajos de montaje y mantenimiento.

35 Las superficies de unión pueden sobresalir en el lado exterior de la pieza de transición. Una pluralidad de rebordes puede sobresalir del lado exterior de la pieza de transición y los rebordes pueden formar como mínimo tres, preferentemente bridas sobresalientes, cerradas en cada caso, en forma de un marco. Las bridas pueden encerrar completa o parcialmente una zona respectiva del lado exterior de la pieza de transición. Las bridas pueden presentar formas distintas en la vista en planta y pueden ser, por ejemplo, triangulares, rectangulares, cuadradas, circulares, elípticas, poligonales o pueden presentar también una combinación de estas formas como forma de brida. Una superficie de estos rebordes respectivos o bridas en forma de marco puede formar la respectiva superficie de unión. La forma de la superficie de unión corresponde preferentemente, como se describe arriba, a una superficie de unión de los perfiles de unión. Los perfiles de unión se pueden unir a las superficies de unión, por ejemplo, mediante uniones abridadas, grapas anticizallamiento y/o uniones soldadas.

40 El lado exterior de la pieza de transición presenta entre las superficies de unión formas generalmente alargadas. Las formas se extienden preferentemente de un lado superior de la pieza de transición a un lado inferior de la pieza de transición. La curvatura de las formas es preferentemente continua y no presenta en particular ningún canto. Esto permite evitar los picos de tensión en la pieza de transición. En la altura de la pieza de transición, la forma, identificada también como entalladura, puede presentar un radio de curvatura de entalladura constante. Es posible también que el radio de curvatura de la forma cambie en la altura de la pieza de transición. El radio de curvatura está definido aquí como el radio de un llamado círculo de curvatura que se adapta mejor a la configuración de la forma en una sección transversal respecto al eje longitudinal. El radio de curvatura puede ascender al menos a 0,2 m. El radio de curvatura puede ascender también al menos a 0,5 m. El radio de curvatura asciende generalmente a 1 m como máximo. El radio de curvatura asciende preferentemente a 0,5 m.

50 La pieza de transición puede estar configurada de manera integral. Esto puede tener, por ejemplo, la ventaja de un aumento de la estabilidad y una reducción de los costes de montaje. No obstante, la pieza de transición puede estar diseñada también de manera divisible. En este caso es posible preferentemente atornillar o soldar las partes individuales. Además, son posibles uniones por arrastre de forma para unir las partes individuales. Las piezas de transición con varias partes pueden tener la ventaja de que las dimensiones máximas no están limitadas por las condiciones de transporte, como se explica arriba.

65 La pieza de transición es adecuada para torres onshore y/u offshore. En caso de una aplicación onshore, la pieza de

transición presenta generalmente a lo largo de un eje longitudinal, preferentemente a lo largo del eje de cono truncado, una altura de al menos 2,5 m, preferentemente de al menos 3 m. La pieza de transición puede presentar también una altura máxima a lo largo del eje longitudinal de 4,7 m, preferentemente de 4 m. Esto tiene la ventaja de que la pieza de transición se puede transportar ya ensamblada o individualmente de una manera comparativamente fácil en carreteras y puede pasar por debajo de puentes por tierra. En caso de una aplicación offshore, la altura puede ser claramente mayor, por ejemplo, de hasta 7 m.

En una forma de realización, la pieza de transición puede presentar una altura total a lo largo de un eje longitudinal que corresponde al menos al 50 % de un diámetro de la sección de torre superior. El diámetro de la sección de torre superior es usualmente el diámetro de la sección de torre superior en un canto inferior de la sección de torre superior (sin bridas anulares). La altura total de la pieza de transición puede corresponder preferentemente al menos al 80% del diámetro de la sección de torre superior. Por lo general, la altura total de la pieza de transición corresponde como máximo al 150 % del diámetro de la sección de torre superior. De esta manera se pueden cumplir las dimensiones de transporte máximas y al mismo tiempo evitar picos de tensión en la pieza de transición y/o en una torre que presenta la pieza de transición. La pieza de transición puede presentar dimensiones claramente superiores en particular en aplicaciones offshore.

Para una transportabilidad mejorada por vía terrestre, la pieza de transición puede presentar generalmente en perpendicular al eje longitudinal una extensión lateral de al menos 3,5 m, preferentemente de al menos 4 m y/o de 5,5 m como máximo, preferentemente de 4,5 m como máximo. La extensión lateral máxima se encuentra usualmente en un lado superior dirigido hacia la sección de torre tubular. La pieza de transición presenta usualmente la extensión lateral mínima en un lado inferior dirigido hacia la sección de torre inferior en forma de celosía. La pieza de transición puede presentar, en particular en aplicaciones offshore, extensiones laterales claramente superiores.

La pieza de transición puede presentar también una extensión lateral en perpendicular al eje longitudinal, que en cada posición a lo largo de la altura de la pieza de transición corresponde al menos al 0 % del diámetro de la sección de torre superior, en la zona del elemento de unión hacia la sección de torre superior preferentemente al menos al 105 % del diámetro de la sección de torre superior. La extensión lateral máxima en perpendicular al eje longitudinal es igual a 120 % como máximo del diámetro de la sección de torres superior generalmente en cada posición a lo largo de la altura de la pieza de transición. El diámetro de la sección de torre superior es aquí usualmente el diámetro de la sección de torre superior en un canto inferior de la sección de torre superior. De esta manera se puede conseguir una buena transportabilidad por vía terrestre, en particular también en carreteras que presentan una anchura libre de sólo 5,5 m.

Los perfiles de unión de la sección de torre inferior pueden formar una sección superior de los elementos de soporte. Cada perfil de unión puede presentar una brida superior, cuya superficie corresponde a las superficies de unión de la pieza de transición de tal modo que el respectivo perfil de unión se puede unir por brida en un canto superior a la pieza de transición en las superficies de unión. El perfil de unión puede presentar también un elemento de unión inferior, por ejemplo, una brida inferior. El elemento de unión inferior puede estar configurado, por ejemplo, de tal modo que se puede unir a una sección de elemento de soporte inferior preferentemente por arrastre de forma, por arrastre de material y/o por arrastre de fuerza. El perfil de unión puede presentar un elemento perfilado, posible de unir a la pieza de transición, y un inserto inferior. En un lado inferior del elemento perfilado puede estar configurada una entalladura de inserto que puede corresponder al menos por zonas a un contorno exterior del inserto de tal modo que el inserto puede estar unido por arrastre de forma al elemento perfilado superior. El inserto puede estar unido al elemento perfilado superior, por ejemplo, mediante una o varias uniones soldadas, preferentemente al menos por zonas a lo largo de la entalladura de inserto. Por lo general, el inserto se puede unir, preferentemente de manera separable, por su lado inferior a una sección de elemento de soporte inferior. Una unión separable, por ejemplo, una unión atornillada, tiene la ventaja de que la pieza de transición y los perfiles de unión se pueden transportar independientemente uno del otro y montar de una manera comparativamente fácil en el lugar de aplicación. Una sección transversal del inserto puede corresponder preferentemente a una sección transversal de la sección de elemento de soporte inferior. Así se puede conseguir, por ejemplo, un flujo de fuerza continuo, porque se evita esencialmente un desplazamiento de fuerza. En particular, la sección de torre inferior puede presentar una estructura de celosía que presenta al menos tres elementos de soporte que se extienden a lo largo de la sección de torre inferior. La forma del inserto puede corresponder preferentemente a una forma de un extremo superior de las secciones de elemento de soporte inferiores de tal modo que el inserto se puede encajar por su lado inferior sobre el extremo superior de las secciones de elemento de soporte inferiores o introducir en el extremo superior. El inserto y las secciones de elemento de soporte inferiores pueden estar unidos también mediante una unión por arrastre de material, por ejemplo, soldadura, una unión por arrastre de forma, por ejemplo, mediante inserción o encaje, y/o mediante uniones por arrastre de fuerza, por ejemplo, bridas, tornillos, remaches o similares. El inserto y las secciones de elemento de soporte inferiores pueden estar unidas adicional o alternativamente mediante grapas anticizallamiento. Una sección de elemento de soporte inferior puede presentar, por ejemplo, un perfil cuadrado con una longitud de canto de 800 mm y un espesor de pared de 25 mm. Cada elemento de soporte presenta una extensión lateral de al menos 400 mm en la sección de elemento de soporte inferior en una sección transversal en perpendicular a un eje longitudinal de elemento de soporte.

Un espesor de pared de elemento de soporte asciende generalmente al menos a 10 mm, preferentemente al menos a 20 mm y/o a 60 mm como máximo en una sección de elemento de soporte inferiores. Naturalmente, los elementos de soporte pueden presentar también otras formas de perfil, por ejemplo, perfiles en U, perfiles rectangulares o redondos.

5 El inserto puede tener la función de garantizar una transición continua del elemento perfilado a la sección de elemento de soporte inferior. El inserto tiene preferentemente las dimensiones de la sección de elemento de soporte inferior situada abajo.

10 Los perfiles de unión pueden presentar una sección transversal que varía, preferentemente de manera continua, a lo largo de la extensión de los perfiles de unión. Puede estar previsto que un tamaño de sección transversal y/o una forma de sección transversal varíen a lo largo de la extensión del perfil de unión. En una sección transversal, un perfil de unión presenta en una forma de realización una forma triangular que se ensancha hacia arriba. El canto triangular superior puede ser aquí convexo. La esquina inferior del triángulo puede estar configurada de manera redondeada, preferentemente con una forma redondeada cóncava. Los cantos laterales del triángulo pueden tener la misma longitud o pueden presentar longitudes diferentes. El canto superior con una configuración preferentemente convexa puede ser más largo en una extensión lateral que los cantos laterales. Los perfiles de unión pueden presentar en una sección transversal una forma cuadrada o poligonal. La forma se ensancha preferentemente hacia arriba en una sección transversal. Asimismo, formas de sección transversal cuadradas o poligonales pueden presentar también zonas cóncavas y/o convexas. Los perfiles de unión pueden estar configurados como construcción soldada. Los perfiles de unión pueden presentar chapas de pared unidas por soldadura con un espesor de pared de al menos 10 mm y/o de 60 mm como máximo. Las chapas de pared de un perfil de unión pueden presentar espesores de pared distintos. Una superficie de sección transversal del perfil de unión disminuye preferentemente de arriba hacia abajo en una sección transversal en perpendicular a un eje longitudinal del perfil de unión a lo largo de este eje longitudinal. Esto tiene la ventaja de que se puede optimizar un flujo de fuerza y consumir al mismo tiempo sólo el material necesario, lo que puede garantizar un ahorro de material y, por tanto, un ahorro de los costes. Los perfiles de unión presentan generalmente una longitud a lo largo de su extensión de al menos 1 m, preferentemente de al menos 8 m y/o de 12 m como máximo. En particular para aplicaciones offshore, los perfiles de unión pueden presentar también una longitud a lo largo de su extensión superior a 12 m.

30 Al menos una pared del perfil de unión puede presentar al menos por zonas un contorno exterior convexo en una sección transversal en perpendicular a un eje longitudinal del perfil de unión. De esta manera se puede mejorar un flujo de fuerza de la sección de torre superior a la sección de torre inferior mediante la pieza de transición. Esta optimización del flujo de fuerza permite, por consiguiente, un ahorro de material.

35 Al menos una pared del perfil de unión puede presentar al menos por zonas un contorno exterior cóncavo en una sección transversal en perpendicular a un eje longitudinal del perfil de unión. De esta manera se puede mejorar un flujo de fuerza de la sección de torre superior a la sección de torre inferior mediante la pieza de transición. Esta optimización del flujo de fuerza evita picos de tensión y permite un ahorro de material.

40 La al menos una pared del perfil de unión puede presentar en una sección transversal en perpendicular a un eje longitudinal del perfil de unión tanto al menos por zonas un contorno exterior cóncavo como al menos por zonas un contorno exterior convexo. Mediante las formas de curvatura cóncava se pueden evitar también picos de tensión.

45 La pared del perfil de unión puede estar curvada de manera simple o múltiple. Una curvatura múltiple de los perfiles de unión puede estar implementada en particular mediante una primera curvatura, por ejemplo, mediante una configuración de los perfiles de unión que es cóncava y/o convexa a lo largo del eje longitudinal, en combinación con una curvatura en perpendicular al eje longitudinal respectivo de los perfiles de unión.

50 Para el ahorro de material, los perfiles de unión pueden estar configurados de manera hueca preferentemente al menos por secciones.

55 En particular en una aplicación offshore de la pieza de transición, los perfiles de unión pueden estar configurados en forma de una sola pieza con la pieza de transición. Los perfiles de unión pueden estar soldados, por ejemplo, a la pieza de transición en vez de o de manera adicional a uniones abridadas de uniones abridadas.

Por medio de las figuras siguientes se explican detalladamente ejemplos de realización.

Muestran:

60 Fig. 1 una torre en una vista esquemática con una sección de torre inferior en forma de celosía y una sección de torre tubular superior;

65 Fig. 2 la torre en una vista en perspectiva con una sección de torre inferior en forma de celosía y una sección de torre tubular superior, representada a modo de ejemplo con un cimientado de anillo circular;

- Fig. 3 un corte transversal a lo largo de las rectas de corte AA de la figura 2;
- Fig. 4 una forma a modo de ejemplo de una primera zona de transición y una segunda zona de transición, preferentemente para una torre en correspondencia con la figura 1;
- 5 Fig. 5 un diseño a modo de ejemplo de un elemento de soporte;
- Fig. 6 otra realización a modo de ejemplo de un elemento de soporte;
- 10 Fig. 7 una pieza de transición en una vista en perspectiva;
- Fig. 8 la pieza de transición en una vista lateral en un plano xz;
- Fig. 9 la pieza de transición en una vista en planta en un plano xy;
- 15 Fig. 10 la pieza de transición unida a una sección de torre superior y a perfiles de unión;
- Fig. 11a-c uno de los perfiles de unión en tres vistas distintas;
- 20 Fig. 11d un dibujo despiezado de un perfil de unión con un inserto;
- Fig. 12 la pieza de transición unida a cuatro perfiles de unión;
- Fig. 13 una sección de torre superior unida a la sección de torre inferior mediante la pieza de transición;
- 25 Fig. 14 una vista esquemática de un corte transversal a lo largo del eje longitudinal de cono truncado;
- Fig. 15 una vista detallada de una unión entre el perfil de unión y la sección de elemento de soporte inferior y/o la pieza de transición; y
- 30 Fig. 16 una vista en perspectiva de una zona de unión entre un perfil de unión, la sección de elemento de soporte inferior y/o la pieza de transición

La figura 1 muestra una vista esquemática de una torre para una planta de energía eólica. La torre comprende una pieza de transición 1, una sección de torre superior 2 configurada con una forma tubular como estructura portante de casco y una sección de torre inferior 5 configurada en forma de celosía como estructura portante de barras que presenta al menos tres elementos de soporte 13. Los elementos de soporte 13 están dispuestos con simetría de rotación alrededor de un eje longitudinal de torre central T. La pieza de transición 1 está dispuesta entre la sección de torre superior 2 y la sección de torre inferior 5. En la sección de torre superior está dispuesto un buje de rotor con palas de rotor 20. Un paso de pala de rotor 20' está situado en la sección de torre tubular superior 2 por encima de un canto superior de la pieza de transición 1. La torre tiene una altura de torre total G de 158 m. Cada uno de los elementos de soporte 13 presenta una primera sección superior a1. En la primera sección superior a1, cada uno de los elementos de soporte 13 encierra un ángulo α con el eje longitudinal de torre. En la zona de la primera sección a1, cada uno de los primeros elementos de soporte 13 está configurado respectivamente como un perfil de unión 8. En el ejemplo de realización representado, el ángulo α asciende a 42°. Cada uno de los elementos de soporte 13 presenta una segunda sección a2 situada por debajo de la primera sección a1. En la sección a2, cada uno de los elementos de soporte 13 encierra un ángulo β con el eje longitudinal de torre T. En el ejemplo de realización mostrado, el ángulo β asciende a 2,2° y es, por tanto, menor que el ángulo α . Cada uno de los elementos de soporte 13 presenta en la figura 1 en la parte inferior 5' de la sección de torre inferior un ángulo de inclinación β^1 de 0° respecto al eje longitudinal de torre central T. En otras realizaciones, el ángulo β^1 puede ser también superior a 0°. Una sección de torre inferior 5' puede estar diseñada entonces de manera inclinada respecto al eje longitudinal de torre T. Asimismo, en la sección de torre inferior 5' pueden estar dispuestas varias secciones que presentan un ángulo de inclinación respecto al eje longitudinal de torre. Cada sección presenta preferentemente en la sección de torre inferior 5' un ángulo de inclinación que es mayor que un ángulo de inclinación que encierra el elemento de soporte en la sección situada debajo con el eje longitudinal de torre T. La sección de torre inferior 5 presenta cruces 22 de refuerzo. La torre presenta también travesaños 17. De esta manera se puede reforzar la sección de torre inferior en forma de celosía. La sección de torre inferior presenta una construcción de estructura portante de barras.

La figura 2 muestra una vista en perspectiva de la torre para una planta de energía eólica que corresponde esencialmente a la de la figura 1 y que se diferencia por ciertos detalles, descritos a continuación, de la torre de la figura 1. Cualquier característica de las torres mostradas en las figuras siguientes se puede aplicar también a la torre 1 y viceversa. Una primera zona de transición B1 describe la transición de la sección de torre superior 2 a la pieza de transición 1. Una segunda zona de transición B2 describe la transición de una parte superior de los elementos de soporte 13, el perfil de unión 8, a una parte inferior 5' de la sección de torre inferior 5. La sección de torre inferior 5 presenta al menos tres travesaños 17. En el extremo inferior del perfil de unión 8' de la sección de torre inferior 5, los

elementos de soporte 13 tienen respectivamente una distancia radial de 8 m en perpendicular al eje longitudinal. El extremo inferior de los perfiles de unión 8' presenta una distancia de 80 m respecto a un canto superior de cimiento 18' de un cimiento 18. Un canto inferior de la sección de torre superior tiene una distancia de 90 m respecto al canto superior de cimiento 18'. Una planta de energía eólica 19 está montada en un lado superior de la sección de torre superior. Un buje de un rotor de la planta de energía eólica tiene una distancia de 160 m respecto al canto superior de cimiento 18'. Una pala de rotor 20 tiene una longitud de 65 m. En el canto inferior de la sección de torre inferior 5, o sea, el canto superior de cimiento 18', los elementos de soporte tienen una distancia radial de 10 m respecto al eje longitudinal de torre central T. La sección de torre tubular superior 2 tiene un diámetro de tubo de 4 m.

La torre está diseñada de modo que soporta las cargas extremas, mencionadas a continuación, a la altura del buje (sistema de coordenadas en correspondencia con la figura 2), pudiendo actuar la combinación de carga extrema descrita desde todas direcciones sobre la estructura portante, rotándose al respecto el sistema de coordenadas alrededor del eje y o del eje longitudinal de torre central T:

$F_z = -1200 \text{ kN};$
 $F_y = -2000 \text{ kN}$ (carga equivalente para máquina, góndola, rotor, ...);
 $M_y = +/- 9000 \text{ kNm};$
 $M_x = +/- 7500 \text{ kNm}.$

El peso total de la torre, sin el cimiento, es de 438 t. La estructura de celosía de la sección de torre inferior 5 presenta perfiles de acero. En este caso se prefiere un acero estructural S355. El travesaño 17 es un perfil redondo con un diámetro de 390 mm y un espesor de pared de 17 mm. Los elementos de soporte son perfiles huecos cuadrados. Los elementos de soporte presentan distintas secciones transversales de material a lo largo de su extensión. Así, por ejemplo, cada elemento de soporte presenta en el canto superior de cimiento 18' una longitud de canto de perfil de 793 mm y un espesor de pared de 36 mm. En la altura del canto superior 17, cada elemento de soporte del ejemplo mostrado presenta la misma longitud de canto de perfil de 793 mm, pero un espesor de pared de 25 mm. En otros ejemplos de realización se puede variar naturalmente la longitud de canto de perfil y/o el espesor de pared en la extensión de los elementos de soporte. Sin embargo, el espesor de pared de los elementos de soporte es preferentemente de al menos 20 mm y/o de 60 mm como máximo. Los elementos de soporte pueden presentar también secciones transversales redondas. Los diámetros de perfil pueden corresponder aquí a las longitudes de canto perfilado mencionadas arriba.

La figura 3 muestra un corte AA de la torre de la figura 1 o 2. El corte AA representa una sección transversal de la sección de torre inferior 5. El centro de gravedad de superficie de los elementos de soporte 13 se describe mediante un radio de circunferencia R_u . El radio de circunferencia R_u es de 8 m para el ejemplo de realización en el extremo inferior del perfil de unión. El radio de circunferencia de la superficie central de casco en el canto inferior de la sección de torre superior asciende a 2 m. El radio de circunferencia de los elementos de soporte 13 en el extremo inferior de los perfiles de unión 8' es cuatro veces más grande que el radio de circunferencia de la superficie central de casco en un extremo inferior de la sección de torre superior.

La figura 4 muestra una forma a modo de ejemplo de una primera zona de transición B1 y de una segunda zona de transición B2, preferentemente para una torre en correspondencia con las figuras 1 o 2. La primera zona de transición B1 presenta una superficie curvada hacia adentro respecto al eje longitudinal de torre central T. La sección de torre superior 2 está unida a los perfiles de unión 8 mediante la pieza de transición 1. La pieza de transición 1, los perfiles de unión 8 y la estructura en forma de celosía de la sección de torre inferior 5 están indicados sólo esquemáticamente. Un primer radio de curvatura r_1 describe el radio de un círculo k_1 que se adapta mejor a la forma cóncava de la primera zona de transición B1.

La segunda zona de transición B2 presenta una superficie curvada hacia afuera respecto al eje longitudinal de torre central T. Los perfiles de unión 8 están unidos en esta zona B2 a la sección de torre inferior 5. Un círculo k_2 se adapta mejor a la curvatura convexa de la zona de transición B2. El círculo k_2 presenta un radio de curvatura r_2 .

El radio de curvatura r_1 es preferentemente mayor que el radio de curvatura r_2 . En una realización técnica, los radios de curvatura se aproximan preferentemente mediante elementos rectos. No obstante, los perfiles de unión 8 se pueden diseñar también de manera curvada.

La figura 5 muestra una realización a modo de ejemplo de un elemento de soporte 13. El elemento de soporte 13 presenta una primera sección superior a_1 . En la sección a_1 , el elemento de soporte 13 encierra un ángulo α con el eje longitudinal de torre T. En una segunda sección a_2 situada por debajo de la sección a_1 , el elemento de soporte 13 encierra un ángulo β con el eje longitudinal de torre T. El ángulo β es menor que el ángulo α . En otra sección a_2^1 , el elemento de soporte encierra un ángulo β^1 con el eje longitudinal de torre T. El ángulo β^1 es menor que el ángulo β . En una sección a_2'' situada por debajo de la sección a_2^1 , el elemento de soporte encierra un ángulo β^2 . El ángulo β^2 es menor que el ángulo β^1 . En una sección a_2''' situada por debajo de la sección a_2'' , el elemento de soporte encierra un ángulo β^3 . El ángulo β^3 es menor que el ángulo β^2 . El elemento de soporte se puede adaptar así, por ejemplo, a una curvatura convexa mediante secciones lineales. Las secciones a_1 , a_2 , a_2^1 y/o a_2'' pueden estar

situadas en la zona del perfil de unión 8. No obstante, pueden estar dispuestas también al menos parcialmente por debajo del perfil de unión. En particular la sección a1 forma parte generalmente del perfil de unión.

5 La figura 6 muestra una realización a modo de ejemplo de un elemento de soporte 13. El elemento de soporte 13 presenta una primera sección superior a1. En la sección a1, el elemento de soporte 13 encierra un ángulo α con el eje longitudinal de torre T. En una segunda sección a2 situada por debajo de la sección a1, el elemento de soporte 13 encierra un ángulo β con el eje longitudinal de torre T. El ángulo β es menor que el ángulo α . En otra sección a2', el elemento de soporte encierra un ángulo β^1 con el eje longitudinal de torre T. El ángulo β^1 es menor que el ángulo β . En una sección a2'' situada por debajo de la sección a2', el elemento de soporte encierra un ángulo β^2 . El ángulo β^2 es menor que el ángulo β^1 . El elemento de soporte se puede adaptar así, por ejemplo, a una curvatura convexa mediante secciones lineales. Las secciones a1, a2, a2' y/o a2'' pueden estar situadas en la zona del perfil de unión 8. No obstante, pueden estar dispuestas también al menos parcialmente por debajo del perfil de unión. En particular la sección a1 forma parte generalmente del perfil de unión.

15 El elemento de soporte 13 presenta también una cuarta sección a3. En la sección a3, el elemento de soporte encierra un ángulo γ con el eje longitudinal de torre T. El ángulo γ es menor que el ángulo α . En el elemento de soporte se encuentra entonces un punto de inversión. Cada uno de los elementos de soporte puede presentar a lo largo de su extensión por encima de la sección a3 al menos otra sección a3' con el ángulo γ^1 , preferentemente otras n secciones inclinadas respecto a una perpendicular en un ángulo γ^{1+n} . El ángulo γ^{1+n} puede ser menor que el ángulo γ^{1+n-1} de la sección colindante abajo en cada caso con la otra sección. El elemento de soporte puede presentar así a lo largo de su extensión respecto a un eje longitudinal de torre una forma cóncava que se adapta mediante secciones lineales. Las secciones lineales pueden presentar a lo largo de la extensión longitudinal de los elementos de soporte alternativa o adicionalmente zonas curvadas y, por consiguiente, puramente cóncavas.

20 En la transición entre la cuarta sección a3 y la primera sección a1, la forma del elemento de soporte se aproxima a una curvatura cóncava. Entre las secciones a1, a2, a2' y a2'', la forma del elemento de soporte se aproxima a una curvatura convexa. Las secciones a3, a1 y a2' pueden formar parte en su totalidad del perfil de unión 8. El perfil de unión 8 puede comprender adicionalmente también la sección a2''. La sección a3 y otras n secciones por encima de la sección a3 pueden formar parte del perfil de unión 8 y/o parte de la pieza de transición 1 y/o parte de la sección de torre superior 2.

25 En la figura 7 se muestra la pieza de transición 1 para unir la sección de torre superior 2 a la sección de torre inferior 5. La pieza de transición 1 presenta una superficie interior de envoltura 3 que se ensancha en forma de cono truncado hacia arriba, en este caso en dirección z. La superficie interior de envoltura 3 presenta una superficie lisa. En el ejemplo mostrado, un cono truncado hueco, que presenta la superficie interior de envoltura 3, tiene un espesor de pared de 40 mm. En una sección superior de la pieza de transición 1, la pieza de transición 1 presenta un elemento de unión superior 6. El elemento de unión superior 6 está configurado como brida anular, mediante la que una sección de torre tubular superior se puede unir a la pieza de transición 1, en particular mediante atornillado y/o soldadura. La pieza de transición 1 tiene simetría de rotación alrededor del eje longitudinal de cono truncado K. La pieza de transición 1 presenta con simetría de rotación alrededor del eje longitudinal de cono truncado K cuatro superficies de unión exteriores 7 dispuestas en un lado exterior 4. Las superficies de unión 7 sobresalen del lado exterior 4. Las superficies de unión 7 se extienden preferentemente casi por toda la altura de la pieza de transición 1. Las superficies de unión 7 pueden formar una brida que se extiende esencialmente de un extremo superior de la pieza de transición 1 a un extremo inferior de la pieza de transición 1. Las superficies de unión 7 se pueden unir a superficies de contacto correspondientes del perfil de unión 8 (véase figuras 11a-11d). A tal efecto, los perfiles de unión 8 pueden estar atornillados y/o soldados, por ejemplo, a la pieza de transición 1. El lado exterior 4 de la pieza de transición 1 presenta formas alargadas 9 entre las superficies de unión 7. En el ejemplo mostrado, las formas 9 se extienden de un canto superior de la pieza de transición 1 a un canto inferior de la pieza de transición 1. En otras realizaciones, las formas se pueden extender también sólo por zonas desde un canto superior hasta un canto inferior de la pieza de transición. Las formas 9 tienen una superficie interior lisa sin cantos ni resaltes, por lo que se pueden evitar o reducir esencialmente picos de tensión por concentración de tensiones. Las formas mostradas 9 están curvadas hacia adentro (cóncava) en dirección del eje longitudinal de cono truncado K. La forma mostrada 9 de la figura 1 en un corte transversal en perpendicular al eje longitudinal de cono truncado K puede ser, por ejemplo, al menos por zonas, elíptica o circular. El contorno exterior de la pieza de transición en un corte transversal en perpendicular al eje longitudinal de cono truncado K puede describir también en la zona de la forma, por ejemplo, una parábola.

30 La pieza de transición puede estar hecha, por ejemplo de acero (por ejemplo, acero estructural S355), acero fundido (por ejemplo, grafito esférico fundido), hormigón armado, compuesto de fibras y plástico o puede tener combinaciones de los mismos. Por lo general, la pieza de transición está fabricada de acero. Con este fin, las piezas individuales se cortan usualmente, se moldean y se ensamblan. Por lo general, las piezas individuales se ensamblan mediante soldadura, aunque son posibles también procedimientos de unión alternativos, por ejemplo, atornillado, remachado y pegado.

35 La pieza de transición 1 de la figura 7 presenta una extensión lateral máxima A de 4,8 m. La altura H de la pieza de

transición 1 asciende a 3,5 m. La superficie de unión 7 sobresale con una altura de reborde h de 20 cm respecto a un lado exterior encerrado 4' de la pieza de transición. El lado exterior encerrado 4' es el lado exterior de la pieza de transición que encierran las superficies de unión sobresalientes 7. El lado exterior encerrado 4' puede presentar en particular la forma de una zona de una superficie de envoltura exterior de un cono truncado que se ensancha hacia arriba. El lado exterior encerrado 4' puede representar, por ejemplo, zonas de una superficie de envoltura exterior de un cono truncado que presenta la superficie interior de envoltura 3. En la zona de los lados exteriores encerrados 4', la superficie interior de envoltura 3 presenta un espesor de pared de 40 mm.

La figura 8 muestra una vista lateral de la pieza de transición 1 de la figura 7 en el plano xz. Las superficies de unión 7 están situadas en la figura 2 en un plano, inclinado respecto al plano xz, que encierra un ángulo ε con el eje z. Las superficies de unión 7 presentan en un canto superior una forma redondeada 7' y en un canto inferior, una forma redondeada 7". La superficie exterior encerrada 4' se encierra mediante las superficies de unión sobresalientes 7.

La figura 9 muestra una vista en planta de la pieza de transición desde arriba en un plano xy. En este caso se puede observar bien la superficie interior de envoltura 3. El cono truncado, que presenta la superficie interior de envoltura 3, presenta en un extremo inferior un orificio 3'. La forma del orificio 3' corresponde esencialmente a la superficie de base redonda inferior del cono truncado. Un radio r de este orificio redondo 3' corresponde en el ejemplo mostrado a un radio r' de las cuatro formas 9. En otras realizaciones, el radio r puede ser distinto al radio de forma redondeada r' .

La figura 10 muestra una sección de una torre híbrida con una sección de torre tubular superior 2, la pieza de transición 1 y una sección de torre inferior en forma de celosía 5 con elementos de soporte configurados en una sección superior como perfiles de unión 8. La sección de torre superior 2 está unida a la pieza de transición 1 mediante el elemento de unión superior 6, configurado aquí como brida anular, mediante tornillos. Al usarse en particular la pieza de transición 1 en una torre offshore, la pieza de unión 1 puede estar unida mediante uniones soldadas a los perfiles de unión 8 en las superficies de unión 7. Los perfiles de unión 8, a su vez, están unidos en un lado inferior a la sección inferior 5' de los elementos de soporte. Los perfiles de unión 8, así como la unión de los perfiles de unión 8 a la sección inferior 5' de los elementos de soporte se explican detalladamente en particular en las figuras siguientes.

Las figuras 11a-11c muestran el perfil de unión 8 desde distintas perspectivas. La figura 11a muestra el perfil de unión en una vista lateral en perspectiva. La figura 11b muestra el perfil de unión 8 en una vista desde abajo. La figura 11c muestra el perfil de unión 8 en una vista desde arriba. El perfil de unión comprende un elemento perfilado 11 y un inserto 10. En un lado inferior del elemento perfilado puede estar dispuesta una entalladura de inserto que puede corresponder al menos por zonas a un contorno exterior del inserto. El inserto se puede introducir así con ajuste exacto en el elemento perfilado y se puede unir al elemento perfilado superior. Preferentemente, el inserto puede estar soldado al menos por zonas a lo largo de la entalladura de inserto al elemento perfilado superior. Adicional o alternativamente, el inserto puede estar unido al elemento perfilado mediante uniones enchufables, uniones atornilladas, uniones rápidas y/o uniones pegadas. El perfil de unión 8 está configurado preferentemente de manera hueca. En particular en la vista en planta de la figura 5c resulta evidente que el perfil de unión 8, en este caso en particular el elemento perfilado 11, del ejemplo de realización mostrado comprende una pared curvada 11', en particular una pared de curvatura convexa alrededor de un eje longitudinal L. El elemento perfilado 11 comprende también en el lado opuesto a la pared de curvatura convexa 11' una pared de curvatura cóncava 11", o sea, una forma redondeada. No obstante, el elemento perfilado 11 puede presentar también cantos laterales que no están curvados, como se puede observar, por ejemplo, en la figura 5a. El elemento perfilado 11 puede estar curvado también a lo largo del eje longitudinal L y puede presentar entonces tanto paredes planas como paredes curvadas doblemente. Una sección transversal del perfil de unión 8 en perpendicular al eje longitudinal L se puede variar continuamente a lo largo de su extensión. Por lo general, una superficie de sección transversal del perfil de unión 8 puede disminuir de arriba hacia abajo en perpendicular al eje longitudinal L. Esto permite el ahorro de material, porque éste se dispone en dependencia de la solicitación efectiva. En este caso, por ejemplo, las fuerzas del viento, que actúan en un extremo superior de la sección de torre superior, se transmiten de la sección de torre superior mediante la pieza de transición 1 y mediante los perfiles de unión 8 a la sección de torre inferior 5 y a continuación a un cimiento. El inserto 10, como se menciona arriba, está soldado preferentemente al elemento perfilado 11 en un contorno del inserto 10' dirigido hacia el elemento perfilado 11. En un lado inferior 10" del inserto, el inserto presenta generalmente un orificio, en el que se puede introducir una sección de elemento de soporte inferior 5'. Preferentemente, una sección de elemento de soporte inferior 5' se puede unir así con ajuste exacto al inserto. Es ventajoso adicionalmente unir de manera separable el elemento de soporte al inserto mediante una unión abridada, en particular mediante bridas atornilladas.

La figura 11d muestra el perfil de unión 8, que presenta el elemento perfilado superior 11 y el inserto 10, y el elemento de soporte 13 en un dibujo despiezado. La entalladura de inserto 12 corresponde al contorno 10' del inserto 10 dirigido hacia el elemento perfilado 11. El lado inferior 10" del inserto 10 se puede unir a la sección de elemento de soporte inferior 5'. El inserto 10 presenta al respecto en su lado inferior 10" una brida en L que corresponde a una brida de elemento de soporte 13'. Una unión de este tipo se describe con mayor exactitud en la figura 9.

La figura 12 muestra una vista en perspectiva de la pieza de transición con cuatro perfiles de unión 8. En el ejemplo representado, cuatro perfiles de unión están dispuestos con simetría de rotación alrededor del eje longitudinal de cono truncado K. En otro ejemplo de realización, sólo tres o más de cuatro perfiles de unión 8 pueden estar dispuestos alrededor del eje de cono truncado K. La figura 13 muestra una sección de torre inferior 5 que presenta cuatro elementos de soporte 13. El cuarto elemento de soporte está cubierto en la vista de la figura 7 con el elemento de soporte 13'. El número de elementos de soporte 13 y el número de perfiles de unión 8 coinciden siempre, porque cada perfil de unión 8, como se describe arriba, forma parte del respectivo elemento de soporte 13. En el ejemplo mostrado, un eje longitudinal L del perfil de unión 8 encierra un ángulo α con el eje de cono truncado K.

La figura 14 muestra una vista esquemática de un corte transversal a lo largo del eje longitudinal de cono truncado K de una pieza de transición 1 que corresponde esencialmente a las figuras anteriores. Cuatro perfiles de unión 8 están unidos a la pieza de transición. Cuatro superficies de unión exteriores 7 de la pieza de transición 1 están dispuestas esencialmente con simetría de rotación alrededor del eje longitudinal de cono truncado K en un lado exterior 4 de la pieza de transición. La pieza de transición presenta cuatro rebordes 14 que sobresalen en el lado exterior 4 de la pieza de transición 1. Cada reborde 14 presenta una forma cerrada y configura una brida en forma de marco. La superficie de unión configura aquí una superficie del reborde 14 o de la brida en forma de marco. Los rebordes 14 están configurados en forma de una sola pieza con la pieza de transición 1. En las superficies de unión exteriores 7, la pieza de transición 1 está unida respectivamente a un perfil de unión 8. A tal efecto, los perfiles de unión 8 presentan una brida 15, cuya forma corresponde a la forma del reborde 14. Una superficie de la brida 15 del perfil de unión 8 descansa en la superficie de unión 7 y está unida a la misma, por ejemplo, mediante uniones soldadas (en particular en torres offshore) o mediante uniones atornilladas (en particular en torres onshore). Los perfiles de unión 8 presentan también en un lado superior una brida 16 en forma de marco, cuya forma corresponde al reborde 14 de la pieza de transición de tal modo que el marco 16 del perfil de unión 8 queda encajado con ajuste exacto en el reborde 14 de la pieza de transición 1.

La figura 15 muestra una vista detallada de una unión entre la sección de elemento de soporte inferior 5' de la sección de torre inferior 5, por ejemplo, en forma de una estructura portante de barras, y el perfil de unión 8. La figura 15 muestra también una unión entre el perfil de unión 8 y la pieza de transición 1. Para una mejor comprensión, los signos de referencia utilizados en la figura 15 corresponden a los de una unión entre la sección de elemento de soporte inferior 5' y el perfil de unión 8. La vista detallada está representada en un corte transversal a lo largo de un eje longitudinal de elemento de soporte TA. En este caso, el perfil de unión 8 presenta en su extremo inferior 8' una brida en L 15' que sobresale hacia adentro. La brida en L 15' puede estar dispuesta, por ejemplo, en el extremo inferior 10'' del inserto 10. La brida en L 15' presenta una superficie de contacto 15'', en la que descansa una brida correspondiente 5''' de la sección de torre inferior 5. La brida 15''' está dispuesta en el elemento de soporte superior 13 de la sección de elemento de soporte inferior 5'. Mediante la forma en L de la brida en L 15', el perfil de unión 8 se puede insertar en la sección de torre inferior 5. La brida en L 15' corresponde a la brida 5''' de la sección de elemento de soporte inferior 5' de tal modo que la sección de torre inferior 5 se puede unir al perfil de unión 8 por fricción, por ejemplo, mediante una unión abridada. La brida en L 15' y la brida 5''' presentan también taladros coaxiales. A través de los taladros coaxiales correspondientes se ha introducido un tornillo fijado mediante una tuerca. La sección de elemento de soporte inferior 5' y el perfil de unión 8 quedan unidos así adicionalmente por fricción. La vista detallada D muestra esta unión a escala ampliada. Una unión de este tipo puede estar prevista también entre la pieza de transición 1 y el perfil de unión 8. La pieza de transición 1 queda unida así por arrastre de forma y/o por fricción al perfil de unión. A tal efecto, el perfil de unión 8 presenta en su extremo superior una brida en L 15', descrita arriba, y las superficies de unión 7 de la pieza de transición 1 forman una brida correspondiente que corresponde esencialmente a la brida 5''' de la descripción anterior.

La figura 16 muestra en una vista en perspectiva una zona inferior de un perfil de unión 8 unido a una sección inferior del elemento de soporte 13 mediante una unión abridada. El perfil de unión mostrado 8 no presenta un inserto 10, pero puede estar configurado en otra realización con un inserto 10. El perfil de unión mostrado 8 presenta en un extremo inferior 8' una brida en forma de una placa de fondo. Esta brida corresponde a una brida de elemento de soporte 13' en el extremo superior de la sección de elemento de soporte inferior 5'. La brida del perfil de unión 8 descansa de manera plana sobre la brida de elemento de soporte 13'. Las bridas pueden estar unidas, por ejemplo, mediante uniones atornilladas.

Lista de números de referencia

1	Pieza de transición
2	Sección de torre tubular superior
2'	Canto inferior de la pieza de transición
3	Superficie interior de envoltura
3'	Orificio
4	Lado exterior
4'	Lado exterior encerrado
5	Sección de torre inferior en forma de celosía
5'	Sección de elemento de soporte inferior

ES 2 775 014 T3

	5'''	Brida en el canto superior de la sección de torre inferior
	6	Elemento de unión superior
	7	Superficie de unión
	7'	Forma redondeada en el canto superior
5	7''	Forma redondeada en el canto inferior
	8	Perfil de unión
	8'	Extremo inferior del perfil de unión
	9	Extensión longitudinal
	10	Inserto
10	10'	Contorno del inserto dirigido hacia el elemento perfilado
	10''	Lado inferior del inserto
	11	Elemento perfilado
	12	Entalladura de inserto
	13	Elemento de soporte
15	13'	Brida de elemento de soporte
	14	Reborde de la pieza de transición
	15	Brida de perfil de unión
	15'	Brida en L del perfil de unión
	15''	Superficie de contacto de la brida en L
20	16	Brida en forma de marco
	17	Travesaño
	18	Cimiento
	18'	Superficie de cimiento
	19	Planta de energía eólica
25	20	Pala de rotor
	20'	Paso de pala de rotor
	21	Líneas de unión
	22	Cruces
30	A	Extensión lateral de la pieza de transición
	a1	Primera sección superior
	a2	Segunda sección inferior
	B1	Primera zona de transición
	B2	Segunda zona de transición
35	G	Altura de torre total
	H	Altura de la pieza de transición
	K	Eje longitudinal de cono truncado
	L	Eje longitudinal de perfil de unión
	T	Eje longitudinal de torre central
40	TA	Eje longitudinal de elemento de soporte
	r1	Radio de curvatura del primer círculo de curvatura
	r2	Radio de curvatura del segundo círculo de curvatura
	Ru	Radio de circunferencia a través del centro de gravedad de superficie de las secciones transversales de elemento de soporte
45	$\alpha^i, \beta^j, \gamma^k$	Ángulo entre elemento de soporte y eje longitudinal de torre, con elementos i, j, k N+
	ε	Ángulo entre superficies de unión y eje longitudinal de cono truncado
	k1	Primer círculo de curvatura para el contorno exterior cóncavo
	k2	Segundo círculo de curvatura para el contorno exterior convexo
50	h	Altura de reborde
	r	Radio del orificio 3'

REIVINDICACIONES

1. Torre, en particular para una planta de energía eólica, que comprende una sección de torre tubular superior (2) y una sección de torre inferior en forma de rejilla (5), que presenta al menos tres elementos de soporte (13), y una pieza de transición (1) que une la sección de torre superior (2) a la sección de torre inferior (5), presentando los elementos de soporte (13) en una sección de elemento de soporte superior perfiles de unión (8) para unir los elementos de soporte (13) a la pieza de transición y estando dispuestos los elementos de soporte (13) esencialmente alrededor de un eje longitudinal de torre vertical (T), preferentemente con simetría de rotación, presentando cada uno de los elementos de soporte (13) al menos dos secciones inclinadas respecto a la perpendicular y encerrando un ángulo α con la perpendicular en una primera sección superior de las secciones (a1), encerrando un ángulo β con la perpendicular en una segunda sección inferior de las secciones (a2) y siendo el ángulo β menor que el ángulo α , y presentando la pieza de transición (1) para unir la sección de torre superior a la sección de torre inferior un elemento de unión superior (6) para unir la pieza de transición (1) a la sección de torre superior (2),
caracterizada por que la pieza de transición (1), para unir la sección de torre superior a la sección de torre inferior, presenta una superficie interior de envoltura (3) que se ensancha hacia arriba en forma de cono truncado y comprende al menos tres superficies de unión exteriores (7) que están dispuestas esencialmente con simetría de rotación alrededor de un eje longitudinal de cono truncado en un lado exterior (4) de la pieza de transición (1) y en las que la pieza de transición (1) está unida a cada uno de los elementos de soporte (13), variando continuamente una sección transversal de cada uno de los perfiles de unión (8) a lo largo de una extensión longitudinal a lo largo de un eje longitudinal de perfil de unión (L) del perfil de unión (8).
2. Torre de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que** cada uno de los elementos de soporte (13) presenta a lo largo de su extensión una tercera sección (a2') inclinada respecto a una perpendicular, en la que cada uno de los elementos de soporte (13) encierra un ángulo β^1 con la perpendicular, estando situada la segunda sección (a2) entre la primera sección (a1) y la tercera sección (a2') y siendo el ángulo β^1 menor que el ángulo β .
3. Torre de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizada por que** cada uno de los elementos de soporte (13) presenta a lo largo de su extensión por debajo de la tercera sección (a2') al menos otra sección, preferentemente otras n secciones inclinadas respecto a la perpendicular en un ángulo β^{1+n} , siendo el ángulo β^{1+n} menor que el ángulo β^{1+n-1} de la sección que colinda arriba en cada caso con la otra sección.
4. Torre de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizada por que** cada uno de los elementos de soporte (13) presenta a lo largo de su extensión una cuarta sección inclinada respecto a una perpendicular, en la que cada uno de los elementos de soporte (13) encierra un ángulo γ con la perpendicular, estando situada la cuarta sección por encima, preferentemente directamente por encima de la primera sección (a1) y siendo el ángulo γ menor que el ángulo α .
5. Torre de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizada por que** cada uno de los elementos de soporte (13) presenta a lo largo de su extensión por encima de la cuarta sección al menos otra sección, preferentemente otras n secciones inclinadas respecto a una perpendicular en el ángulo γ^{1+n} , siendo el ángulo γ^{1+n} menor que un ángulo γ^{1+n-1} de una sección que colinda abajo en cada caso con la otra sección.
6. Torre de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la torre presenta una altura total (G) de al menos 120 m, preferentemente de al menos 140 m, preferentemente de al menos 160 m.
7. Torre de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la altura de la sección de torre inferior en forma de celosía (5) corresponde al menos al triple, preferentemente al menos al cuádruple de una extensión lateral máxima de la sección de torre inferior en forma de celosía.
8. Torre de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** los elementos de soporte (13) presentan en una sección de elemento de soporte superior perfiles de unión (8) para unir los elementos de soporte (13) a la pieza de transición (1), presentando cada uno de los perfiles de unión (8) en un canto inferior una distancia radial respecto al eje longitudinal de torre de al menos 4 m, preferentemente de al menos 8 m y/o de 16 m como máximo.
9. Torre de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** una distancia radial de los elementos de soporte (13) respecto a un eje longitudinal de torre (T) en un canto inferior de la sección de torre inferior en forma de celosía asciende al menos a 5 m, preferentemente al menos a 10 m y/o a 20 m como máximo.
10. Torre de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** un radio de circunferencia (Ru) a través de los centros de gravedad de las superficies de sección transversal de elemento de soporte en un extremo inferior de los perfiles de unión (8') asciende al menos al 250 %, preferentemente al menos al 350 % de un

radio de circunferencia de una superficie central de casco en un canto inferior de la sección transversal de torre tubular superior.

- 5 11. Torre de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la torre presenta un cimientado continuo (18) y/o cimientos individuales dispuestos centralmente en cada caso por debajo de los elementos de soporte (13).
- 10 12. Torre de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizada por que** el cimientado continuo (18) presenta una extensión radial de al menos 9 m, preferentemente de al menos 12 m.
- 15 13. Torre de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la sección de torre superior (2) está configurada como estructura portante de casco y/o la sección de torre inferior (5) está configurada como estructura portante de barras.
- 20 14. Torre de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la pieza de transición (1) presenta en el lado exterior (4) entre las superficies de unión (7) formas alargadas (9) que se extienden preferentemente de un lado superior de la pieza de transición (1) a un lado inferior de la pieza de transición (1).
- 25 15. Torre de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la pieza de transición (1) está configurada en forma de una sola pieza.
- 30 16. Torre de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la sección transversal de cada uno de los perfiles de unión (8) disminuye de arriba hacia abajo a lo largo de una extensión longitudinal a lo largo de un eje longitudinal de perfil de unión (L) del perfil de unión (8).
17. Torre de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** los elementos de soporte (13) presentan en una sección de elemento superior perfiles de unión (8) para unir los elementos de soporte (13) a la pieza de transición, presentando cada uno de los perfiles de unión (8) en una sección transversal a lo largo de un eje longitudinal de perfil de unión (L) un contorno exterior preferentemente continuo, que discurre a lo largo de una extensión longitudinal de arriba hacia abajo, con un punto de inversión.

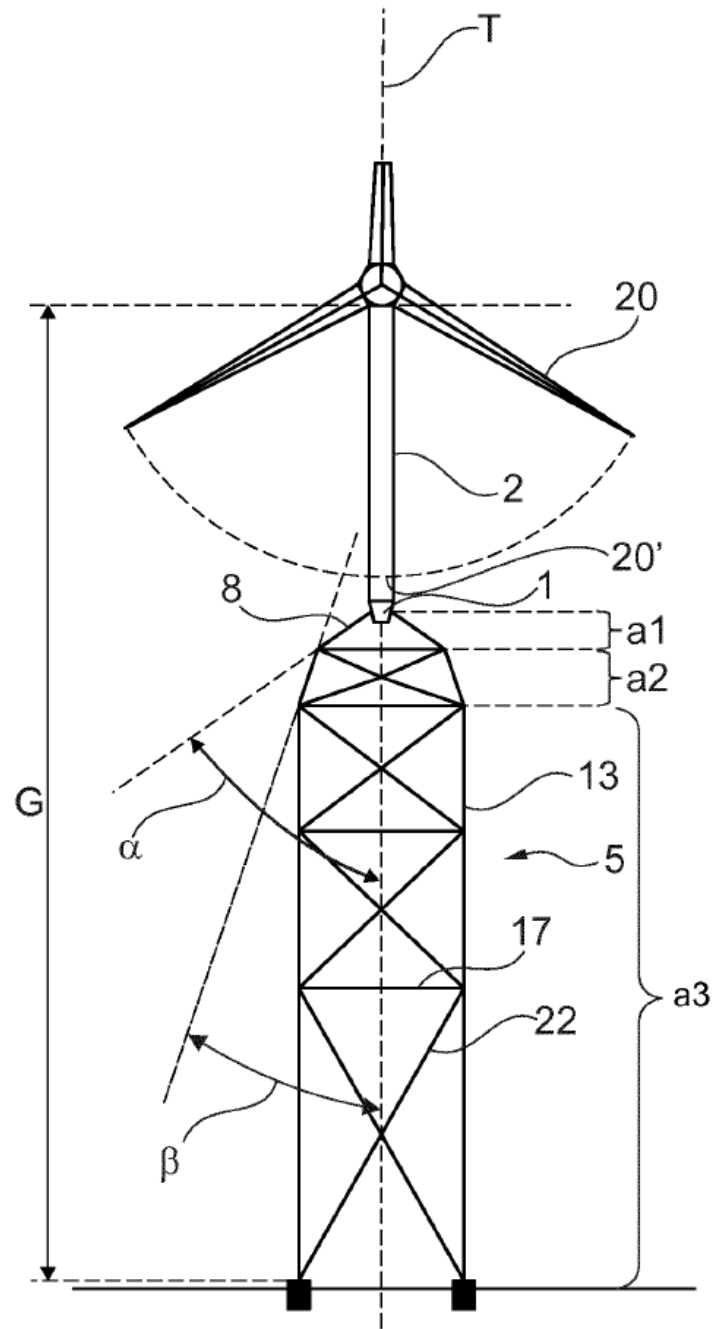


Fig. 1

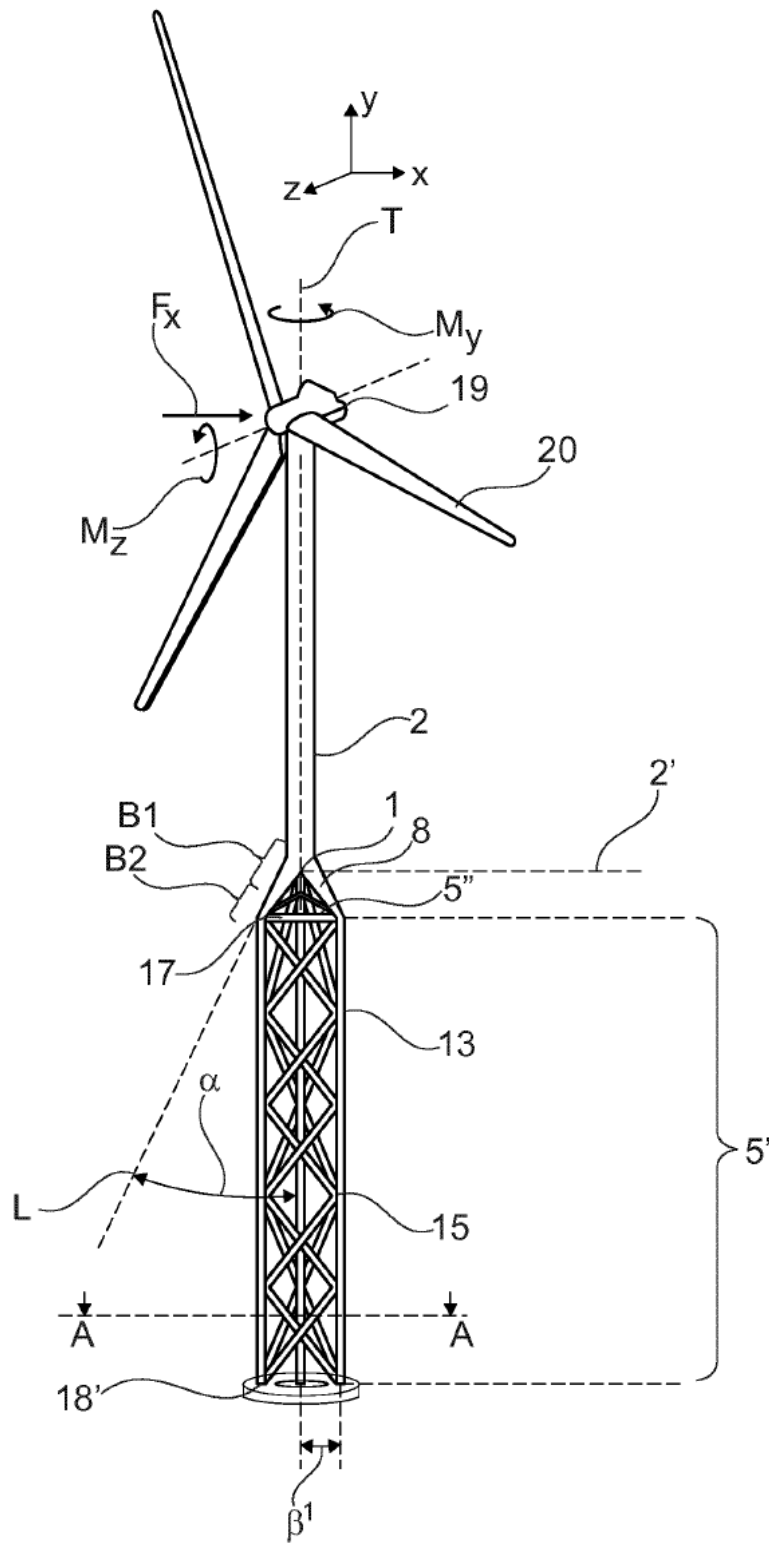


Fig. 2

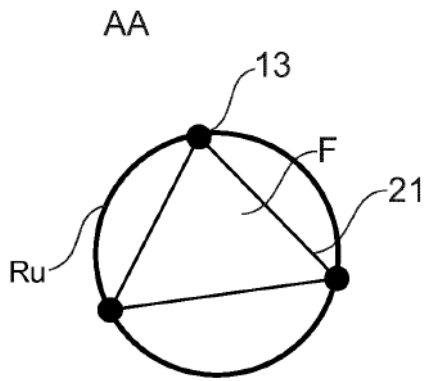


Fig. 3

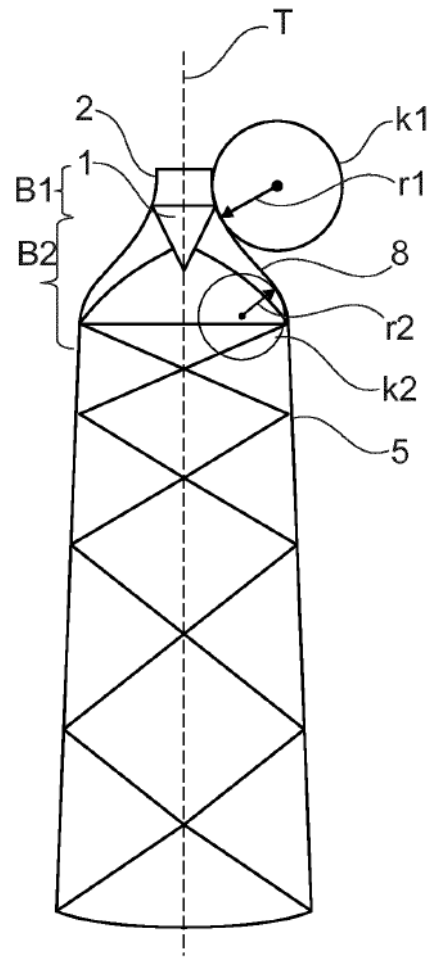


Fig. 4

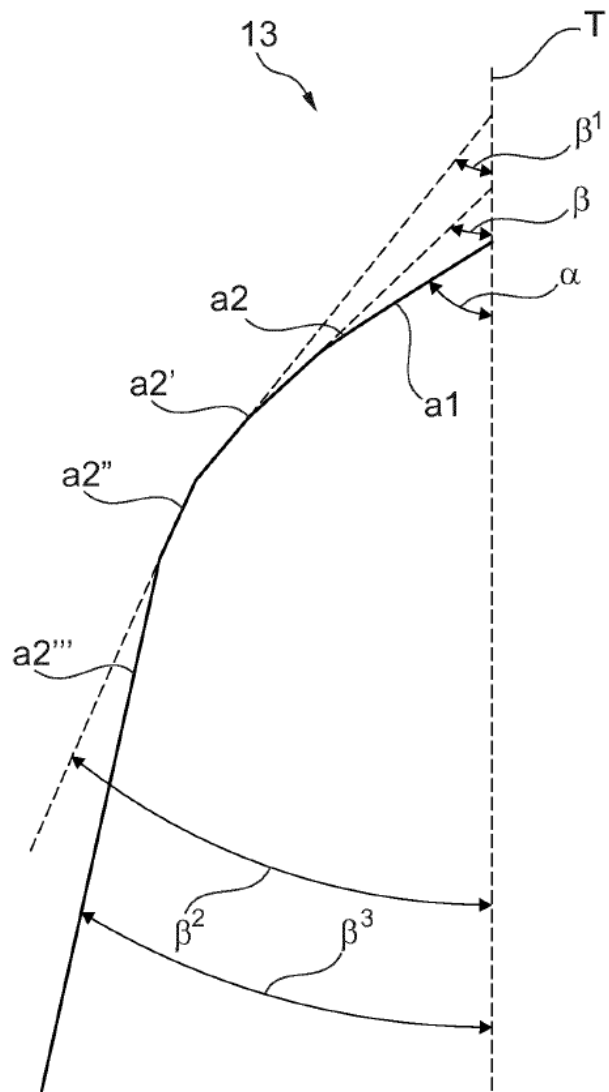


Fig. 5

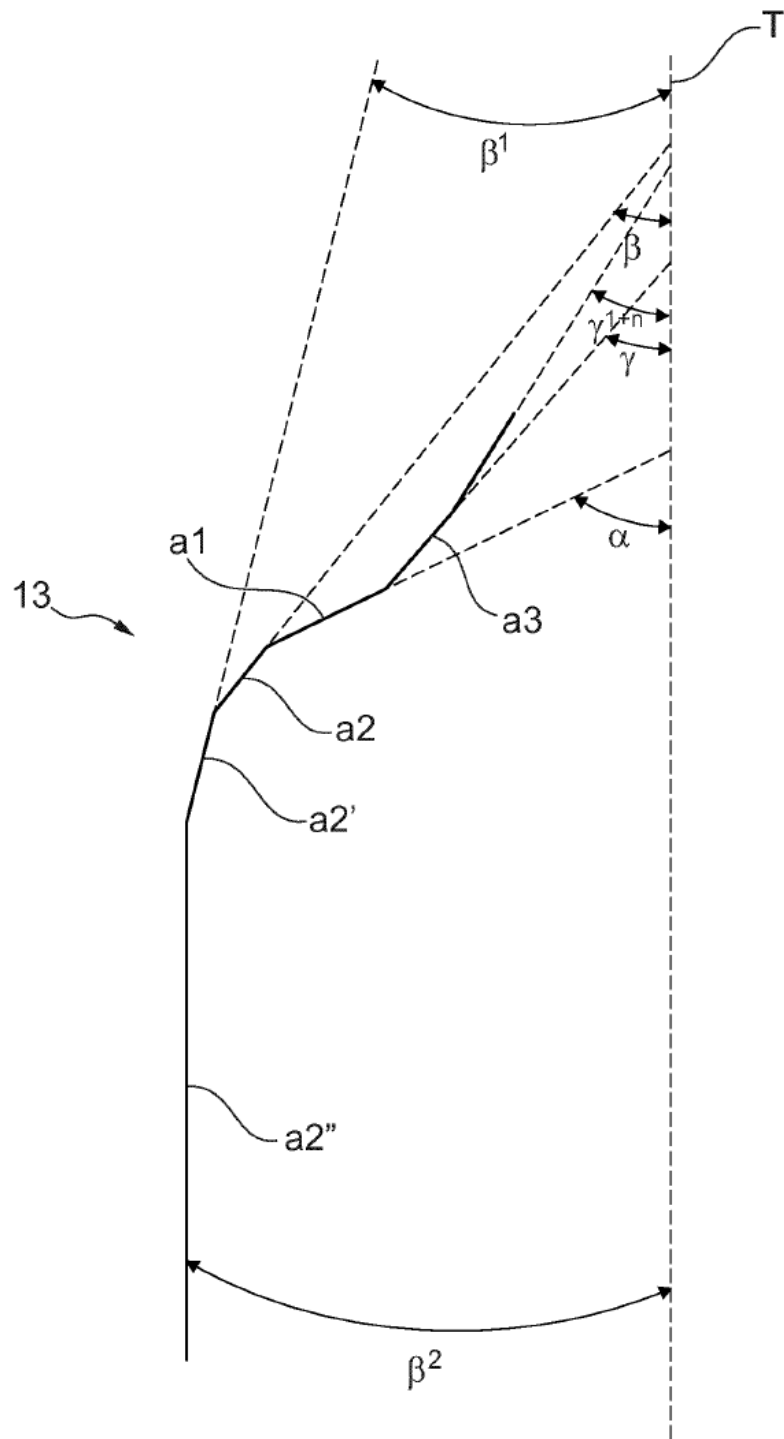
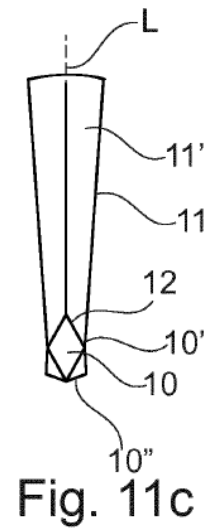
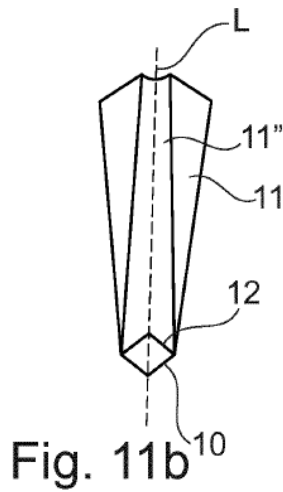
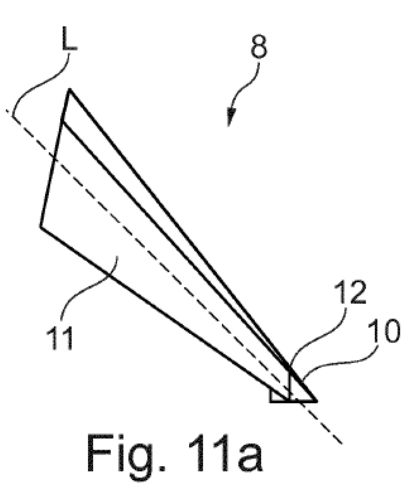
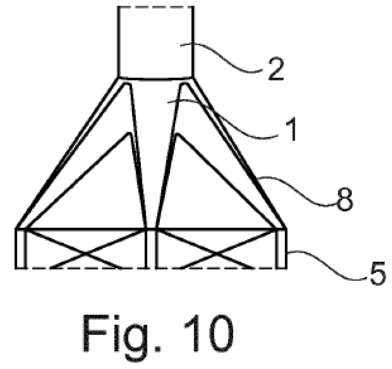
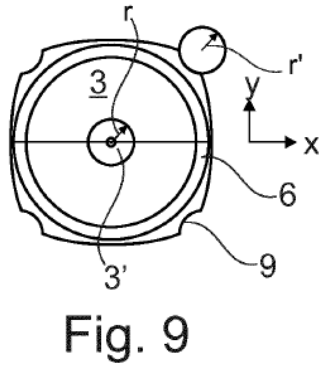
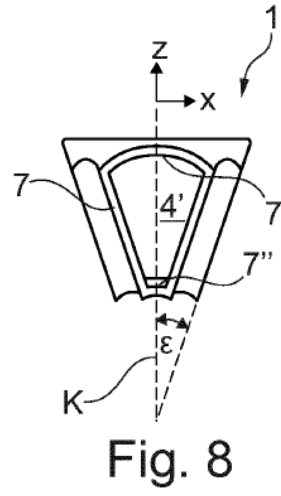
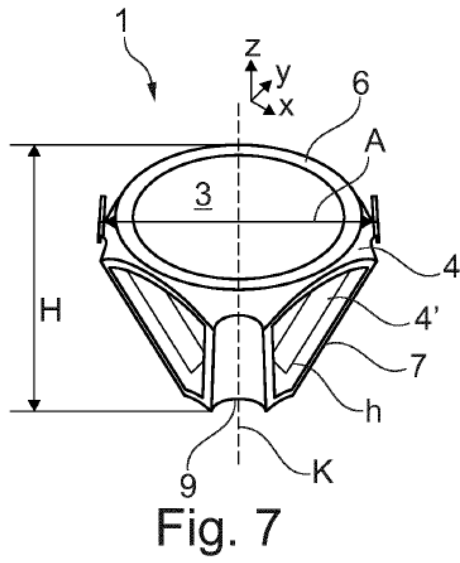


Fig. 6



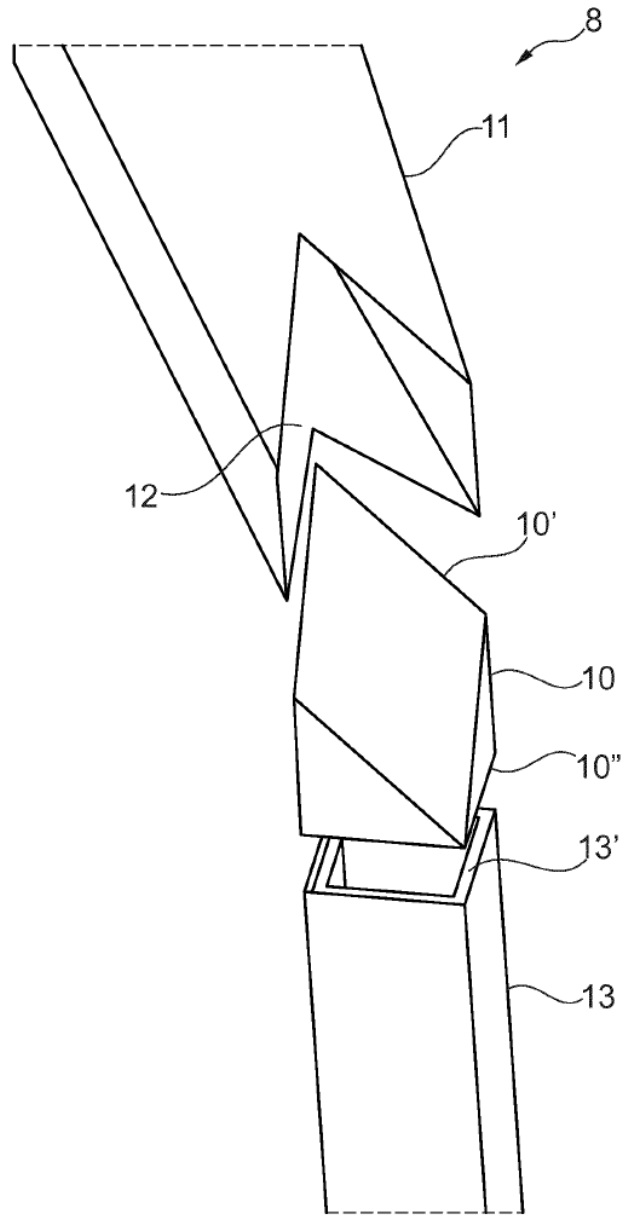


Fig. 11d

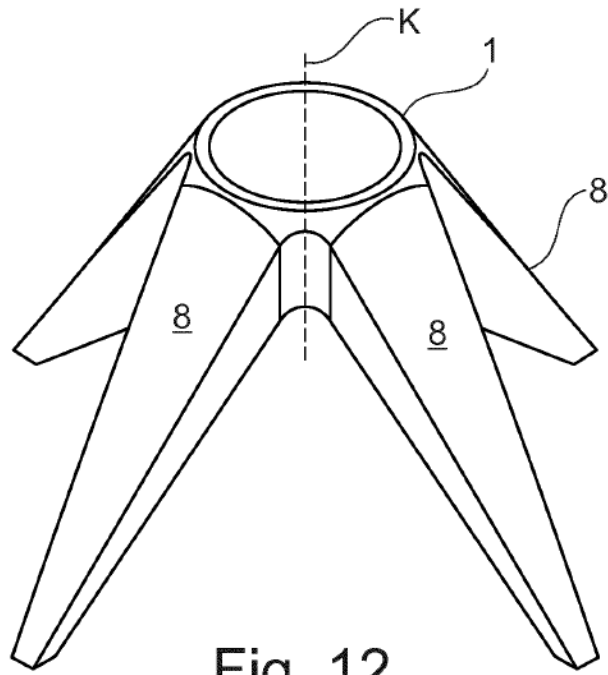


Fig. 12

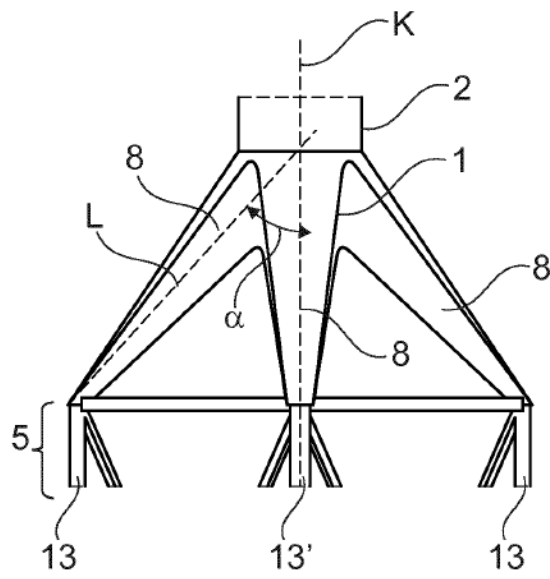


Fig. 13

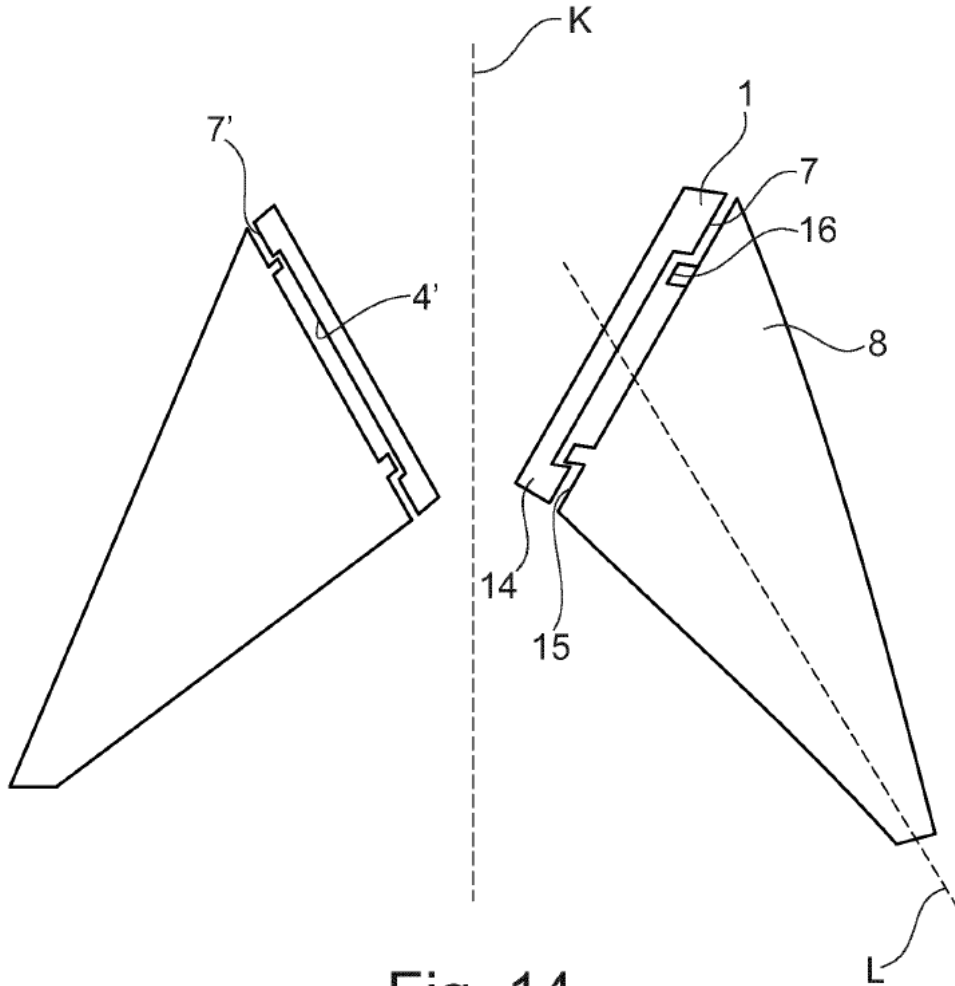


Fig. 14

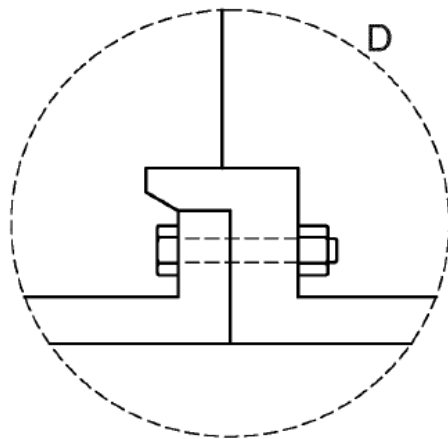
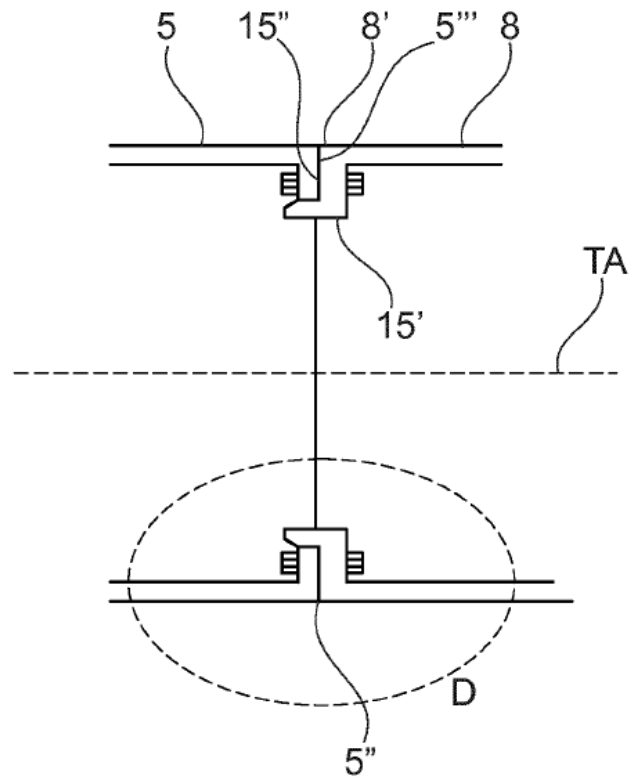


Fig. 15

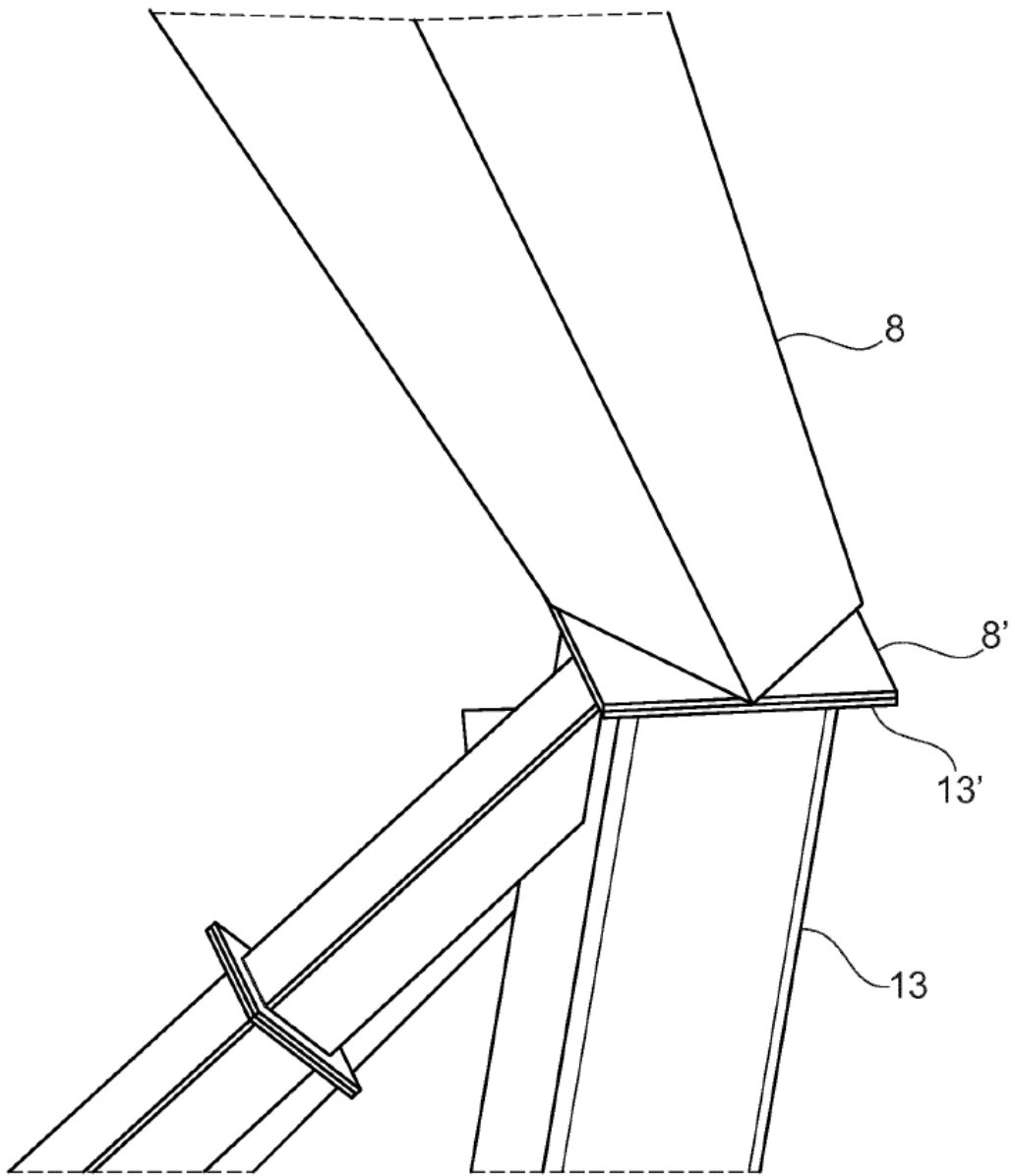


Fig. 16