

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 620 032**

51 Int. Cl.:

|                   |           |
|-------------------|-----------|
| <b>F03D 13/20</b> | (2006.01) |
| <b>E02B 17/00</b> | (2006.01) |
| <b>E02B 17/02</b> | (2006.01) |
| <b>E04B 1/41</b>  | (2006.01) |
| <b>E04H 12/34</b> | (2006.01) |
| <b>E04H 12/22</b> | (2006.01) |

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.09.2013 PCT/GB2013/052364**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.02.2014 WO2014027212**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.09.2013 E 13786708 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.12.2016 EP 2847459**

54 Título: **Pieza de transición enchapada**

30 Prioridad:

**13.08.2012 GB 201214381**

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

**27.06.2017**

73 Titular/es:

**OFFSHORE DESIGN ENGINEERING LTD (100.0%)  
10-14 Princeton Mews 167-169 London Road  
Kingston Upon Thames  
Surrey KT2 6PT, GB**

72 Inventor/es:

**ZHAO, WANGWEN y  
STUART-MATTHEWS, STEPHEN**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 620 032 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**

Pieza de transición enchapada

5 La invención versa sobre una entidad estructural, denominada pieza de transición, para transferir cargas entre una estructura de base (normalmente una camisa) y una torre con aparatos o similares en la parte superior, a menudo una unidad generadora de turbina eólica, como se encuentra en la industria de turbinas eólicas fuera de costa, en la que prevalece la utilización de torres de turbinas eólicas montadas con camisa.

Antecedentes de la utilización de la pieza de transición para las turbinas eólicas fuera de costa

Se puede desglosar en varias zonas el sistema estructural para turbinas eólicas fuera de costa:

10 la torre, la pieza de transición, la subestructura de la camisa, como se señala en la Figura 1. Cada una de estas zonas tiene características singulares y variaciones de diseño.

La torre, a la que se fijan aparatos tales como una turbina eólica, está diseñada para transferir las distintas cargas del viento hacia abajo, proporcionando una rigidez dinámica apropiada. Normalmente, la camisa está anclada por medio de pilotes o bidones de succión al fondo marino y la torre y la camisa están conectados mediante una pieza de transición. También se podría encontrar tal aplicación en turbinas eólicas altas en tierra firme.

15 Para el diseño del sistema estructural de la turbina eólica, la integridad estructural tiene que satisfacer criterios en las condiciones o los estados límite siguientes:

- 1. •Estado límite de servicio, es decir, el requisito de que la frecuencia natural esté en una banda y no resuene con el sistema de la turbina
- 20 1. •Estado límite de fatiga para el límite de resistencia de cada componente en el periodo operativo bajo cargas repetitivas del sistema de turbina eólica/de oleaje
- 1. -Estado límite definitivo para resistir cargas extremas

25 Normalmente se fabrican la torre y la camisa en ubicaciones distintas y, además, en general están diseñadas inicialmente de manera independiente y luego son analizadas como un sistema total en una etapa posterior de diseño del proyecto con la pieza de transición colocada en su posición. Para la camisa, una configuración estructural típica es el refuerzo de tipo diamante. Para la torre, tiene normalmente una forma tubular con cambios de grosor para adecuarse a toda la longitud. Aunque hay procedimientos convencionales que pueden seguirse en el diseño de la camisa y de la torre, la pieza de transición tiene un diseño que no es tan evidente.

30 La pieza de transición debe transferir todas las fuerzas de la torre a la subestructura de la camisa, es decir, desde la gran columna tubular de la torre, hasta las patas de la camisa de la manera más eficaz posible. Estas cargas desde la torre incluyen cargas desde la turbina operativa con viento extremo y carga cíclica por las acciones de la turbina y la turbulencia del viento. El diseño de la pieza de transición debe realizarse no solo para transferir la carga extrema sin fallo en el estado límite definitivo, sino también para transferir la carga operativa normal sin fallo por fatiga en el estado límite de fatiga. Las fuerzas transmitidas por la torre son de naturaleza cíclica y repetitiva y pueden causar fatiga en zonas de concentración de esfuerzos.

35 El diseño de la pieza de transición no debe atraer concentraciones altas de esfuerzos en ubicaciones estructurales clave. Sin embargo, debido al cambio de las formas geométricas desde la torre hasta la camisa, hay zonas de concentración de esfuerzos en la pieza de transición. Los procedimientos actuales para conectar la subestructura de la camisa a la torre consisten en diversas formas estructurales que incluyen placas de acero soldadas, abrazaderas, piezas de fundición y miembros tubulares u ovalados o una combinación de todos. A menudo, estas piezas de transición tienen formas estructurales complejas que pueden atraer concentraciones altas de esfuerzos en ubicaciones estructurales clave, limitando, de ese modo, su longevidad a la fatiga y esto ha llevado a diseños que son pesados y caros de fabricar. El documento EP 2 290237 divulga un conjunto de pieza de transición enchapada según el preámbulo de la reivindicación 1.

Reducción de costes para la cimentación de turbinas eólicas fuera de costa

45 La industria energética renovable fuera de costa se enfrenta a muchos retos, siendo el mayor el coste, que ha aumentado continuamente durante la última década. Este aumento va unido a múltiples factores, pero incluye de manera significativa restricciones en la cadena de suministros y la volatilidad en el precio de los recursos naturales.

50 La optimización del coste es esencial para garantizar el crecimiento de la generación de energía eólica fuera de costa para ayudar a alcanzar los objetivos de generación de energías renovables. El crecimiento del sector ha presentado muchos retos de ingeniería con parques eólicos planificados con profundidad de agua y distancias de la costa mayores que resultan en costes aún mayores.

Uno de los factores clave que afecta al coste para costes futuros de parques eólicos son las cimentaciones (sistema estructural que incluye pilotes) que pueden representar aproximadamente el 25% del coste total. Por lo tanto, la reducción del coste de las cimentaciones y de la instalación podría tener un impacto significativo sobre el coste total.

5 La pieza de transición es un elemento clave de un sistema de soporte de turbina eólica y las limitaciones de los diseños convencionales incluyen:

1. -Un gran peso
1. •Se requieren piezas de fundición complejas para lograr la transferencia de carga eficiente y satisfacer los criterios de longevidad aceptable a la fatiga
1. -Complejidad de la fabricación
- 10 1. •La necesidad de fabricantes especialistas, lo que limita las opciones de la cadena de suministros

La presente invención proporcionará una forma de pieza de transición que resuelve estas limitaciones y ayudará a reducir el coste de las estructuras de soporte de turbina eólica.

#### Solución alternativa para la pieza de transición

15 Una solución alternativa a la pieza de transición tradicional es el objetivo principal de la presente invención al proporcionar una conexión estructural entre una torre de turbina eólica y una estructura de soporte. Es para proporcionar una solución de un tipo que puede ser realizada de manera económica mediante procedimientos convencionales de fabricación que serán relativamente ligera y que superará las limitaciones mencionadas en la última sección.

20 En consecuencia, la presente invención presenta una pieza de transición enchapada para torres, caracterizada porque los miembros estructurales se utilizan de manera eficiente con una configuración óptima que proporciona una reducción en concentraciones de esfuerzos locales en puntos sensibles, especialmente los puntos extremos de la conexión de la placa, en los que ocurren las concentraciones de esfuerzos y, por lo tanto, son dados a la fatiga.

Se deben utilizar varias medidas para reducir las concentraciones altas de esfuerzos, que incluyen:

1. 1. La estructura se forma específicamente para minimizar las fuerzas en los miembros y en los puntos de concentración de esfuerzos,
1. 2. Se suelda una placa inclinada a la cara frontal de la columna central con un ángulo inclinado por un extremo, y se suelda por el otro extremo a una pata,
1. 3. Se forma la placa inclinada para reducir esfuerzos,
1. 4. La placa inclinada está conectada con una placa de cizalladura alineada centralmente.
- 30 1. 5. La conexión entre la placa inclinada y la pata tubular puede bien tener la forma de una conexión pasante de la pata de placa inclinada o bien estar fijado al lado inferior de la superficie de placa inclinada, normalmente mediante soldadura.
1. 6. Opcionalmente se pueden utilizar anillos internos en la torre en la parte trasera de la superficie de contacto de la placa inclinada para aliviar los esfuerzos
- 35 1. 7. El alivio de altos esfuerzos por fatiga en el extremo afilado de la placa inclinada entre la placa inclinada y la columna central.

El alivio de esfuerzos en el extremo de la placa, es decir, el punto de alta concentración de esfuerzos, se logrará mediante una de las combinaciones de los siguientes medios:

1. a) Se puede extender el extremo de la placa inclinada para incluir un ala de alivio de esfuerzos que tiene la forma parcial de una placa tubular o curvada
1. b) El extremo con el ala de alivio de esfuerzos puede encontrarse aproximadamente en la posición neutral del eje de la sección combinada de la placa inclinada, de la placa de cizalladura y del ala de alivio de esfuerzos para su flexión en el plano de la placa de cizalladura.
- 45 1. c) Además se pueden colocar en los extremos de la placa inclinada, con o sin el ala de alivio de esfuerzo, distribuidores de esfuerzo para reducir los esfuerzos en puntos sensibles.

Tal disposición estructural tiene dos características pronunciadas: 1) fácil fabricación; 2) alta resistencia a la fatiga por esfuerzos reducidos por una combinación de transferencia de cargas y la utilización de distribuidores locales de esfuerzos y detalle alar de alivio de esfuerzos; 3) reducción del peso, evitando el aumento de las dimensiones de las placas conectoras o de la columna central.

#### 50 Realización 1

En una realización de una pieza de transición enchapada de torre, mostrada en la Figura 2, se sueldan a la columna central la placa inclinada y la placa de cizalladura. La resistencia a la fatiga y los requisitos definitivos de la resistencia principal se satisfacen regulando el espesor de las placas, la geometría de la columna central y, opcionalmente, los nervios del anillo interno. Según se muestra en la Figura 2, la plataforma se crea mediante un anillo externo en la columna central, que está conectada mediante las secciones combinadas de placa/viga a la pata de la camisa para ofrecer un sistema óptimo y eficaz para resistir la carga restante de la columna central.

Realización 2

5 Se puede efectuar una optimización de la Realización 1 para reducir el peso y el coste. En otra realización de una pieza de transición enchapada de torre, mostrada en la Figura 3, la placa inclinada se suelda con un distribuidor (5) de esfuerzos en el extremo, permitiendo que se reduzca el material de las placas (4) de cizalladura y ofreciendo una abertura mayor en las partes inferiores para proporcionar acceso del personal.

Realización 3

10 De manera alternativa a la Realización 2, se muestra en las Figuras 6, 7a y 7b una pieza de transición enchapada de Torre, en la que la placa inclinada tiene colocadas alas de alivio de esfuerzos, con la forma de una sección de placa parcialmente tubular, curvada o plana en el extremo. Los extremos de las alas de alivio de esfuerzos podrían encontrarse cerca de la ubicación neutral del eje horizontal de la sección transversal de la placa inclinada/placa de cizalladura, para minimizar el esfuerzo en momentos de flexión en el plano de la placa de cizalladura.

Realización 4

También se pueden colocar distribuidores de esfuerzos en el extremo de las alas de alivio de esfuerzos.

Realización 5

15 Como se muestra en las Figuras 4 y 5, el distribuidor de esfuerzos debe ser instalado en el extremo de la placa inclinada y/o de las placas de cizalladura o en cualquier punto en el que haya una concentración de esfuerzos. Esto permite que se incorpore una gran abertura en la placa de cizalladura, mientras se mantiene un rendimiento adecuado de longevidad a la fatiga para facilitar la entrada de conductos, servicios, aparatos y acceso del personal al hueco de la torre/plataforma con la debida consideración de resistencia a la fatiga.

20 Mediante tales medios, es posible transferir todas las cargas, incluyendo cizallamiento, flexión y par, de manera eficaz mediante la combinación de placas, miembros tubulares, distribuidores de esfuerzos y alas de alivio de esfuerzos. Proporciona un medio eficaz y flexible para resolver el problema de la concentración de esfuerzo que predomina en el diseño contra la fatiga para conexiones de chapa.

Las realizaciones de la invención serán descritas a título ejemplar y con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

- 25 La **Fig. 1** muestra la vista general y las zonas estructurales de un sistema de torre eólica  
La **Fig. 2** muestra una vista general de la pieza de transición enchapada  
La **Fig. 3** muestra una vista externa general de una pieza de transición enchapada con la camisa, la torre y distribuidores de esfuerzos fijados a la placa inclinada y a la columna central;  
La **Fig. 4** muestra un detalle de los distribuidores de esfuerzos  
30 La **Fig. 5** muestra una vista despiezada del distribuidor de esfuerzos y con una placa de unión generalmente ahusada  
La **Fig. 6** muestra la placa inclinada con las alas de alivio de esfuerzo colocadas;  
Las **Figuras 7a y 7b** muestran un detalle de las alas de alivio de esfuerzos de diseño tanto curvado como plano, colocadas en la conexión de la placa inclinada/columna central.  
35 La **Fig. 8** muestra el lado inferior de la plataforma del conjunto de TP con vigas y placas típicas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un conjunto de pieza de transición enchapada que consiste en:
  - una columna central (1) conectable, en uso, a la base de una torre y a una camisa;
  - una pluralidad de placas (4) de cizalladura, cada una de las cuales está conectada por un extremo a la columna central (1) y es conectable, en uso, por el otro extremo, a una pata o al talón (2) de una pata; y
  - una placa (3) asociada con cada placa (4) de cizalladura, estando inclinada cada placa (4) con respecto al eje longitudinal de la columna central y estando acotada cada placa (4) de cizalladura por su placa inclinada asociada (3), y conectada a la misma, estando conectado un primer extremo de cada placa inclinada (3) a la columna central y siendo conectable un segundo extremo de cada placa inclinada (3), en uso, a un talón (2) de pata o a una pata asociado; **caracterizado porque**
  - cada placa (4) de cizalladura forma, con su placa inclinada asociada (3), un miembro inclinado que tiene una sección transversal con forma de T, proporcionándose un ala de alivio de esfuerzos en el primer extremo de la placa inclinada (3) con extremos de terminación cerca de la zona horizontal neutral de la sección en T, formando las alas de alivio de esfuerzos, con su placa inclinada (3) asociada y su placa (4) de cizalladura, una sección final que está soldada a la columna central; permitiendo, con ello, en uso, transferir cargas desde la columna central (1) hasta la pata o talón (2) de pata; y **porque**
  - una pluralidad de los miembros inclinados están separados entre sí.
2. Un conjunto de pieza de transición enchapada según la reivindicación 1 **caracterizado porque** la placa inclinada (3) está ahusada para unirse a la pata (2) para proporcionar transferencia eficaz de cargas.
3. Un conjunto de pieza de transición enchapada según la reivindicación 1 o 2 que, además, incluye un distribuidor de esfuerzos.
4. Una pieza de transición enchapada según cualquiera de las reivindicaciones precedentes en la que el ala de alivio de esfuerzos está fabricada de una de una pieza de corte de sección circular, o de una placa simple, y como una parte integral de la propia placa inclinada.
5. Una pieza de transición enchapada según cualquiera de las reivindicaciones precedentes en la que el ala de alivio de esfuerzos está ahusada a lo largo del eje de la placa inclinada superior para aumentar la reducción de concentración de esfuerzos.
6. Un conjunto de pieza de transición enchapada según la reivindicación 1 o 2 **caracterizado porque** la placa (4) de cizalladura incluye una abertura para facilitar la transferencia de servicios y el acceso del personal.
7. Una pieza de transición enchapada según la reivindicación 6 en la que la abertura está dotada de un distribuidor de esfuerzos.
8. Un conjunto de pieza de transición enchapada según la reivindicación 1 por medio del cual las cargas de torsión procedentes de la columna central (1) son transferidas a una pluralidad de patas (2) mediante un anillo externo y una sección combinada de placa/viga conectada a las patas y a la columna central de la pieza (1) de transición.

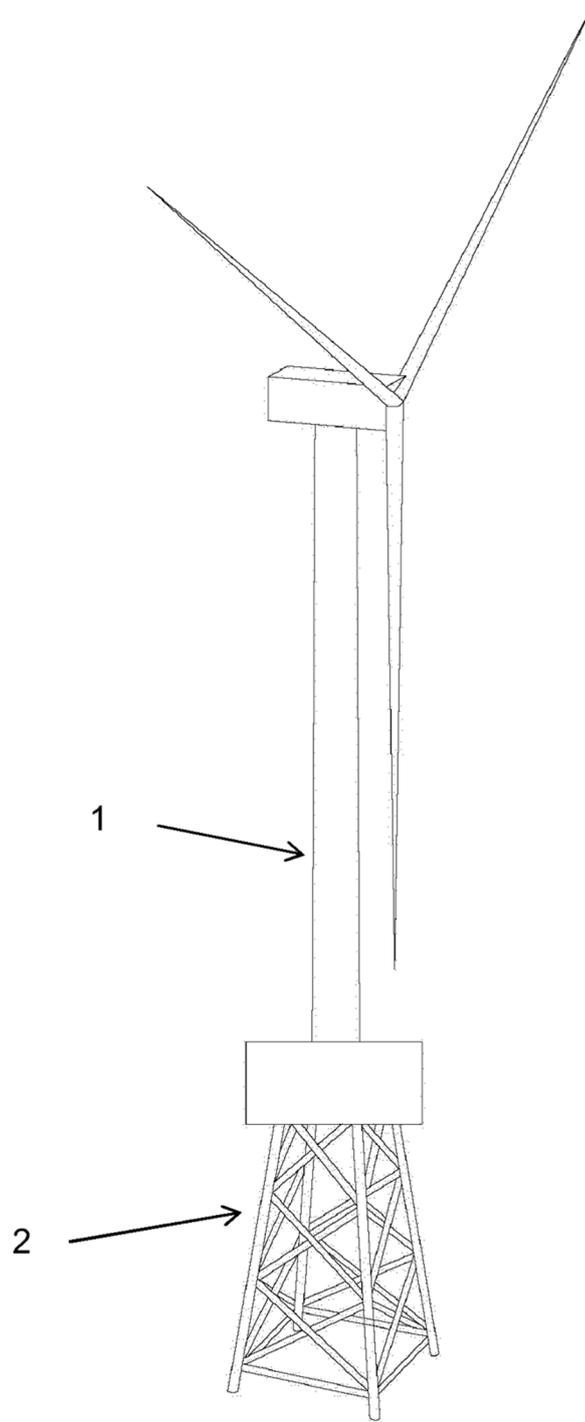


FIGURA 1

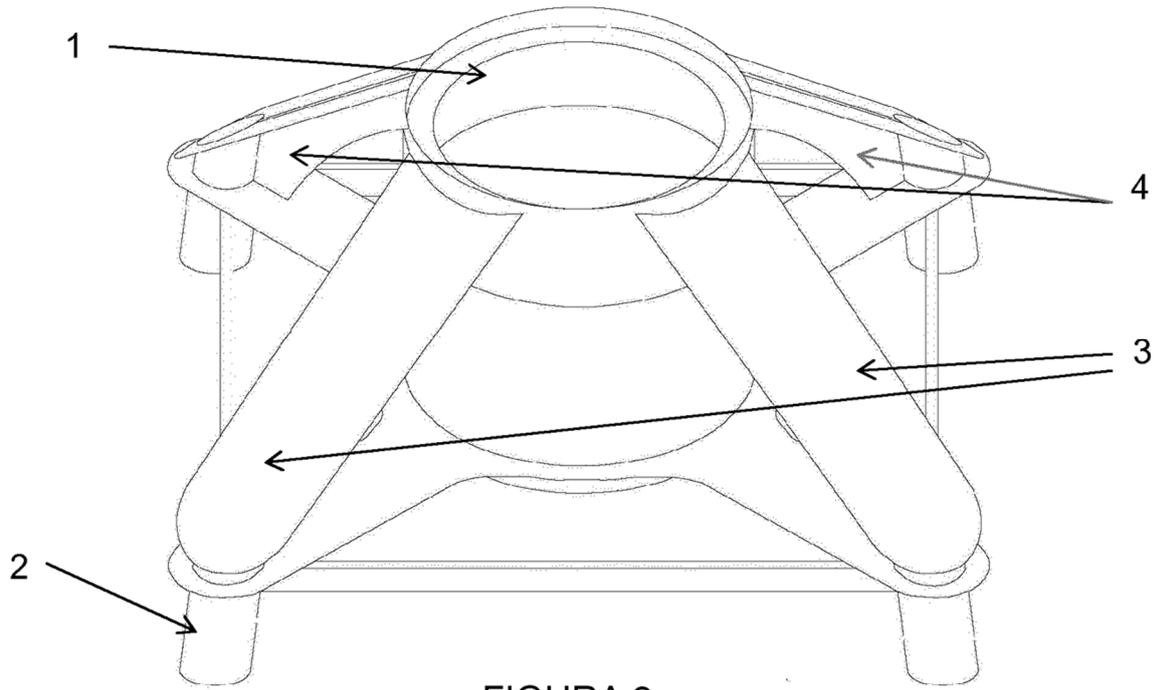


FIGURA 2

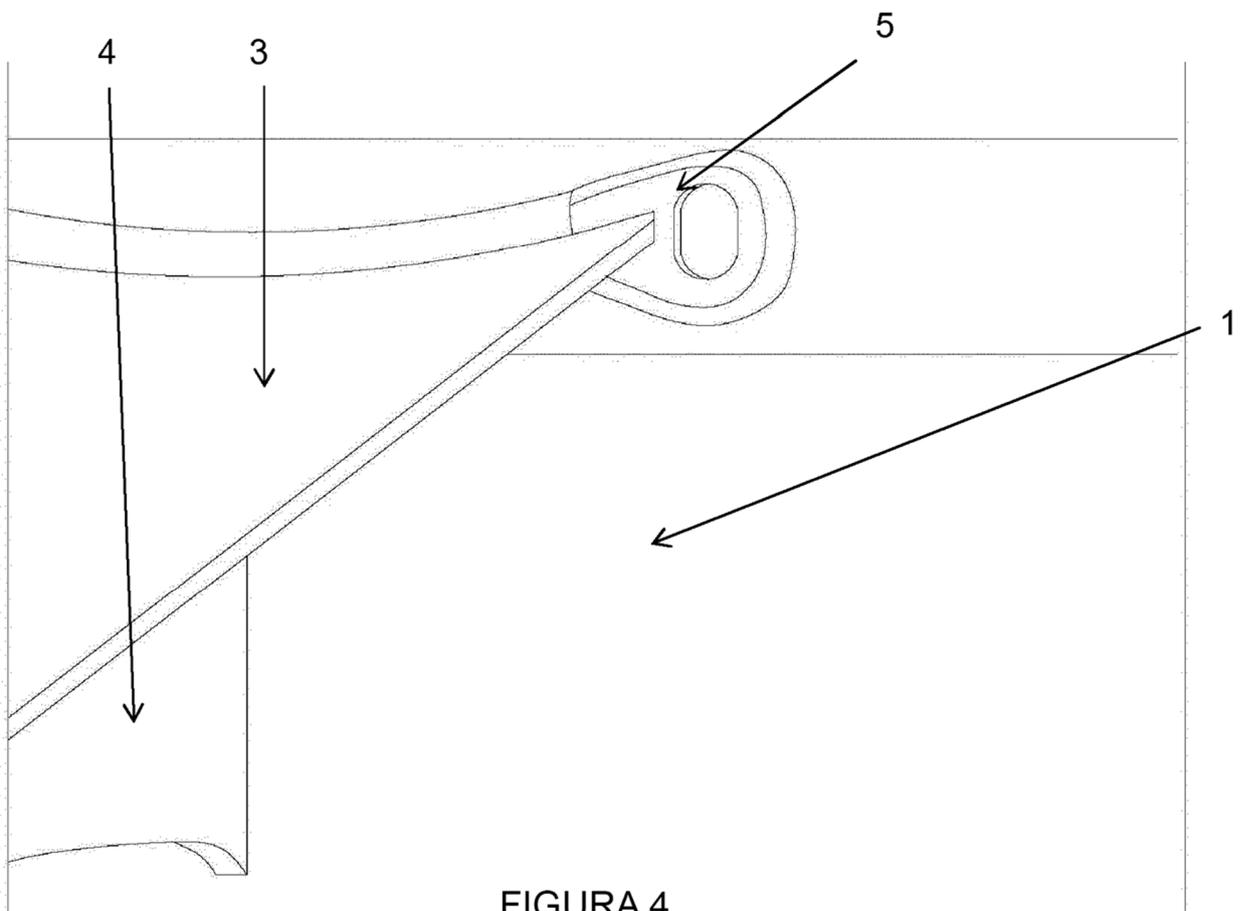


FIGURA 4

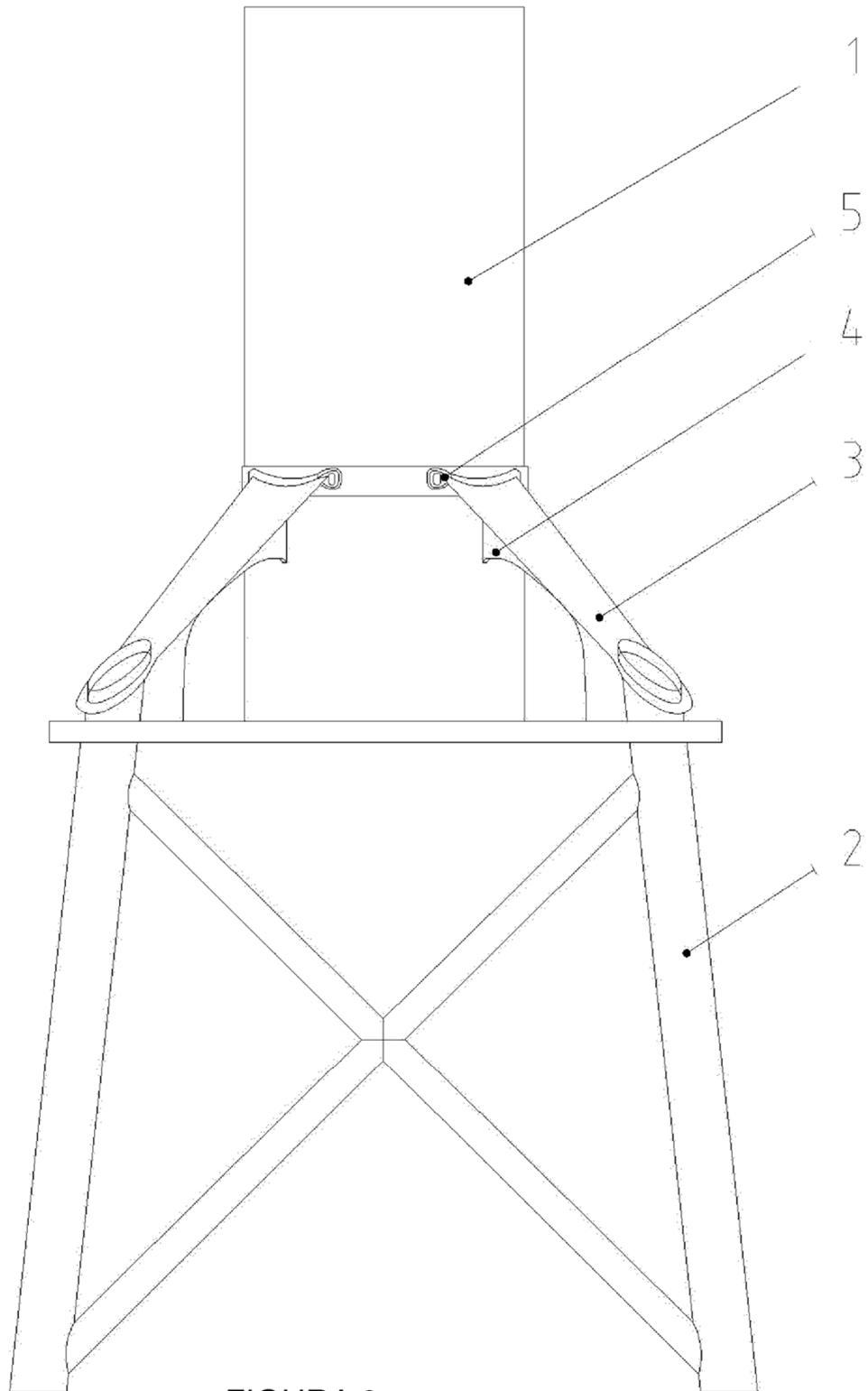


FIGURA 3

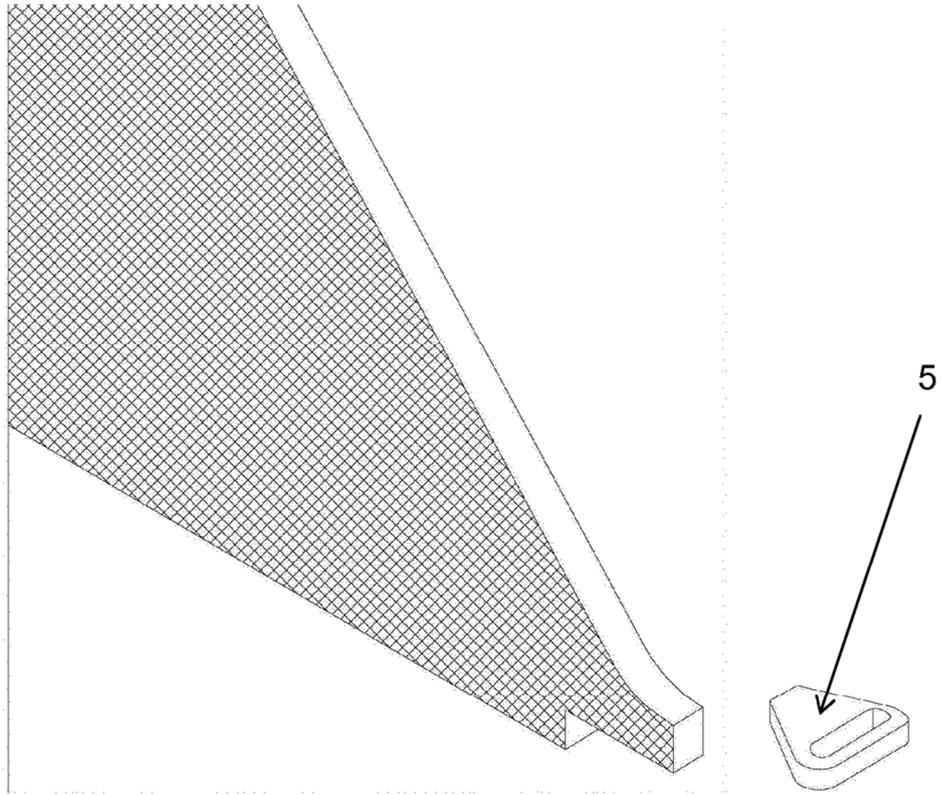


FIGURA 5

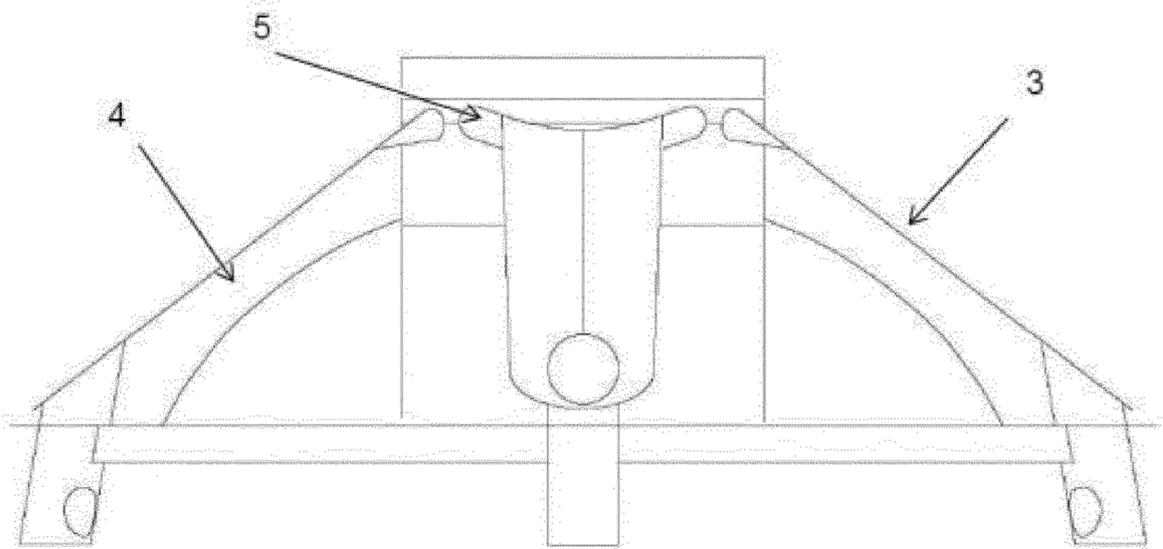


FIGURA 6

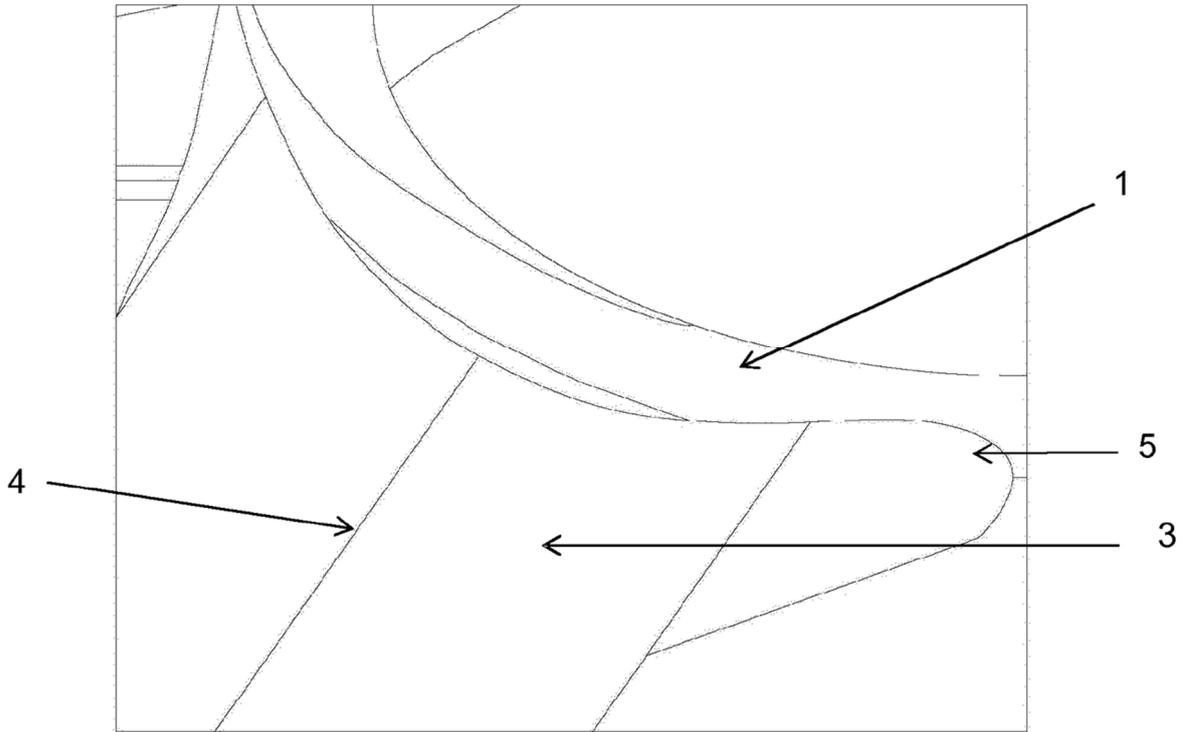


FIGURA 7a

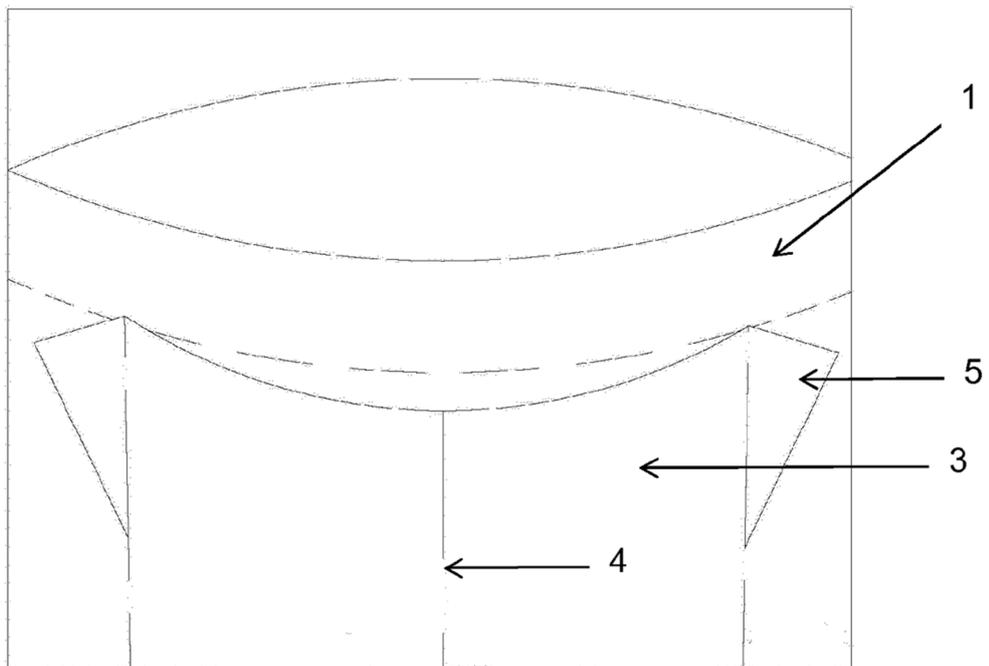


FIGURA 7b

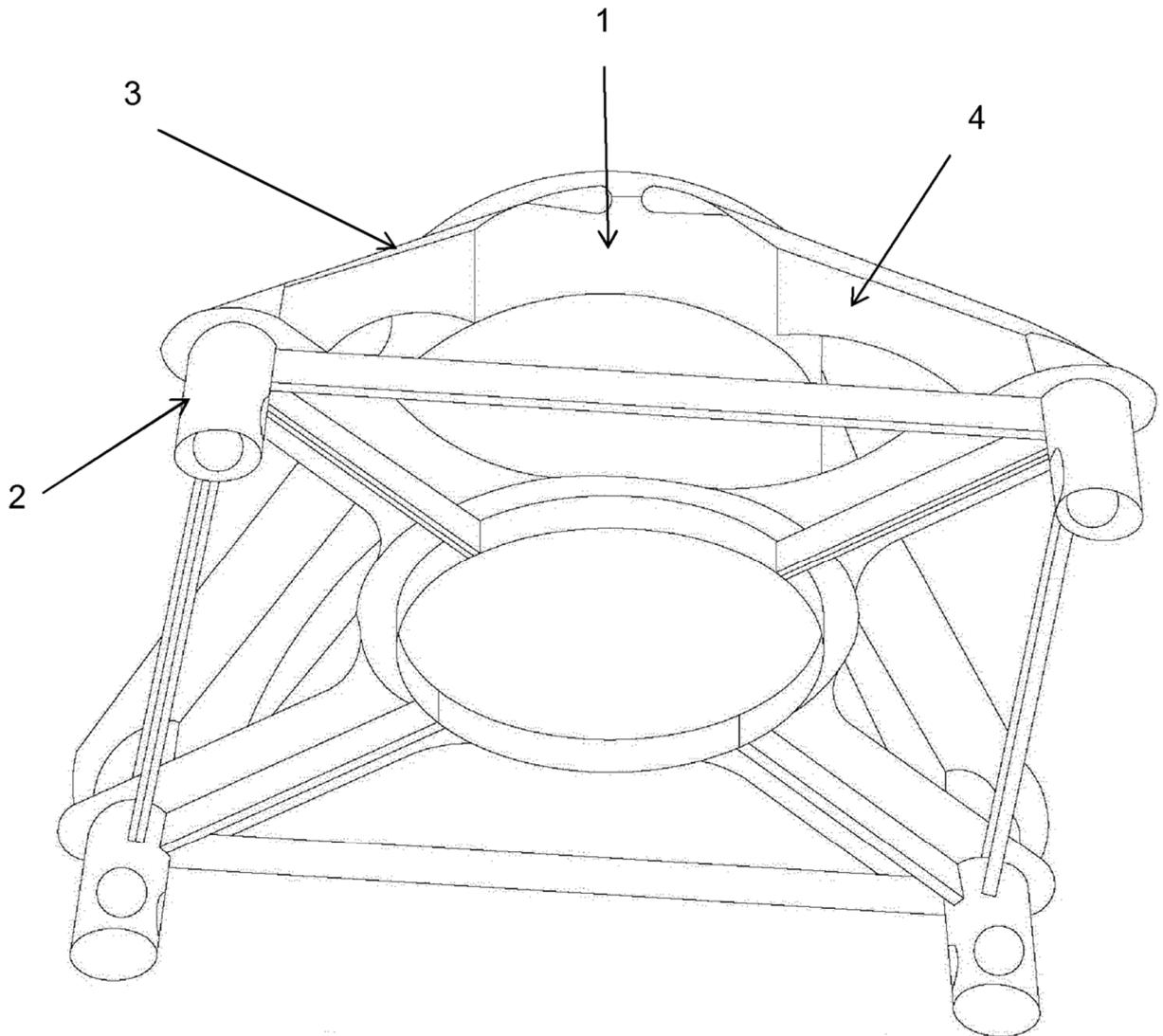


FIGURA 8