

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 929 075**

51 Int. Cl.:

E02D 27/42

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.11.2018** **E 18382875 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.08.2022** **EP 3660220**

54 Título: **Jaula de anclaje para una cimentación de una turbina eólica, método de ensamblaje de la misma y cimentación de una turbina eólica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.11.2022

73 Titular/es:

NORDEX ENERGY SPAIN, S.A.U. (100.0%)
Polígono Industrial Barasoain Parcela 2
31395 Barasoain, Navarra, ES

72 Inventor/es:

GARDUÑO ESTEBANEZ, AITOR;
DE LOS RIOS LEYVA, GONZALO;
GARCIA MAESTRE, IVAN;
ARLABÁN GABEIRAS, TERESA;
ARISTEGUI LANTERO, JOSE LUIS;
GARCÍA SAYÉS, JOSÉ MIGUEL y
NUÑEZ POLO, MIGUEL

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 929 075 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

Jaula de anclaje para una cimentación de una turbina eólica, método de ensamblaje de la misma y cimentación de una turbina eólica

Objeto de la invención

La presente invención describe una jaula de anclaje para una cimentación de una turbina eólica y el método de ensamblaje de la misma.

La jaula de anclaje comprende una placa de distribución de carga superior, una placa de distribución de carga inferior y unos primeros elementos de refuerzo que las conectan. También comprende unos segundos elementos de refuerzo, más cortos que los primeros elementos de refuerzo y conectados a la placa de distribución de carga superior y a una placa de distribución intermedia.

Antecedentes de la invención

Las jaulas de anclaje se usan para conectar las cimentaciones a las torres de turbinas eólicas de acero. Esas jaulas de anclaje suelen cubrir toda la altura desde la parte inferior de la torre hasta la parte inferior de la cimentación, donde se coloca la jaula de anclaje para transmitir los esfuerzos de los pernos a la cimentación.

Cuando los pernos están postensados, se mejora el comportamiento a la fatiga de los pernos, así como el comportamiento a la fatiga del refuerzo de la cimentación sometido a esfuerzos de tracción.

En la técnica anterior se conoce el documento CN 201705594 que desvela una jaula de refuerzo de cimentación usada para conectar un rotor de torre y una cimentación de un grupo eólico. La jaula de refuerzo de cimentación comprende una almohadilla de conexión superior, una almohadilla de conexión inferior, una estructura de jaula anular formada por espárragos de doble extremo dispuestos entre la almohadilla de conexión superior y la almohadilla de conexión inferior, y una almohadilla de ajuste ensamblada en la almohadilla de conexión inferior.

El documento WO 2017108043 desvela un método para formar una base de turbina eólica que incluye proporcionar una jaula de anclaje en un pozo de excavación, incluyendo la jaula de anclaje una brida superior, una brida inferior y una pluralidad de pernos de anclaje que se extienden entre las mismas.

También se conoce el documento CN 105002924 que se refiere a una base hueca de jaula de anclaje de suelo. La base se compone de un cuerpo principal de base vertido con hormigón, una jaula de anclaje de suelo y una capa de amortiguación, ambas incrustadas en el hormigón, en donde la capa de amortiguación está dispuesta debajo del cuerpo principal de base y la jaula de anclaje de suelo.

El documento CN203755778U desvela una torre de hormigón para turbina eólica que comprende una cimentación, un anillo de base que son elementos de refuerzo preenterrados con diferentes dimensiones a lo largo de la torre donde los elementos de refuerzo más cortos se extienden entre una placa inferior y una placa intermedia y los elementos de refuerzo más largos se extienden entre una placa superior y una placa inferior.

De manera adicional, el documento WO2011/047723 desvela una unidad de fijación de cimentación para fijar la cimentación a una torre de una turbina eólica, que comprende una placa de fijación formada como una placa de anclaje con jaulas de tuerca unidas a una superficie inferior de la misma, debajo de los orificios de fijación de torre formados en la placa de fijación. La placa de fijación se fija a la cimentación incrustándola en el hormigón húmedo durante el vertido de la cimentación. De manera adicional, incrustados en la cimentación hay tubos de perno de fijación de torre, que se extienden hacia arriba desde las aberturas de los orificios de fijación de torre a través de la cimentación y una capa de lechada formada en la parte superior de la cimentación.

El documento US-A-5.826.387 desvela una cimentación de pilotes cilíndricos, que comprende un anillo o placa superior, un anillo o placa inferior, un primer anillo o placa intermedios y un segundo anillo o placa intermedios, en donde los primeros elementos de refuerzo más largos se extienden desde el primer anillo o placa intermedios hasta la placa inferior y los segundos elementos de refuerzo más cortos se extienden desde la placa superior hasta la segunda placa intermedia. La principal ventaja es reducir la cantidad de hormigón usado, eliminar la necesidad de barras de acero de refuerzo y permitir la retirada de los cuatro a cinco pies superiores de la cimentación en el caso de que se desee tal acción para fines de desmantelamiento.

Descripción de la invención

La presente descripción se refiere a una jaula de anclaje para una cimentación de una turbina eólica que comprende unos elementos de refuerzo de diferentes longitudes que se extienden entre una placa de distribución de carga superior y una placa de distribución inferior y entre la placa de distribución de carga superior y una placa de distribución intermedia.

Los elementos de refuerzo conectan la placa de distribución de carga superior con la placa de distribución intermedia y con la placa de distribución inferior. Cuando se aplica tensión en los elementos de refuerzo, colocados en la base, el hormigón de la cimentación colocado entre las placas de distribución de carga se comprime. Los elementos de refuerzo pueden ser pernos o cables.

Una característica esencial de la invención es que existen elementos de refuerzo de dos longitudes diferentes. Los elementos de refuerzo más largos, a partir de ahora primeros elementos de refuerzo, proporcionan un valor de postensado suficiente (fuerza aplicada a cada elemento de refuerzo) que comprime el hormigón de la cimentación para mejorar su comportamiento resistente y evitar el agrietamiento del hormigón (evitando tracciones en el hormigón ante cargas cuasipermanentes). También mejoran el comportamiento a la fatiga del refuerzo de la cimentación. El hormigón postensado significa que el hormigón se vierte y a continuación se aplica la tensión.

Los elementos de refuerzo más cortos, a partir de ahora segundos elementos de refuerzo, solo cubren la parte superior de la jaula de anclaje, agregando capacidad resistente a la conexión torre-cimentación. Junto con los pernos más largos, son capaces de soportar cargas extremas.

Adicionalmente, cada grupo de elementos de refuerzo tiene diferentes valores de postensado. Una vez que el hormigón de la cimentación ha curado y la torre se ha apilado sobre la cimentación, el valor de postensado aplicado a los primeros elementos de refuerzo debe ser mayor que el valor de postensado aplicado a los segundos elementos de refuerzo, debido a que los primeros elementos de refuerzo cubren toda la altura comprendida desde la superficie inferior de la torre hasta la base de la cimentación, ayudando a comprimir el hormigón de la cimentación.

En algunas realizaciones no reivindicadas, la placa de distribución inferior y/o la placa de distribución intermedia tienen aproximadamente la mitad del ancho de una placa de las jaulas de anclaje tradicionales, de tal manera que el coste de material resultante de las placas sea similar en ambos casos (en la técnica anterior y en la presente invención).

Otra posibilidad es que cada uno de los segundos elementos de refuerzo (por ejemplo, los pernos cortos) tengan asociada su propia placa modular (individual) en lugar de estar unidos a una placa continua (por ejemplo, con un anillo) para todo el grupo de elementos de refuerzo. Esta solución conduce a un ahorro de material.

Adicionalmente, la suma total de la longitud de los elementos de refuerzo es menor que en la técnica anterior y ya que los segundos elementos de refuerzo son más cortos que los primeros elementos de refuerzo, permite aumentar adicionalmente la longitud de los primeros elementos de refuerzo, permitiendo comprimir mayores alturas de cimentación sin aumentar los costes de la jaula de anclaje.

Esta nueva jaula de anclaje es especialmente ventajosa en el caso de cimentaciones con pedestal alto, ya que el pedestal alto permite reducir la altura necesaria de la torre de acero y posibilita la supresión de la puerta en la primera sección de la torre, colocándola en el propio pedestal alto.

En pedestales altos se suele incluir una jaula de anclaje tradicional, sin embargo, como todos los elementos de refuerzo (en general, pernos) cubren toda la altura comprendida desde la superficie inferior de la torre hasta la base de la cimentación, la puerta debe localizarse necesariamente en la primera sección de la torre en lugar de colocarse en el propio pedestal alto, aumentando el coste de material (si la puerta se coloca en el pedestal alto, los elementos de refuerzo impiden la entrada a la torre).

El uso de una jaula de anclaje de doble altura en este tipo de cimentaciones tiene asociada una importante ventaja económica, permitiendo una reducción de la longitud total de los pernos necesarios y haciendo que la solución sea muy competitiva.

La presente invención permite importantes ahorros en el coste de material en diseños de cimentaciones con pedestal alto, reduciendo la cantidad de pernos necesarios en aproximadamente un 40 %.

Los elementos de refuerzo primero y segundo están alojados en fundas.

También es un objeto de la invención un método de ensamblaje como se define en la reivindicación 17.

También se proporciona una cimentación que comprende la jaula de anclaje, en la que, el valor de postensado total proporcionado en una parte superior de la cimentación es diferente del valor de postensado total proporcionado en una parte inferior de la cimentación. En una realización preferente de la invención, dicho valor de postensado en la parte superior de la cimentación es mayor que el valor de postensado total proporcionado en la parte inferior de la cimentación.

Descripción de los dibujos

Para complementar la descripción que se realiza y con el fin de contribuir a una mejor comprensión de las

características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de la realización práctica de esta, se adjunta un conjunto de dibujos como una parte integral de dicha descripción en donde, con carácter ilustrativo y no limitante, se ha representado lo siguiente:

- 5 Figuras 1A-C.- Muestran una jaula de anclaje de la técnica anterior y unas vistas en sección de jaulas de anclaje para una cimentación con pedestal y con pedestal alto respectivamente.
- Figuras 2A-B.- Muestran unas vistas en sección de las presentes jaulas de anclaje para una cimentación con pedestal y con pedestal alto respectivamente.
- 10 Figura 3.- Muestra una vista superior de una jaula de anclaje en una realización en la que los primeros elementos de refuerzo y los segundos elementos de refuerzo están distribuidos alternativa y homogéneamente formando una misma fila circunferencial única.
- 15 Figura 4.- Muestra una vista delantera de la jaula de anclaje de la figura 3.
- Figura 5.- Muestra una vista en perspectiva de una jaula de anclaje en una realización en la que los primeros elementos de refuerzo forman una primera fila circunferencial y los segundos elementos de refuerzo forman una segunda fila circunferencial y el diámetro de la primera fila circunferencial es mayor que el diámetro de la segunda fila circunferencial.
- 20 Figura 6.- Muestra una vista delantera de la jaula de anclaje de la figura 5.
- Figura 7.- Muestra una vista superior de una jaula de anclaje de la realización mostrada en la figura 8, en la que los primeros elementos de refuerzo forman una segunda fila circunferencial y los segundos elementos de refuerzo forman una primera fila circunferencial.
- 25 Figura 8.- Muestra una vista en perspectiva de una jaula de anclaje en la misma realización mostrada en una vista superior en la figura 7.
- 30 Figura 9.- Muestra una vista en perspectiva de una jaula de anclaje en una realización en la que los primeros elementos de refuerzo y los segundos elementos de refuerzo están distribuidos alternativa y homogéneamente a lo largo de la primera fila circunferencial y la segunda fila circunferencial.
- 35 Figura 10A.- Muestra una realización en donde los elementos de refuerzo están distribuidos en dos filas circunferenciales separadas y se combinan de la siguiente manera: dos pares de primeros elementos de refuerzo seguidos de seis pares de segundos elementos de refuerzo.
- 40 Figura 10B.- Muestra un pedestal alto que comprende la jaula de anclaje, en donde los primeros elementos de refuerzo cubren toda la altura comprendida desde la superficie inferior de la torre hasta la base de la cimentación y los segundos elementos de refuerzo y su correspondiente placa de distribución de carga intermedia se colocan sobre la puerta para dejar la puerta libre de obstáculos.
- 45 Figura 11.- Muestra una vista de una realización en la que la placa de distribución de carga inferior y la placa de distribución de carga intermedia comprenden una pluralidad de placas modulares para cada elemento de refuerzo.
- Figura 12.- Muestra una vista en sección de una cimentación con pedestal que comprende la jaula de anclaje para ilustrar las etapas del método de ensamblaje.
- 50 Figuras 13A-B.- Muestran una vista en sección de una cimentación con pedestal alto que comprende la jaula de anclaje para ilustrar las etapas del método de ensamblaje. La figura 13A es la primera etapa del ensamblaje y la figura 13B es la segunda y última etapa del ensamblaje.

Realización preferente de la invención

- 55 En las figuras 1A-C se muestran dos ejemplos de jaulas de anclaje de última generación. Como se ha descrito anteriormente, las jaulas de anclaje conocidas para cimentaciones de turbinas eólicas comprenden una placa superior, una placa inferior y una pluralidad de pernos de anclaje que se extienden entre las mismas como se muestra en la figura 1A. En la figura 1B se muestra una sección de un primer ejemplo de cimentación con pedestal. En la figura 1C se muestra una sección de un segundo ejemplo de cimentación, en este caso con un pedestal alto. En ambos casos se muestran una placa superior (16), una placa inferior (17) y unos pernos (18) que se extienden entre las mismas.
- 60

- La jaula de anclaje (19) de la presente invención puede observarse, por ejemplo, en las figuras 2A y B. Comprende al menos una placa de distribución de carga superior (1) y al menos una placa de distribución de carga inferior (2) y una pluralidad de primeros elementos de refuerzo (3) que se extienden entre la placa de distribución de carga superior (1) y la placa de distribución de carga inferior (2) y las conectan. La jaula de anclaje (19) comprende además al menos
- 65

una placa de distribución de carga intermedia (4) colocada entre la placa de distribución de carga superior (1) y la placa de distribución de carga inferior (2). También comprende una pluralidad de segundos elementos de refuerzo (5) que se extienden entre la placa de distribución de carga superior (1) y la al menos una placa de distribución intermedia (4). Estos segundos elementos de refuerzo (5) son más cortos que los primeros elementos de refuerzo (3).

5 En la figura 3 se muestra una vista superior de la placa de distribución de carga superior (1). Se representa una realización de la invención en la que los primeros elementos de refuerzo (3) y los segundos elementos de refuerzo (5) se distribuyen de manera alterna y homogénea formando una misma fila circunferencial única (15).

10 El término "alternativamente" se refiere a formar un patrón que se repite, por ejemplo, puede ser un primer elemento de refuerzo (3) seguido de un segundo elemento de refuerzo (5) y así sucesivamente u otros patrones. El término "homogéneamente" se refiere a una distribución donde todos los elementos de refuerzo (3, 5) están separados la misma distancia.

15 En la figura 4 se muestra una vista delantera de la jaula de anclaje (19) de la realización de la figura 3. Como puede verse, los primeros elementos de refuerzo (3) y los segundos elementos de refuerzo (5) se distribuyen alternativamente.

20 En otra realización de la invención, mostrada en la figura 5, los primeros elementos de refuerzo (3) y los segundos elementos de refuerzo (5) están distribuidos en dos filas circunferenciales separadas. En este caso, los primeros elementos de refuerzo (3) se distribuyen a lo largo de una primera fila circunferencial (8) y los segundos elementos de refuerzo (5) se distribuyen a lo largo de una segunda fila circunferencial (9).

25 En la figura 6 se representa una vista delantera de la realización mostrada en la figura 5. Como puede verse en la figura, los segundos elementos de refuerzo (5) se colocan en la parte interior de la jaula de anclaje (19) y los primeros elementos de refuerzo (3) se colocan en la parte exterior de la jaula de anclaje (19). El diámetro de la primera fila circunferencial (8) es mayor que el diámetro de la segunda fila circunferencial (9).

30 En la figura 8 puede apreciarse una vista en perspectiva de la jaula de anclaje (19) de otra realización de la invención. Los primeros elementos de refuerzo (3) se colocan en la parte interior de la jaula de anclaje (19) y los segundos elementos de refuerzo (5) se colocan en la parte exterior de la jaula de anclaje (19). En la figura 7 se muestra una vista superior de la realización de la figura 8 en la que se muestra que los segundos elementos de refuerzo (5) se colocan formando una primera fila circunferencial (8) y los primeros elementos de refuerzo (3) se colocan formando una segunda fila circunferencial (9). El diámetro de la primera fila circunferencial (8) es mayor que el diámetro de la segunda fila circunferencial (9).

35 En otra realización de la invención, mostrada en la figura 9, los primeros elementos de refuerzo (3) y los segundos elementos de refuerzo (5) están distribuidos alternativa y homogéneamente a lo largo de la primera fila circunferencial y la segunda fila circunferencial.

40 La figura 10A muestra una realización preferente en donde los elementos de refuerzo (3, 5), que son preferentemente pernos, se distribuyen en grupos. En una realización de la invención, los grupos se distribuyen en dos filas circunferenciales separadas. Preferentemente, al menos un grupo se distribuye de la siguiente manera: 2 pares de primeros elementos de refuerzo (3) (pernos largos) seguidos de 6 pares de segundos elementos de refuerzo (5) (pernos cortos). Por ejemplo pueden ser 36 primeros elementos de refuerzo (3) localizados desde la parte superior del pedestal hasta la base de la cimentación y 108 segundos elementos de refuerzo (5).

45 Esta configuración de la jaula de anclaje (19) es especialmente ventajosa en el caso de cimentaciones con pedestal alto, ya que permite colocar la puerta (12) entre dos grupos consecutivos de los primeros elementos de refuerzo (3) y debajo de los segundos elementos de refuerzo (5). De esta forma puede suprimirse la puerta (12) de la primera sección de la torre y colocarla en la parte superior de la propia cimentación. Además, el pedestal alto permite una reducción de la altura necesaria de la torre de acero.

50 La figura 10B muestra una vista en sección de una cimentación con pedestal alto que comprende la jaula de anclaje (19), en donde los primeros elementos de refuerzo (3) (pernos largos) cubren toda la altura comprendida desde la superficie inferior de la torre hasta la base de la cimentación, ayudando a comprimir el hormigón de la cimentación, y sobre la puerta (12) se colocan los segundos elementos de refuerzo (5) (pernos cortos) y su correspondiente placa de distribución de carga intermedia (4) para dejar libre de obstáculos la puerta (12). El hecho de colocar la puerta (12) en el pedestal alto en lugar de colocarla en la primera sección de la torre supone un elevado ahorro económico por las razones explicadas anteriormente. Si el pedestal alto es demasiado largo, los primeros elementos de refuerzo (3) pueden comprender unos acopladores (20), como se muestra en dicha figura 10B, con el fin de obtener unos primeros elementos de refuerzo (3) de longitud suficiente.

55 En las figuras 5, 8 y 9, se muestran diferentes realizaciones en las que la placa de distribución de carga intermedia (4) y la al menos una placa de distribución de carga inferior (2) son placas continuas.

Sin embargo en la figura 11 se muestra una realización en la que las placas de distribución de carga (2, 4) son placas modulares para cada elemento de refuerzo (3, 5). Adicionalmente, la figura 10A muestra otra realización en la que las placas de distribución de carga (2, 4) comprenden placas modulares para un conjunto de elementos de refuerzo (3, 5).

5 La placa de distribución de carga superior (1), la placa de distribución de carga inferior (2) y la placa de distribución de carga intermedia (4) pueden ser placas continuas formadas como un anillo continuo o pueden comprender módulos que forman un anillo continuo.

10 En una realización preferente, el valor de postensado aplicado a cada segundo elemento de refuerzo (5) es menor que el valor de postensado aplicado a cada primer elemento de refuerzo (3), ya que no es recomendable que haya demasiado valor de postensado en la parte superior de la jaula de anclaje (19). Con esta jaula de anclaje (19) se trata de proporcionar el mayor número posible de conexiones a la torre (primeros elementos de refuerzo (3) y segundos elementos de refuerzo (5) en la parte superior de la jaula de anclaje (19) para fijar correctamente la torre a la
15 cimentación, mientras que en la parte inferior de la jaula de anclaje (19), es mejor tener pocos elementos de refuerzo (primeros elementos de refuerzo (3)) pero de máximo postesado, debido a que los primeros elementos de refuerzo (3) son muy largos, ya que cubren toda la altura comprendida desde la superficie inferior de la torre hasta la base de la cimentación, ayudando a comprimir el hormigón de la cimentación. La parte superior de la jaula de anclaje (19) se considera que es desde la placa de distribución de carga intermedia (4) hasta la placa de distribución de carga superior (1) y la parte inferior de la jaula de anclaje (19) se considera que es desde el placa de distribución de carga inferior (2) hasta la placa de distribución de carga intermedia (4).
20

Todos los primeros elementos de refuerzo (3) tienen el mismo valor de postensado. Todos los segundos elementos de refuerzo (5) tienen el mismo valor de postensado.

25 En otra realización que no se reivindica, el valor de postensado aplicado a los elementos de refuerzo primero y segundo (3, 5) puede ser el mismo.

30 En otra realización el valor de postensado total (la suma de los valores de postensado aplicados a cada elemento de refuerzo) proporcionado en la parte superior de la jaula de anclaje (19) es mayor que el valor de postensado total proporcionado en la parte inferior de la jaula de anclaje (19), ya que la parte superior está sometida al valor de postensado aplicado a los elementos de refuerzo primero y segundo (3, 5) mientras que la parte inferior solo está sometida al valor de postensado aplicado a los primeros elementos de refuerzo (3).

35 La anchura de cada placa de distribución de carga (1, 2, 4) y el diámetro de los elementos de refuerzo (3, 5) pueden adaptarse a diferentes medidas y pesos de la cimentación y/o las torres de turbina eólica. En una realización de la invención, la anchura de la al menos una placa de distribución de carga intermedia (4) y/o la anchura de la al menos una placa de distribución de carga inferior (2) son menores que la anchura de la al menos una placa de distribución de carga superior (1).
40

En una realización que no se reivindica, los segundos elementos de refuerzo (5) tienen una longitud mínima de 0,8 metros y una longitud máxima sustancialmente igual a 2 metros. En general, cuanto mayor sea la longitud de los segundos elementos de refuerzo (5), mejor se comportará el hormigón, pero se ha comprobado que a partir de una longitud máxima determinada, tal como 2 metros, el comportamiento del hormigón no mejora, por lo que no tiene
45 sentido aumentar la longitud de los segundos elementos de refuerzo (5), ahorrando de esta manera material.

La longitud mínima y máxima de los segundos elementos de refuerzo (5) dependerá de: el número de elementos de refuerzo, las cargas de fatiga, las propiedades del hormigón y las propiedades de los elementos de refuerzo, las cargas de postensado, etc.

50 Preferentemente, los elementos de refuerzo (3, 5) se seleccionan entre pernos, cables o una combinación de los mismos.

Evidentemente, el número de segundos elementos de refuerzo (5) puede ser diferente del número de primeros elementos de refuerzo (3) o puede ser igual.

La al menos una placa de distribución de carga intermedia (4) y la al menos una placa de distribución de carga inferior (2) se seleccionan entre una placa continua y placas modulares para cada elemento de refuerzo (3, 5) o conjunto de elementos de refuerzo (3, 5).
60

También se desvela un método de ensamblaje de la jaula de anclaje descrita (19) en una cimentación con pedestal. El método comprende las siguientes etapas:

- a) colocar al menos una placa de distribución de carga inferior (2) sobre unas patas niveladoras (10) que se encuentran en la base de un orificio en el suelo que pretende ser la base (11) de la cimentación;
- b) unir un extremo de los primeros elementos de refuerzo (3) a la al menos una placa de distribución de carga

inferior (2);

c) colocar al menos la placa de distribución de carga superior (1) sobre el otro extremo de los primeros elementos de refuerzo (3);

5 d) unir un extremo de los segundos elementos de refuerzo (5) a la al menos una placa de distribución de carga superior (1) y dejar los segundos elementos de refuerzo (5) colgando de dicha al menos una placa de distribución de carga superior (1); los otros extremos de los segundos elementos de refuerzo (5) se unen a la al menos una placa de distribución de carga intermedia (4);

e) verter hormigón hasta la al menos una placa de distribución de carga superior (1) para construir la cimentación.

10 En la figura 12 pueden apreciarse las patas niveladoras (10) y los elementos de la jaula de anclaje (19).

En otra realización que no se reivindica, en la que la cimentación con la jaula de anclaje (19) es una cimentación con pedestal alto, el método de ensamblaje comprende adicionalmente las siguientes subetapas que se realizan después de la etapa

15 b) (unir un extremo de los primeros elementos de refuerzo (3) a la al menos una placa de distribución de carga inferior (2)) y antes de la etapa c) (colocar la al menos una placa de distribución de carga superior (1) sobre el otro extremo de los primeros elementos de refuerzo (3));

20 b1) colocar una plantilla temporal (13) a cierta altura de los primeros elementos de refuerzo (3);

b2) verter hormigón hasta la plantilla (13) para construir una parte inferior de la cimentación (7), dejando las patas niveladoras (10) incrustadas en el hormigón,

b3) retirar la plantilla (13).

25 En una realización de la invención, la etapa d) del método definido en la reivindicación 17 puede ser anterior a la etapa c), específicamente cuando la al menos una placa de distribución de carga intermedia (4) es una placa continua. En este caso, en la etapa d) un conjunto formado por los segundos elementos de refuerzo (5), la al menos una placa de distribución de carga superior (1) y la al menos una placa de distribución de carga intermedia (4) pueden montarse fuera del orificio de la cimentación.

30 También de acuerdo con esta realización de la invención, una vez que se ha montado el conjunto (los segundos elementos de refuerzo (5), la al menos una placa de distribución de carga superior (1) y la al menos una placa de distribución de carga intermedia (4)), la al menos una placa de distribución de carga superior (1) está unida al otro extremo de los primeros elementos de refuerzo (3) de tal manera que los segundos elementos de refuerzo (5) y la al menos una placa de distribución de carga intermedia (4) permanecen colgando de la al menos una placa de distribución de carga superior (1). Para montar el conjunto sobre los primeros elementos de refuerzo (3) solo es necesario introducir la al menos una placa de distribución de carga intermedia (4), que comprende una pluralidad de orificios, en los primeros elementos de refuerzo (3) (cada orificio en correspondencia con un primer elemento de refuerzo). Esta etapa acaba el conjunto de la jaula de anclaje (19).

40 Adicionalmente, una vez hormigonada (y curada) la parte inferior de la cimentación (7) puede colocarse un encofrado (14) sobre las misma, posteriormente puede anclarse la al menos una placa de distribución de carga superior (1) al encofrado (14) para garantizar la estabilidad de la jaula de anclaje (19) y evitar el fallo por pandeo de los primeros elementos de refuerzo (3).

45 Estas etapas pueden verse en las figuras 13A-B. En la figura 13A puede verse la parte inferior de la cimentación (7) con las patas niveladoras (10) y primeros elementos de refuerzo (3). En la figura 13B puede verse el encofrado (14) de la parte superior de la cimentación (6) y los segundos elementos de refuerzo (5).

50 El método comprende además aplicar un valor de postensado a los elementos de refuerzo (3, 5), una vez que el hormigón de la cimentación se haya curado y la torre se haya apilado sobre la cimentación.

55 En el caso de que la al menos una placa de distribución de carga inferior (2) comprenda unas placas modulares para cada elemento de refuerzo (3, 5) o conjunto de elementos de refuerzo (3, 5) o comprenda módulos que formen un anillo continuo sería necesario usar unas herramientas adicionales para colocar la al menos una placa de distribución de carga inferior (2) en las patas niveladoras (10).

En ambos métodos la jaula de anclaje (19) y las patas niveladoras (10) quedan incrustadas en el hormigón.

60 También es un objeto de la presente invención una cimentación (6) como se define en la reivindicación 15.

Preferentemente, el valor de postensado total proporcionado en la parte superior de la cimentación (6) es mayor que el valor de postensado total proporcionado en la parte inferior de la cimentación (7).

65 El alcance de la protección de la presente invención está definido por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Jaula de anclaje (19) para una cimentación de una turbina eólica que comprende al menos una placa de distribución de carga superior (1), al menos una placa de distribución de carga inferior (2) y una pluralidad de primeros elementos de refuerzo (3) que se extienden entre la al menos una placa de distribución de carga superior (1) y la al menos una placa de distribución de carga inferior (2), **caracterizada por que** comprende además al menos una placa de distribución de carga intermedia (4) colocada entre la placa de distribución de carga superior (1) y la placa de distribución de carga inferior (2), y una pluralidad de segundos elementos de refuerzo (5) que se extienden entre la al menos una placa de distribución de carga superior (1) y la al menos una placa de distribución de carga intermedia (4), siendo los segundos elementos de refuerzo (5) más cortos que los primeros elementos de refuerzo (3).
2. Jaula de anclaje (19) para una cimentación de una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1 **caracterizada por que** los primeros elementos de refuerzo (3) y los segundos elementos de refuerzo (5) están distribuidos a lo largo de una sola fila circunferencial (15).
3. Jaula de anclaje (19) para una cimentación de una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 2 **caracterizada por que** los primeros elementos de refuerzo (3) y los segundos elementos de refuerzo (5) se distribuyen alternativamente a lo largo de la fila circunferencial única (15).
4. Jaula de anclaje (19) para una cimentación de una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1 **caracterizada por que** los primeros elementos de refuerzo (3) y los segundos elementos de refuerzo (5) están distribuidos a lo largo de dos filas circunferenciales: una primera fila circunferencial (8) y una segunda fila circunferencial (9) en donde el diámetro de la primera fila circunferencial (8) es mayor que el diámetro de la segunda fila circunferencial (9).
5. Jaula de anclaje (19) para una cimentación de una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 4 **caracterizada por que** los primeros elementos de refuerzo (3) y los segundos elementos de refuerzo (5) se distribuyen de acuerdo con una configuración en la que los primeros elementos de refuerzo (3) se distribuyen a lo largo de la primera fila circunferencial (8) y los segundos elementos de refuerzo (5) se distribuyen a lo largo de la segunda fila circunferencial (9) o de acuerdo con una configuración en la que los primeros elementos de refuerzo (3) se distribuyen a lo largo de la segunda fila circunferencial (9) y los segundos elementos de refuerzo (5) se distribuyen a lo largo de la primera fila circunferencial (8).
6. Jaula de anclaje (19) para una cimentación de una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 5 **caracterizada por que** la anchura de la al menos una placa de distribución de carga intermedia (4) y/o la anchura de la al menos una placa de distribución de carga inferior (2) son menores que la anchura de la al menos una placa de distribución de carga superior (1).
7. Jaula de anclaje (19) para una cimentación de una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 4 **caracterizada por que** los primeros elementos de refuerzo (3) y los segundos elementos de refuerzo (5) se distribuyen alternativamente a lo largo de la primera fila circunferencial (8) y la segunda fila circunferencial (9).
8. Jaula de anclaje (19) para una cimentación de una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 7 **caracterizada por que** los primeros elementos de refuerzo (3) y los segundos elementos de refuerzo (5) están igualmente distribuidos a lo largo de la primera fila circunferencial (8) y la segunda fila circunferencial (9).
9. Jaula de anclaje (19) para una cimentación de una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 8 **caracterizada por que** los elementos de refuerzo (3, 5) se distribuyen en grupos, en donde al menos un grupo se distribuye de la siguiente manera: 2 pares de primeros elementos de refuerzo (3) seguidos de 6 pares de segundos elementos de refuerzo (5).
10. Jaula de anclaje (19) para una cimentación de una turbina eólica de acuerdo con las reivindicaciones anteriores **caracterizada por que** un valor de postensado aplicado a cada segundo elemento de refuerzo (5) es menor que el valor de postensado aplicado a cada primer elemento de refuerzo (3).
11. Jaula de anclaje (19) para una cimentación de una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 10 **caracterizada por que** el valor de postensado total proporcionado en una parte superior de la jaula de anclaje (19) es mayor que el valor de postensado total proporcionado en una parte inferior de la jaula de anclaje (19).
12. Jaula de anclaje (19) para una cimentación de una turbina eólica de acuerdo con las reivindicaciones anteriores **caracterizada por que** la al menos una placa de distribución de carga intermedia (4) y la al menos una placa de distribución de carga inferior (2) se seleccionan entre una placa continua y/o unas placas modulares para cada elemento de refuerzo (3, 5) o conjunto de elementos de refuerzo (3, 5).
13. Jaula de anclaje (19) para una cimentación de una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizada por que** los primeros elementos de refuerzo (3) y los segundos elementos de refuerzo (5) se distribuyen homogéneamente.

14. Jaula de anclaje (19) para una cimentación de una turbina eólica de acuerdo con las reivindicaciones anteriores **caracterizada por que** los elementos de refuerzo (3, 5) se seleccionan entre pernos, cables o una combinación de los mismos.

5 15. Cimentación de una turbina eólica que comprende la jaula de anclaje (19) descrita en las reivindicaciones 1 a 14 **caracterizada por que** un valor de postensado total proporcionado en una parte superior de la cimentación (6) es diferente de un valor de postensado total proporcionado en una parte inferior de la cimentación (7).

10 16. Cimentación de una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 15 **caracterizada por que** el valor de postensado total proporcionado en la parte superior de la cimentación (6) es mayor que el valor de postensado total proporcionado en la parte inferior de la cimentación (7).

15 17. Método de ensamblaje de una cimentación que comprende la jaula de anclaje (19) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, **caracterizado por que** comprende las siguientes etapas:

a) colocar al menos una placa de distribución de carga inferior (2) sobre unas patas niveladoras (10) que se encuentran en la base de un orificio en el suelo que pretende ser la base (11) de la cimentación;

20 b) unir un extremo de los primeros elementos de refuerzo (3) a la al menos una placa de distribución de carga inferior (2);

c) colocar la al menos una placa de distribución de carga superior (1) sobre el otro extremo de los primeros elementos de refuerzo (3);

25 d) unir un extremo de los segundos elementos de refuerzo (5) a la al menos una placa de distribución de carga superior (1) y unir el otro extremo de los segundos elementos de refuerzo (5) a la al menos una placa de distribución de carga intermedia (4);

e) verter hormigón hasta la al menos una placa de distribución de carga superior (1) para construir la cimentación.

18. Método de ensamblaje de acuerdo con la reivindicación 17 **caracterizado por que**, entre las etapas b) y c) comprende las siguientes subetapas:

30 b1) colocar una plantilla (13) a cierta altura de los primeros elementos de refuerzo (3);

b2) verter hormigón hasta la plantilla (13) para construir una parte inferior de la cimentación (7);

b3) retirar la plantilla (13).

35 19. Método de ensamblaje de acuerdo con las reivindicaciones 17 o 18, **caracterizado por que** la etapa d) es anterior a la etapa c).

20. Método de ensamblaje de acuerdo con la reivindicación 19, **caracterizado por que** en la etapa d) un conjunto formado por los segundos elementos de refuerzo (5), la al menos una placa de distribución de carga superior (1) y la al menos una placa de distribución de carga intermedia (4) se monta fuera del orificio de la cimentación.

40 21. Método de ensamblaje de acuerdo con la reivindicación 20, **caracterizado por que** una vez montado el conjunto, la al menos una placa de distribución de carga superior (1) está unida al otro extremo de los primeros elementos de refuerzo (3) de tal manera que los segundos elementos de refuerzo (5) y la al menos una placa de distribución de carga intermedia (4) permanecen colgando de la al menos una placa de distribución de carga superior (1).

45 22. Método de ensamblaje de acuerdo con la reivindicación 18 **caracterizado por que** comprende además colocar un encofrado (14) sobre la parte inferior de la cimentación (7) una vez hormigonada la parte inferior de la cimentación (7) y anclar la al menos una placa de distribución de carga superior (1) al encofrado (14) para garantizar la estabilidad de la jaula de anclaje (19).

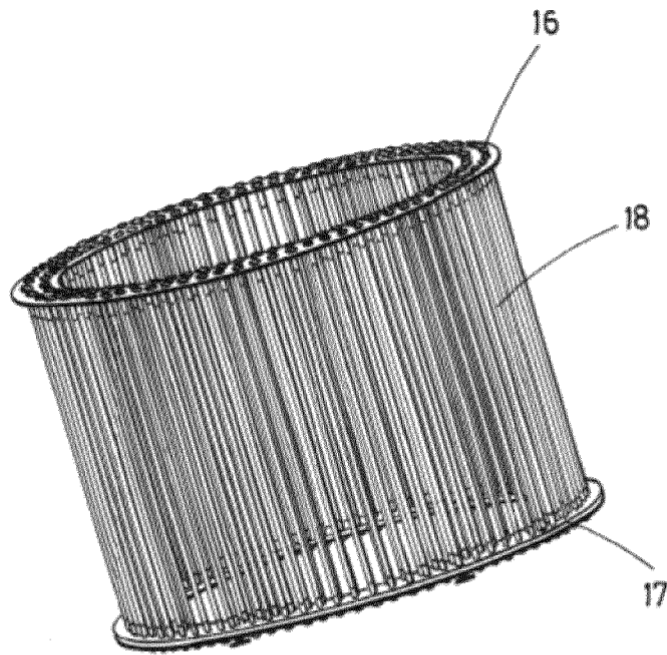


FIG.1A
ESTADO DE LA TÉCNICA

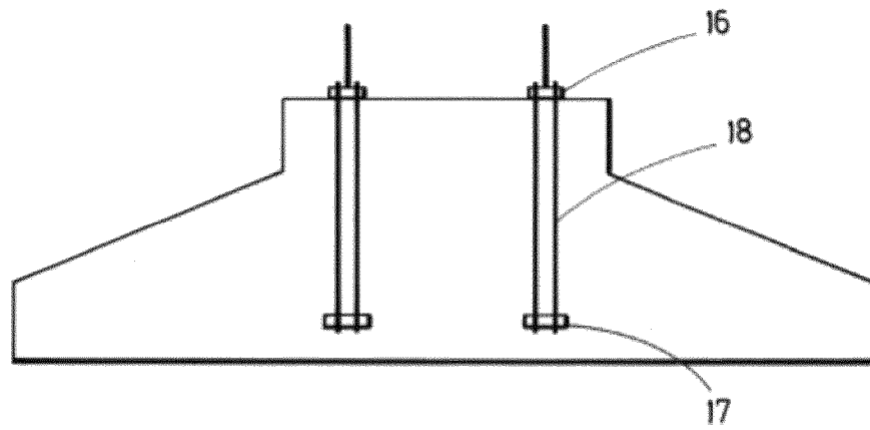


FIG.1B
ESTADO DE LA TÉCNICA

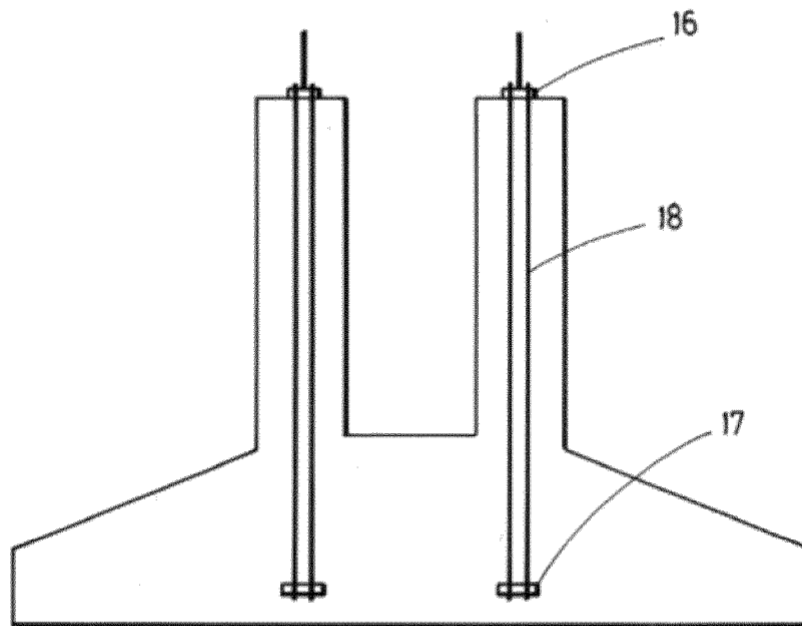


FIG.1C
ESTADO DE LA TÉCNICA

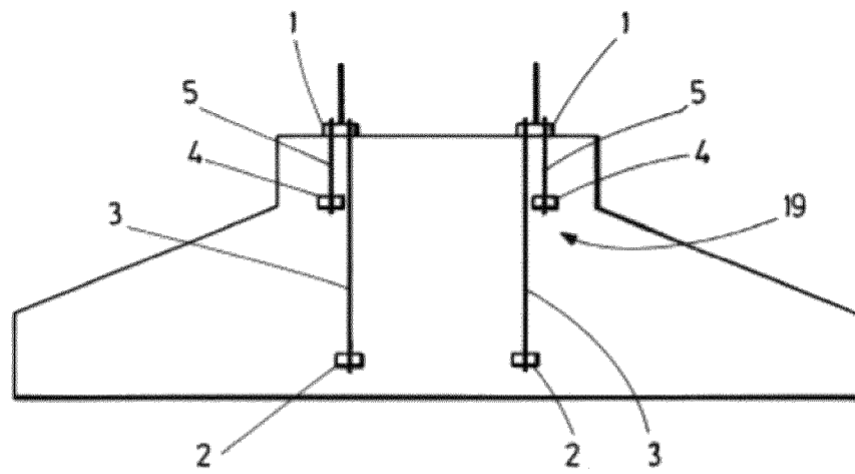


FIG.2A

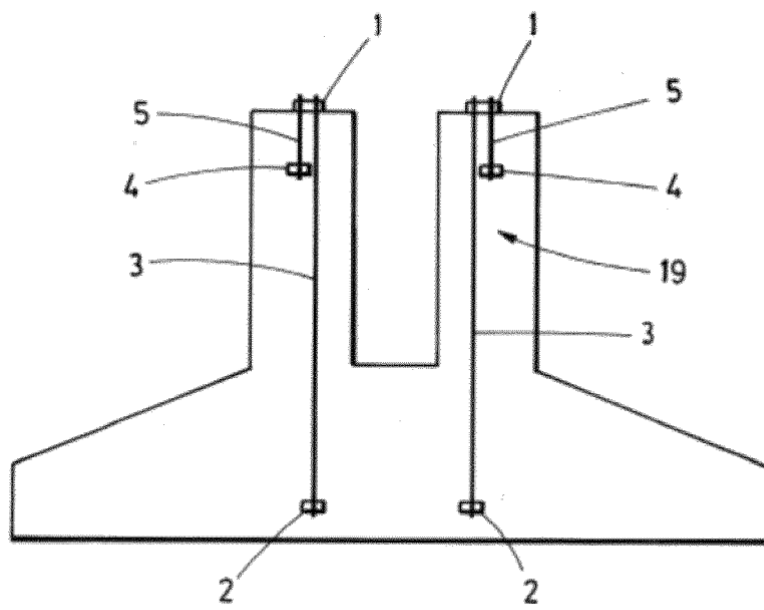


FIG.2B

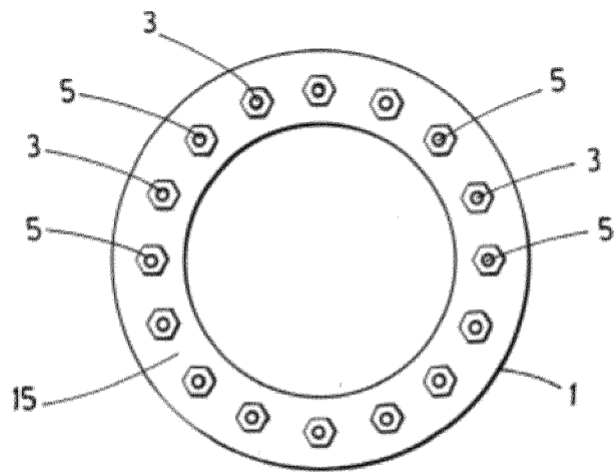


FIG. 3

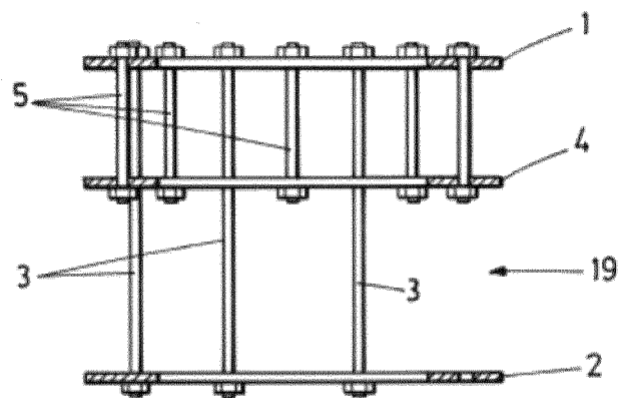


FIG. 4

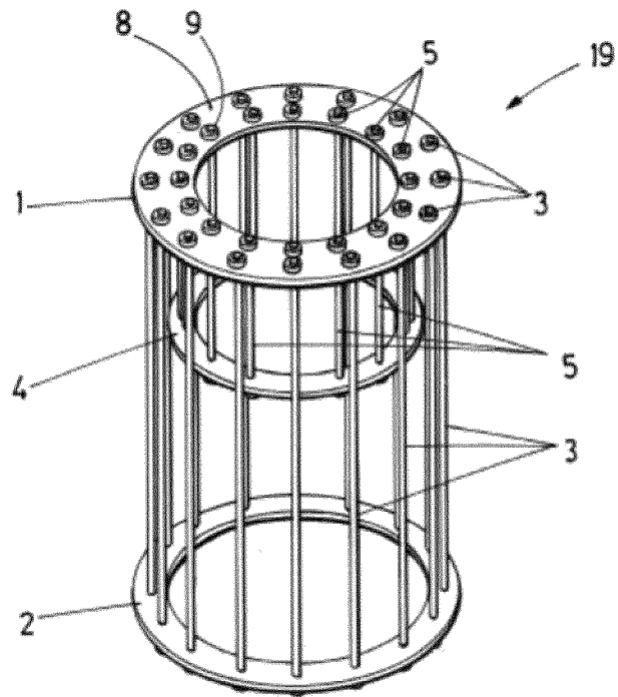


FIG. 5

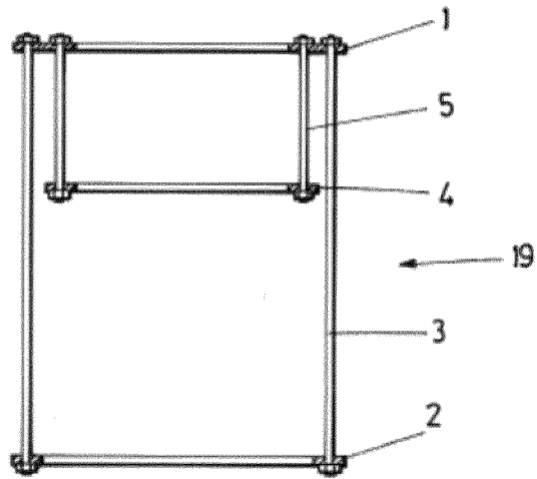


FIG. 6

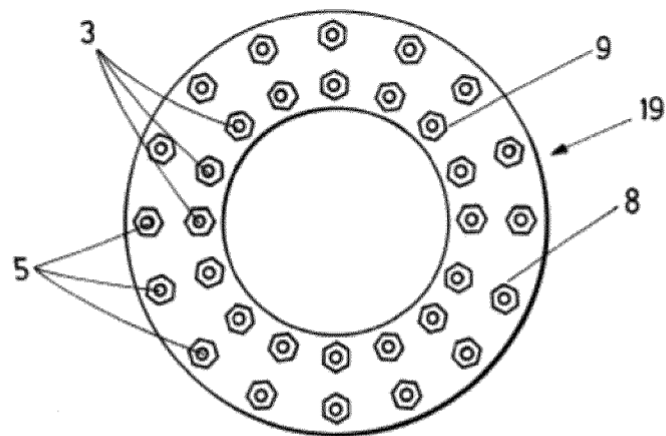


FIG. 7

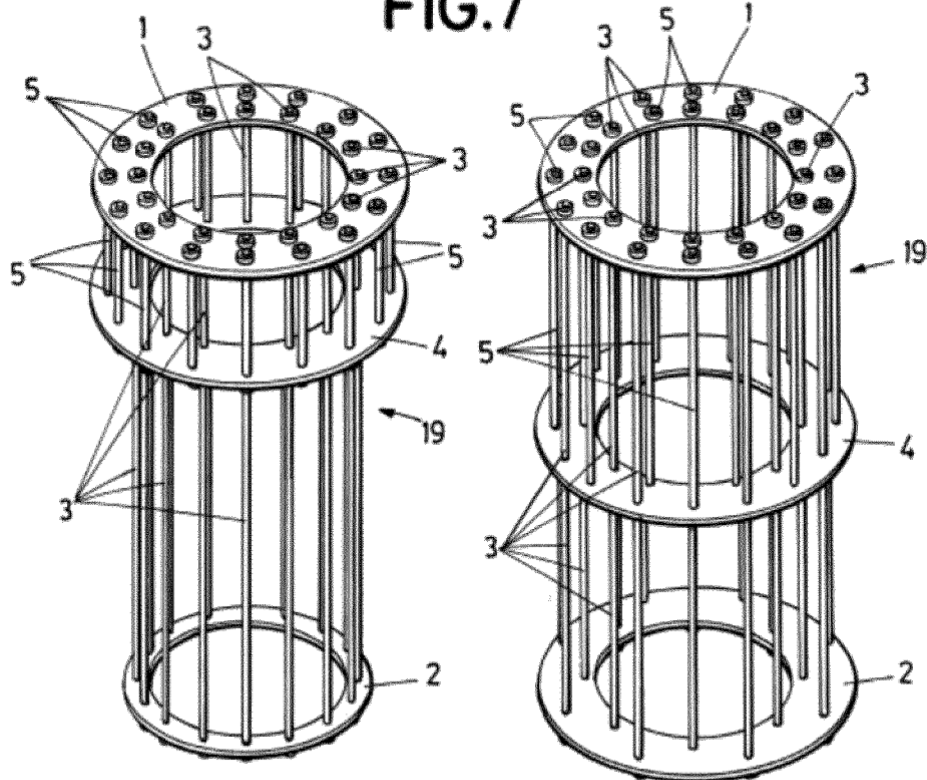


FIG. 8

FIG. 9

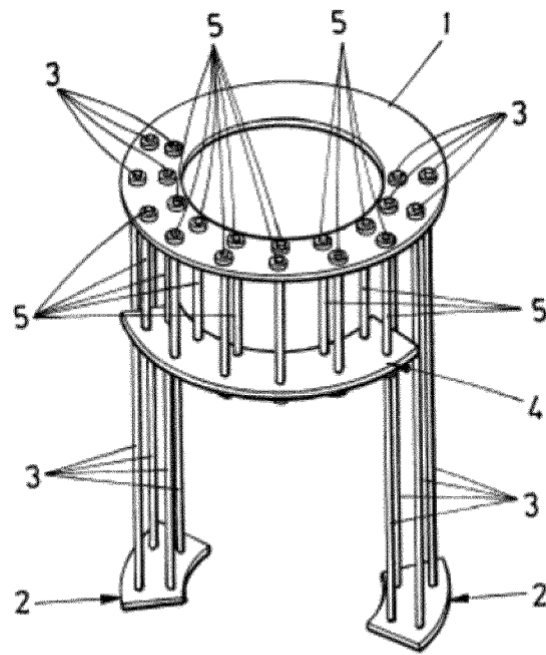


FIG.10A

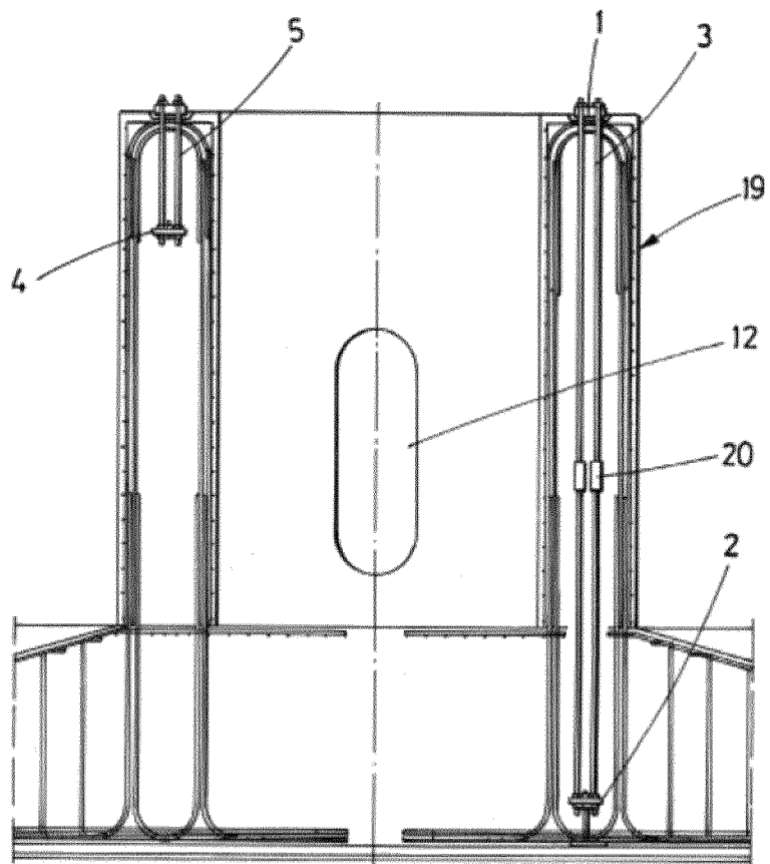


FIG.10B

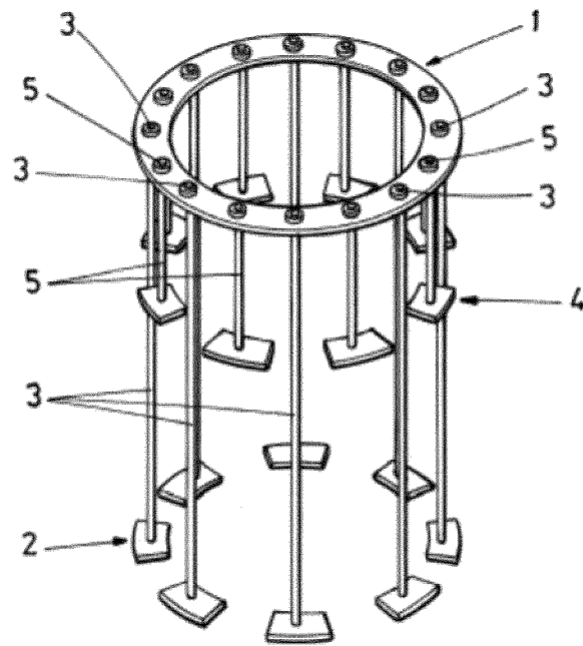


FIG.11

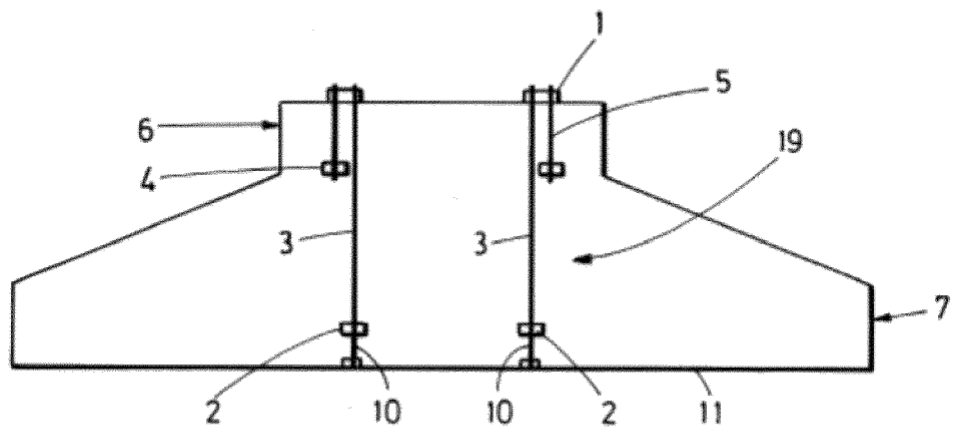


FIG.12

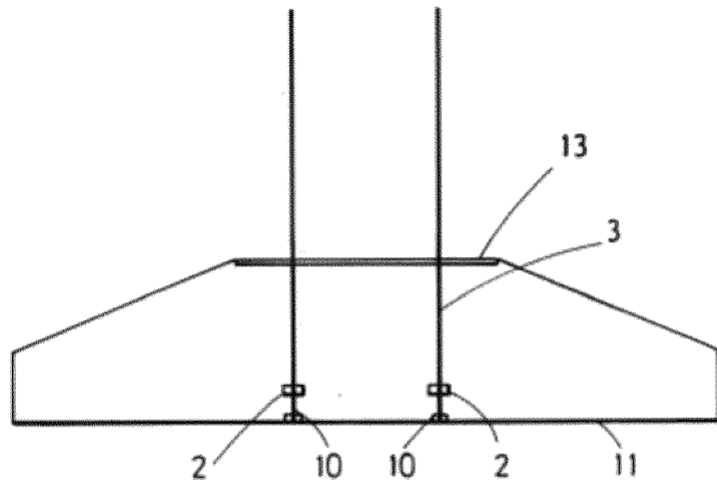


FIG.13A

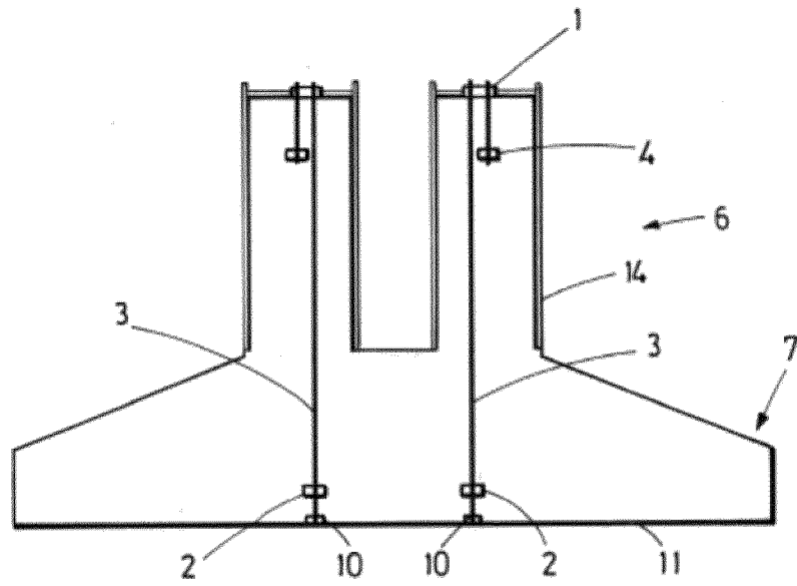


FIG.13B