



- (51) **Clasificación Internacional de Patentes:**
E04H 12/22 (2006.01) *F03D 11/04* (2006.01)
F03D 1/00 (2006.01)
- (21) **Número de la solicitud internacional:**
PCT/ES2012/070127
- (22) **Fecha de presentación internacional:**
28 de febrero de 2012 (28.02.2012)
- (25) **Idioma de presentación:** español
- (26) **Idioma de publicación:** español
- (71) **Solicitante (para todos los Estados designados salvo US):**
MS ENERTECH, S.L. [ES/ES]; Avenida Castilla y León, 48 Bajo, E-09006 Burgos (ES).
- (72) **Inventores; e**
- (75) **Inventores/Solicitantes (para US solamente):** **CARRIL GONZÁLEZ, José, Ramón** [ES/ES]; Avenida Castilla y León, 48 Bajo, E-09006 Burgos (ES). **HERNANDO ARAGÓN, Alvaro** [ES/ES]; Avenida Castilla y León, 48 Bajo, E-09006 Burgos (ES). **MARTÍNEZ CAMARERO, Enrique** [ES/ES]; Avenida Castilla y León, 48 Bajo, E-09006 Burgos (ES).
- (74) **Mandatario:** **VALLEJO, Juan Pedro;** Balder IP Law, S.L., Paseo de la Castellana 120, 28046 Madrid (ES).
- (81) **Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible):** AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) **Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible):** ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Publicada:**
— con informe de búsqueda internacional (Art. 21(3))

(54) **Title:** CONNECTION BETWEEN A WIND TURBINE TOWER AND ITS FOUNDATION

(54) **Título :** CONEXIÓN ENTRE UNA TORRE DE UN AEROGENERADOR Y SU CIMENTACIÓN

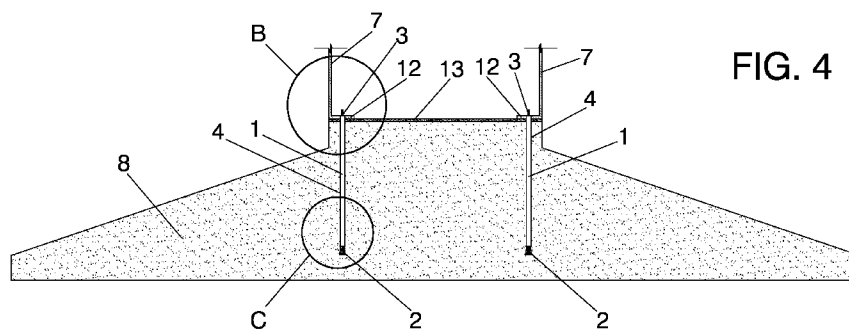


FIG. 4

(57) **Abstract:** The invention relates to a connection between a tower (7) of a wind turbine and the foundations thereof, provided by means of an interface formed by mutually independent flexible elements that are formed by a series of taut cables (1). Each of these cables is located inside vertical housing means (4) that are embedded in the foundations. The invention also relates to a method for providing the connection between a tower (7) of a wind turbine and the foundations (8) thereof, which comprises a series of phases, some of which vary depending on whether or not the foundations (8) have a lighter-weight area in the centre. There is likewise a variation in other respects, namely whether the tower is made from metal or from concrete and, in the latter case, whether the taut cables of the tower are those of the connection or independent.

(57) **Resumen:** Conexión entre una torre (7) de un aerogenerador y su cimentación, realizada mediante una interfaz formada por elementos flexibles e independientes entre sí, que están formados por una serie de cables (1) tesados. Cada uno de estos cables se encuentra en el interior de unos medios de alojamiento (4) vertical que quedan embebidos en la cimentación. Procedimiento de ejecución de la conexión entre una torre (7) de un aerogenerador y su cimentación (8), que comprende una serie de fases, algunas de las cuales varían en función de si la cimentación (8) presenta o no un aligeramiento central. También genera variación en algún aspecto, si la torre es metálica o de hormigón y, en este caso, de si los cables de tesado de la torre son comunes a los de la conexión o independientes.



CONEXIÓN ENTRE UNA TORRE DE UN AEROGENERADOR Y SU CIMENTACIÓN

5

DESCRIPCIÓN**Campo técnico de la invención**

10 La presente invención corresponde al campo técnico de la energía eólica, en concreto a las torres de aerogeneradores y la interfaz de conexión de las mismas a su cimentación.

15 Antecedentes de la Invención

En la actualidad las máquinas de obtención de energía eólica han experimentado un progreso significativo habiéndose obtenido aerogeneradores de alta potencia que permiten optimizar el aprovechamiento de los emplazamientos, mejorar la
20 calidad de la energía eléctrica vertida a la red obteniendo una mayor estabilidad del sistema y maximizar la potencia instalable.

La producción en serie de los aerogeneradores hasta ahora, había permitido la reducción de los costes de construcción e instalación de parques eólicos, pero
25 actualmente, con el uso de aerogeneradores de alta potencia nos encontramos con una instalación cuya parte de obra civil es más complicada y que todavía no pueden ser fabricados en serie, con lo cual están aumentando de nuevo los costes de producción.

30 Uno de los aspectos más importantes tanto en la fase de diseño como de construcción es la interfaz de conexión entre la torre del aerogenerador y la cimentación del mismo.

Dicha interfaz es una de las zonas más solicitadas de la estructura, pues supone la vía de transmisión de esfuerzos desde la torre hasta la cimentación en el terreno portante, por lo que requiere de un cuidado especial en la fase de diseño, mientras que en la fase de construcción, resulta una zona que requiere de numerosas operaciones de montaje con unas mínimas tolerancias de nivelación permitidas.

Como ejemplo del estado de la técnica pueden mencionarse los siguientes documentos cuyas referencias son la DE102004031655A1, la WO2005095792, y la DE102005044989.

En el primero de los documentos, de referencia DE102004031655A1, se utiliza como elemento de conexión entre la torre del aerogenerador y su cimentación una virola. Dicho elemento está compuesto por dos bridas anulares de acero, una inferior y otra superior, unidas mediante una chapa de acero laminada que se encuentra soldada a las mismas formando la superficie lateral del cuerpo de la virola.

Estas tres piezas forman un sólido rígido impermeable independiente del resto de la estructura, y pesado, que resulta capaz de transmitir los esfuerzos desde la base de la torre hasta la cimentación, en el terreno portante subyacente.

En el segundo documento de referencia citado, el WO2005095792, se utiliza un elemento conocido como jaula de pernos, que consiste en una brida anular de acero inferior y otra superior, entre las cuales existe un entramado de pernos atornillados a sendas bridas.

Por último, en el documento de referencia DE102005044989 también se utiliza como solución la jaula de pernos.

Este elemento, formado por tres partes, constituye un mecanismo rígido permeable y menos pesado que la virola, capaz de transmitir los esfuerzos desde la base de la torre hasta la cimentación en el terreno portante subyacente.

En el caso de la utilización de una virola en la interfaz de conexión entre la torre del aerogenerador y la cimentación, existen ciertos inconvenientes como puede ser la

impermeabilidad total que presenta respecto a la estructura de conexión. Ello se debe a la existencia de la chapa de acero laminado, que es una pieza continua que genera en la cimentación una barrera que impide la continuidad del hormigonado, dificultando además su vertido y vibrado. Así mismo, impide la continuidad de las barras de armado interiores, lo que genera la necesidad de una importante cantidad de armadura auxiliar circundante a la virola, lo cual complica de forma importante la ejecución e incrementa los tiempos de montaje y el coste final de la cimentación.

A su vez, esta virola crea una junta fría acero-hormigón por el contacto del hormigón de la cimentación con la chapa de acero laminado. Ello genera la necesidad de colocar conectores en toda la superficie lateral de la chapa, que provoca inconvenientes asociados, como haber de prolongar en toda la altura de la virola la armadura por tracciones asociadas a la compresión oblicua generada. Además, en la zona de la chapa exterior a la cimentación y ocasionado por la fatiga, pueden aparecer problemas de despegue de la virola respecto al hormigón, que van a modificar la respuesta estructural de la torre y facilitan la entrada de agentes externos afectando a la durabilidad.

Otro problema asociado al uso de la virola viene por la propia constitución de la misma, a partir de tres piezas que forman un sólido rígido que hay que nivelar y debido a la falta de flexibilidad del mismo, puede resultar bastante complicado, más aún cuando las tolerancias máximas permitidas para obtener una verticalidad adecuada de la torre son del orden de los 4mm. Esto genera numerosas operaciones de nivelación que aumentan el tiempo de montaje.

Además, bajo la brida inferior es necesario colocar patas de nivelación que también hay que nivelar.

Por último, mencionar el peso excesivo, debido al elevado espesor de material necesario en las bridas para evitar concentraciones de tensiones en la unión con la chapa y, la compleja maniobrabilidad de estos elementos. Esto supone la necesaria utilización de grúas de capacidad considerable de carga, que aumentan la dificultad

de maniobra y el tiempo necesario de montaje. Así mismo, sus elevadas dimensiones y peso provocan serias limitaciones al transporte normal por carretera.

5 La utilización de la otra solución observada en el estado de la técnica, soluciona en parte estos problemas, pero no de forma completa, presentando igualmente ciertos inconvenientes.

10 El primero de ellos se debe a que a pesar de que la jaula de pernos no presenta una superficie continua impermeable al hormigonado, la reducida distancia existente entre los pernos genera una barrera que complica la colocación de las barras superiores e incluso impide la continuidad de las mismas siendo necesaria la utilización de una importante cantidad de armadura auxiliar circundante a la interfaz, como en el caso de la virola.

15 Asimismo, las piezas que conforman la jaula de pernos se suministran de manera individualizada siendo necesario su premontaje antes de proceder a la colocación en su posición definitiva. Además, el número tan elevado de pernos que es necesario atornillar en ambas bridas y que en ocasiones puede llegar a 140, con sus tuercas y arandelas correspondientes genera un incremento del tiempo de
20 montaje además de la mayor probabilidad de existencia de errores, más aún cuando las tolerancias de montaje del conjunto son muy restrictivas y numerosas.

25 Al igual que en el caso de la virola, es necesario un elevado número de operaciones de nivelación, debido en este caso a que las dos bridas y los pernos forman una estructura rígida pero deformable complicada de posicionar y nivelar. Por tanto, al igual que en el caso de la virola, se obtienen tiempos de montaje excesivos, a los que hay que añadir los de la colocación de unas patas de nivelación bajo la brida inferior, que también es necesario nivelar.

30 Por último, el peso de este conjunto formado por las dos bridas y los pernos, también resulta bastante elevado. Por tanto, siguen siendo necesarias grúas para cargas considerables, lo que aumenta de nuevo la dificultad de maniobrar y el tiempo de montaje.

Descripción de la invención

5

La conexión entre una torre de un aerogenerador y su cimentación, que aquí se presenta, se realiza mediante una interfaz formada por elementos flexibles e independientes entre si.

10

Los elementos flexibles que constituyen la interfaz pueden estar formados por una serie de cables tesados que presentan un anclaje pasivo en uno de sus extremos y un anclaje activo en el otro.

15

Dichos elementos flexibles también pueden estar formados por una serie de cables (1) tesados que presentan dos anclajes activos, uno de ellos en cada uno de sus extremos.

20

En ambos casos, cada uno de estos cables se encuentra en el interior de unos medios de alojamiento vertical que quedan embebidos en la cimentación, encontrándose dichos medios de alojamiento separados entre si una cierta distancia. Los cables van alojados en el interior de los medios de alojamiento con un espacio u holgura para permitir que los cables queden en posición vertical aunque los medios de alojamiento hayan quedado embebidos en el hormigón con cierta inclinación.

25

Los cables tesados pueden ser preferentemente de acero y los medios de alojamiento vertical de los mismos pueden estar formados por vainas o cualquier otro elemento o conjunto de elementos que generen un hueco en el que alojar el cable.

30

La torre del aerogenerador puede ser metálica o de hormigón ya sea armado pretensado con cables de tesado comunes a los de la conexión o con cables de tesado independientes a los de esta o bien, de hormigón armado no pretensado.

Así mismo, la cimentación puede presentar un aligeramiento central o no.

5 En los casos de cimentación sin aligeramiento central, el anclaje pasivo se encuentra embebido en la cimentación y el tesado de los cables se realiza desde el extremo superior de los mismos, mientras que en los casos de cimentación con aligeramiento central, el anclaje pasivo es exterior a la cimentación y el tesado de los mismos se realiza desde su extremo inferior, o bien ambos anclajes son activos y su tesado se realiza desde ambos extremos del cable.

10

Los cables de acero, están compuestos por varios torones, típicamente de entre 0,5 y 0,6 pulgadas quedando siempre una holgura suficiente hasta la vaina.

15

La resistencia a la rotura de dichos cables (1) es preferentemente superior a 1725 MPa y preferentemente se encuentra en un intervalo de entre 1725 y 1860 MPa, mientras que el límite elástico preferente debe ser como mínimo 1550 y preferentemente está entre 1550 y 1670 MPa.

20

Además de la conexión entre una torre de un aerogenerador y su cimentación, se presenta en esta memoria el procedimiento de ejecución de dicha conexión.

Dicho procedimiento presenta dos variantes en función de si la cimentación no presenta ningún aligeramiento central o sí que existe dicho aligeramiento.

25

De este modo, en el primer caso, sin ningún aligeramiento en la cimentación, el procedimiento de ejecución comprende una serie de fases.

30

La primera de ellas es el armado de la cimentación, seguida de la colocación de los medios de alojamiento de los cables.

A continuación se realiza el montaje de los anclajes pasivos, que en este caso de cimentación sin aligeramiento, quedan embebidos en la misma. Los anclajes pasivos constan de armadura, una trompeta y una placa de reparto.

La siguiente fase consiste en el enfilado de los cables de acero, introduciéndolos cada uno en una de las vainas verticales.

5 Una vez se han realizado todas esas fases, se lleva a cabo el hormigonado de la cimentación.

Posteriormente se coloca al menos el primer tramo de la torre.

10 En el caso en que la torre del aerogenerador sea metálica, este primer tramo comprende una brida inferior para la conexión del anclaje a la torre.

15 En el caso en que la torre sea de hormigón con cables de tesado comunes a los de la conexión, se colocan todos aquellos tramos cuyo cable de tesado sea el mismo que el de la conexión, mientras que en el caso de una torre de hormigón cuyo tesado sea independiente del de la conexión, se coloca el primer tramo de la misma ya tesado en planta.

20 A continuación se vierte mortero de nivelación en la parte superior del pedestal de la cimentación.

25 En el caso en que la torre sea de hormigón con tesado común al de la conexión, y este tesado sea exterior a la torre, presenta una fase adicional a continuación del vertido del mortero, que comprende el montaje de guías de los cables hacia la torre.

A continuación, se procede el montaje de los anclajes activos en la parte superior de cada cable.

30 Seguidamente se realiza el tesado de los mismos y, por último, se rellena las vainas con lechada cementosa.

Por otra parte, tenemos el segundo caso, para este procedimiento de ejecución de la conexión entre una torre de un aerogenerador y su cimentación, en el que dicha cimentación sí presenta un aligeramiento central. Es este caso comprende

igualmente una serie de fases que se inician con el armado de la cimentación y el encofrado del cajetín inferior.

5 Dicho cajetín puede ser continuo en las torres metálicas o bien, en el caso de las torres de hormigón, puede realizarse un cajetín discontinuo, con esquinas angulares o redondeadas, que disminuya las tensiones y con ello la armadura circundante a los mismos necesaria. Esto es gracias a que el diámetro de la base de una torre de hormigón es aproximadamente el doble que en torres metálicas, y
10 por tanto también es mayor el perímetro de la misma, existiendo mayor separación lateral entre las vainas.

Realizado el encofrado del cajetín, se procede a colocar los medios de alojamiento de los cables.

15 Se hormigona la cimentación.

A continuación se coloca al menos el primer tramo de torre.

20 En el caso en que la torre sea metálica, se coloca el primer tramo que comprende una brida inferior para la conexión del anclaje a la torre.

En el caso en que la torre sea de hormigón con un tesado común al de la conexión, se colocan todos aquellos tramos de la misma cuyo cable sea al mismo que el de la
25 conexión, mientras que si es de hormigón pero con un tesado independiente al de la conexión, se coloca solo el primer tramo de la torre, estando este ya tesado en planta.

30 A continuación se realiza el vertido del mortero de nivelación en la parte superior del pedestal de la cimentación.

En el caso en que la torre sea de hormigón con un tesado común al de la conexión y este tesado sea exterior a la torre, seguidamente se realiza una fase adicional de montaje de las guías de los cables hacia la torre.

Colocado el mortero de nivelación, se realiza el enfilado de los cables por el interior de las vainas verticales.

5 Luego, se realiza el montaje de los anclajes pasivos de cada cable. Puede ocurrir que los cables presenten un anclaje activo en cada extremo, en cuyo caso, se saltaría este paso.

10 Posteriormente, el montaje de los anclajes activos de cada cable y por último el tesado de los mismos.

15 Para poder fijar correctamente la posición de los medios de alojamiento de los cables, el procedimiento puede comprender la utilización de una plantilla de fijación y separación entre los mismos. Esta plantilla, que puede estar formada por PVC u otro material similar, tal que resulten económicas, ligeras, modulables y montables de manera manual, queda embebida en la cimentación. Esta plantilla puede estar formada por un cuerpo anular plano que presenta una serie de orificios en su superficie por donde se introducen las vainas.

20 La conexión aquí propuesta puede utilizarse igualmente en la conexión entre tramos de las torres, tanto si se trata de una interfaz de conexión acero-acero en torres metálicas, hormigón-acero en torres híbridas o bien, hormigón-hormigón en torres de hormigón. El procedimiento de ejecución es el mismo que en los casos detallados, con la salvedad de que en estos casos se realiza en altura.

25 Con la conexión entre una torre de un aerogenerador y su cimentación que aquí se propone, se consiguen importantes mejoras respecto al estado de la técnica.

30 Así pues, en primer lugar, gracias a la configuración flexible de esta solución propuesta, se eliminan las bridas inferior y superior que vienen utilizándose hasta el momento, con lo que se consigue una reducción importante de la cantidad de material empleado así como del tiempo de montaje necesario.

Además, el montaje puede realizarse prácticamente manual, sin la necesidad de grúas, con lo cual todo es más maniobrable y el tiempo de montaje disminuye.

5 Así mismo, las tareas de nivelación se simplifican enormemente pues se reducen a un control de la holgura existente entre el cable y la vaina, lo cual también reduce de forma importante el tiempo de montaje.

10 Por otra parte, el hecho de que sean cables independientes que mantienen una distancia determinada de separación entre ellos, ofrece una solución que elimina la impermeabilidad total o parcial existente en los métodos tradicionales, eliminando la necesidad de la gran cantidad de armadura circundante adicional que es preciso colocar en dichos métodos tradicionales.

15 Por tanto se consigue una reducción importante del coste en materiales, así como del coste en montaje, pues disminuye de forma significativa los tiempos necesarios del mismo, así como de la nivelación. Así mismo, supone una mejor solución estructural, desde el punto de vista de que no genera juntas frías que pudieran ocasionar daños estructurales futuros, con lo cual se aporta una mayor durabilidad y resistencia a la interfaz de conexión entre la torre y su cimentación.

20 Del mismo modo, dependiendo de las necesidades de cada caso, la cimentación asociada puede presentar un aligeramiento central o no. El hecho de que presente un aligeramiento central posibilita una mayor accesibilidad en caso de reparación, así como poder realizar el tesado de los cables desde la parte inferior.

25 Estos dos posibles modos de cimentación favorecen la existencia de dos modalidades de procedimiento de ejecución de la conexión, siendo el caso en que la cimentación presenta un aligeramiento central un procedimiento en el que el tesado se realiza desde la parte inferior, con lo cual se obtiene en el caso de torres de hormigón, una eliminación de las pérdidas por rozamiento del postesado en la base inferior de la torre, donde los esfuerzos son mayores, unas mayores condiciones de seguridad y facilidad de las operaciones de tesado y, en el caso de torres metálicas, un mayor espacio disponible para la colocación de los gatos de tesado.

30

Breve descripción de los dibujos

5 Con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, se aporta como parte integrante de dicha descripción, una serie de dibujos donde, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

10 La Figura 1.- Muestra la planta general de una cimentación.

La Figura 2.- Muestra una ampliación del detalle A de la Figura 1.

15 La Figura 3.- Muestra una planta general de la plantilla de fijación y separación de las vainas.

La Figura 4.- Muestra una vista general en sección del conjunto cimentación-conexión-torre, en un primer caso de una torre metálica y una cimentación sin aligeramiento.

20 Las Figuras 5.1 y 5.2.- Muestran una ampliación del detalle B de la Figura 4, que muestran la zona del anclaje activo del cable del primer caso, antes y después de su tesado.

25 La Figura 6.- Muestra una ampliación del detalle C de la Figura 4, que muestra el anclaje pasivo del cable, para el primer caso.

La Figura 7.- Muestra una vista general en sección del conjunto cimentación-conexión-torre, en un segundo caso de una torre de hormigón con tesado independiente del de la conexión y una cimentación sin aligeramiento central.

30

La Figura 8.- Muestra una ampliación del detalle D de la Figura 7, que muestra la zona del anclaje activo del cable.

La Figura 9.- Muestra una vista general en sección del conjunto cimentación-conexión-torre, en un tercer caso de una torre de hormigón con tesado común al de la conexión y una cimentación con aligeramiento central.

5 Las Figuras 10.1 y 10.2.- Muestran una ampliación del detalle E de la Figura 9 que muestra la zona del anclaje activo del cable del tercer caso, antes y después de su tesado.

10 Las Figuras 11.1 y 11.2.- Muestran una ampliación del detalle F de la Figura 9 que muestra la zona del anclaje pasivo del cable del tercer caso, antes y después de su tesado.

15 La Figura 12.- Muestra con detalle una perspectiva del cajetín inferior discontinuo con esquinas redondeadas.

Descripción detallada de un modo de realización preferente de la invención

20 A la vista de las figuras aportadas, puede observarse cómo en los modos de realización preferente de la invención, la conexión entre una torre (7) de un aerogenerador y su cimentación (8) que aquí se proponen, comprenden una interfaz formada por elementos flexibles e independientes entre sí.

25 Como se observa en las Figuras 1 y 2, los elementos flexibles que forman dicha interfaz están formados por una serie de cables (1) que en estos modos de realización preferente de la invención son cables de acero tesado que presentan un anclaje pasivo (2) en uno de sus extremos y un anclaje activo (3) en el otro.

30 Cada uno de los cables (1) se dispone en el interior de un medio de alojamiento (4) vertical que en estos ejemplos de realización preferente de la invención son unas vainas que quedan embebidas en la cimentación. Las vainas se encuentran situadas manteniendo una cierta separación entre ellas, para lo cual se emplea una plantilla (5) de fijación y separación de las mismas, que se muestra en la Figura 3. Esta plantilla (5) en los ejemplos de realización preferente de la invención que aquí

se detallan está formada por un cuerpo anular plano con una serie de orificios (6) y distantes en su superpie para la introducción en los mismos de las vainas (4). La platilla está realizada preferentemente de PVC, con lo que resulta una plantilla ligera, modulable, montable de manera manual y económica. La plantilla (5), al igual que las vainas (4), queda embebida en la cimentación.

Los cables (1) de acero empleado en estos ejemplos de realización preferente de la invención están compuestos por 7 torones de 0,5 pulgadas que mantienen una holgura suficiente con las vainas (4).

Los valores típicos de resistencia a la rotura de dichos cables (1) se encuentran en un intervalo de entre 1725 y 1860 MPa, mientras que el límite elástico típico es de entre 1550 y 1670 MPa.

En un primer ejemplo de realización preferente de la invención considerado, la torre (7) del aerogenerador es metálica y la cimentación (8) no presenta ningún aligeramiento central.

Siendo esto así, como puede observarse en la Figura 4, el anclaje pasivo (2) se encuentra embebido en la cimentación (7) y el tesado de los cables (1) se realiza desde la parte superior de los mismos.

El procedimiento de ejecución de la conexión entre dicha torre metálica (7) y la cimentación (8) sin aligeramiento comprende una serie de fases.

La primera de ellas es el armado de la cimentación (8) y a continuación se realiza la colocación de las vainas (4) verticales mediante atado a la armadura.

Posteriormente se realiza el montaje de los anclajes pasivos (2) que como se observa en la Figura 4 quedan embebidos en la cimentación (8).

En la Figura 6 se muestra en detalle un anclaje pasivo (2), con los distintos elementos que lo forman, como son la armadura (9), la trompeta (10) y la placa de reparto (11).

5

A continuación se realiza el enfilado de los cables (1) en el interior de las vainas (4), tal y como se muestra con mayor detalle en la Figura 5.1.

En este momento puede procederse al hormigonado de la cimentación (8) y posteriormente, se lleva a cabo la colocación del primer tramo de la torre (7) que comprende una brida (12) que va a posibilitar la conexión de la torre con el anclaje.

10

Para la nivelación de la torre (7), se vierte mortero (13) en la parte superior del pedestal (14) de la cimentación y, una vez realizada esta nivelación, se efectúa el montaje de los anclajes activos (3) en la parte superior de cada cable (1).

15

En la Figura 5.2 puede observarse la siguiente fase, que consiste en el tesado de los anclajes activos (3), que como se muestra, tras el tesado adquieren una perfecta verticalidad, gracias a la holgura existente entre el mismo y la superficie lateral de la vaina (4).

20

Por último, se rellena las vainas (4) con lechada cementosa.

En un segundo ejemplo de realización preferente de la invención, se ha considerado una torre (7) del aerogenerador de hormigón cuyos cables de tesado (1.1) son independientes a los cables (1) de la conexión y una cimentación (8) que tampoco presenta ningún aligeramiento central.

25

Las fases del procedimiento de ejecución de la conexión entre dicha torre (7) y su cimentación (8) son las mismas que en el primer ejemplo expuesto, con la salvedad de que tras el hormigonado de la cimentación, se coloca el primer tramo de la torre (7) previamente tesado en planta.

30

Como se puede observar en la Figura 7, tanto las vainas (4) como el anclaje pasivo (2) quedan igual que ocurría en el primer ejemplo descrito, embebidas en la cimentación (8) y, el tesado se realiza por la parte superior de la misma.

5

Así mismo, puede observarse en la Figura 8, la diferenciación existente entre el cable (1) de anclaje de la conexión, que en esta Figura se muestra enfilado y tesado y el cable de tesado (1.1) de la torre, que en este segundo ejemplo de realización preferente de la invención son independientes.

10

Por último, en un tercer ejemplo de realización preferente de la invención, se ha considerado una torre (7) del aerogenerador de hormigón cuyos cables de tesado son comunes a los de tesado de la conexión y la cimentación (8) presenta un aligeramiento central.

15

Así mismo, el cajetín (15) de la cimentación (8) al que se ancla la torre (7) es discontinuo con esquinas redondeadas, como se muestra en la Figura 12 y, el tesado de la torre (7) es exterior a la misma.

20

Con estos condicionantes y según se muestra en la Figura 9, el anclaje pasivo (2) es exterior a la cimentación (8), el tesado de los cables (1) se realiza desde la parte inferior de los mismos y el tesado de la torre (7) es exterior a la misma.

25

El procedimiento de ejecución en este caso, comprende al igual que en los anteriores, una serie de fases.

La primera de ellas es el armado de la cimentación (8) y el encofrado del cajetín (15) discontinuo.

30

A continuación, se colocan las vainas (4) verticales mediante atado a la armadura y seguidamente se hormigona la cimentación (8).

Ahora se colocan los tramos de la torre (7) cuyo cable (1) de tesado sea el mismo que el de la conexión.

La siguiente fase comprende el vertido del mortero (13) de nivelación en la parte superior del pedestal (14) de la cimentación (8) y a continuación, se realiza el montaje de unas guías (16) de los cables hacia la torre. Estas guías (16) pueden observarse en las Figuras 10.1 y 10.2, donde se representa la guía (16) del cable hacia la torre (7) y una segunda guía (16.1) en la torre o desviador.

En las Figuras 10.1 y 11.1 se muestra con detalle el resultado de la siguiente fase, que comprende el enfilado de los cables (1) por el interior de las vainas (4).

A continuación, se realiza el montaje de los anclajes pasivos (2) que en este ejemplo de realización preferente de la invención van situados en la parte superior de cada cable (1).

Luego se montan los anclajes activos (3) en la parte inferior de cada cable (1) y se realiza su tesado desde la parte inferior de los mismos, tal y como se representa en la Figura 11.2.

En la Figura 10.2 se muestra cómo queda el cable (1) en la zona superior del cajetín (15) tras el tesado.

En los tres ejemplos de realización preferente de la invención aquí expuestos, se utiliza una plantilla de fijación y separación de los cables de modo que las vainas presentan cierta separación entre ellas.

Dicha plantilla que se muestra en la Figura 3, en dichos ejemplos preferentes está formada por un cuerpo anular plano con una serie de orificios (6) equidistantes en su superficie para la introducción en los mismos de las vainas (4). En estos casos está realizada de PVC, pero podría ser de cualquier material similar, con el que resulte ligera, modulable, fácil de montar de forma manual y económica.

Con la conexión entre una torre de un aerogenerador y su cimentación, que aquí se presenta se consiguen múltiples ventajas respecto al estado de la técnica.

Así pues, se posibilita la eliminación de las bridas inferior y superior necesarias en la mayoría de los métodos existentes en la actualidad.

5

Al eliminarse estos dos elementos de tan gran peso y tamaño, se obtiene una reducción de material empleado así como del tiempo de montaje.

10

Además, los elementos que conforman esta conexión aquí propuesta, son de dimensiones muy aceptables que hacen innecesaria la utilización de grúas, obteniendo un proceso mucho más maniobrable y con un tiempo de montaje que de nuevo se reduce respecto a los tiempos necesarios en el estado de la técnica.

Por otro lado, las tareas de nivelación son mucho más reducidas y sencillas.

15

Así mismo, se elimina la impermeabilidad parcial o total existente en el estado de la técnica, con lo cual ya no es necesaria ninguna armadura adicional circundante.

20

En cuanto al procedimiento, se obtiene un procedimiento sencillo y con un tiempo de ejecución bastante más reducido respecto a los existentes en el estado de la técnica. El hecho de que pueda utilizarse una cimentación con un aligeramiento central favorece un procedimiento más fácil y efectivo, que puede tesarse desde la parte inferior, eliminando las complicaciones actuales debidas al obligatorio tesado desde la parte superior de los cables.

25

REIVINDICACIONES

- 5 1- Conexión entre una torre (7) de un aerogenerador y su cimentación (8), **caracterizada por que** dicha conexión se realiza mediante una interfaz formada por elementos flexibles e independientes entre si.
- 10 2- Conexión entre una torre (7) de un aerogenerador y su cimentación (8), según la reivindicación 1, **caracterizada por que** los elementos flexibles que forman la interfaz están formados por una serie de cables (1) tesados con un anclaje pasivo (2) en uno de sus extremos y un anclaje activo (3) en el otro, que se encuentran cada uno de ellos en el interior de unos medios de alojamiento (4) vertical que quedan embebidos en la cimentación (8), hallándose dichos medios de alojamiento separados entre sí una cierta distancia.
- 15 3- Conexión entre una torre (7) de un aerogenerador y su cimentación (8), según la reivindicación 1, **caracterizada por que** los elementos flexibles que forman la interfaz están formados por una serie de cables (1) tesados con dos anclajes activos, cada uno en uno de sus extremos, que se encuentran cada uno de ellos en el interior de un elemento longitudinal (4) vertical que queda embebido en la
- 20 cimentación (8), hallándose dichos elementos longitudinales separados entre sí una cierta distancia.
- 25 4- Conexión entre una torre (7) de un aerogenerador y su cimentación (8), según cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizada por que** el anclaje pasivo (2) se encuentra embebido en la cimentación.
- 30 5- Conexión entre una torre (7) de un aerogenerador y su cimentación (8), según cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizada por que** el anclaje pasivo (2) es exterior a la cimentación (8).
- 6- Conexión entre una torre (7) de un aerogenerador y su cimentación (8), según la reivindicación 4, **caracterizada por que** el tesado de los cables (1) se realiza desde su extremo superior.

- 5 7- Conexión entre una torre (7) de un aerogenerador y su cimentación (8), según la reivindicación 5, **caracterizada por que** el tesado de los cables (1) se realiza desde su extremo inferior.
- 10 8- Conexión entre una torre (7) de un aerogenerador y su cimentación (8), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** el tramo de torre (7) del aerogenerador que conecta con la cimentación es de hormigón y los cables (1) de tesado de la conexión son comunes a los de tesado de la torre.
- 15 9- Conexión entre una torre (7) de un aerogenerador y su cimentación (8), según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada por que** el tramo de torre (7) del aerogenerador que conecta con la cimentación es de hormigón y los cables (1) de tesado de la conexión son independientes de los cables de tesado (1.1) de la torre (7).
- 20 10- Conexión entre una torre (7) de un aerogenerador y su cimentación (8), según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada por que** el tramo de torre (7) del aerogenerador que conecta con la cimentación es de hormigón armado no pretensado.
- 25 11- Conexión entre una torre (7) de un aerogenerador y su cimentación (8), según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada por que** el tramo de torre (7) del aerogenerador que conecta con la cimentación es metálica.
- 30 12- Conexión entre una torre (7) de un aerogenerador y su cimentación (8), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** los cables tesados que forman la interfaz pueden estar formados por acero.
- 13- Conexión entre una torre (7) de un aerogenerador y su cimentación (8), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** los medios de alojamiento (4) verticales de cada uno de los cables pueden estar formados

por vainas o cualquier otro elemento o conjunto de elementos que genere un hueco en el que alojar el cable.

- 5 14- Procedimiento de ejecución de la conexión entre una torre (7) de un aerogenerador y su cimentación (8), siendo esta una cimentación sin aligeramiento central, tal y como la que se define en las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizada por que** comprende las siguientes fases
- 10 - armado de la cimentación (8);
 - colocación de medios de alojamiento (4) de los cables;
 - montaje de anclajes pasivos (2);
 - enfilado de cables (1) de acero;
 - hormigonado de la cimentación (8);
 - colocación de al menos el primer tramo de torre (7);
 - 15 - vertido de mortero (13) de nivelación en la parte superior del pedestal (14) de la cimentación (8);
 - montaje de anclajes activos (3) en la parte superior de cada cable (1);
 - tesado de los cables (1), y;
 - relleno de vainas (4) con lechada cementosa.
- 20
- 15- Procedimiento de ejecución de la conexión entre una torre (7) de un aerogenerador y su cimentación (8), según la reivindicación 14, **caracterizada por que** en el caso de una torre (7) del aerogenerador de hormigón con cables (1.1) de tesado comunes a los de la conexión, la fase de colocación de al menos el primer tramo de torre (7) comprende la colocación de los tramos de dicha torre cuyo cable (1.1) sea el mismo que la conexión.
- 25
- 16- Procedimiento de ejecución de la conexión entre una torre (7) de un aerogenerador y su cimentación (8), según la reivindicación 15, **caracterizada por que** si el tesado es exterior a la torre (7), tras el vertido de mortero (13) de cimentación presenta una fase adicional de montaje de las guías (16, 16.1) de los cables hacia la torre.
- 30

- 17- Procedimiento de ejecución de la conexión entre una torre (7) de un aerogenerador y su cimentación (8), siendo esta una cimentación con un aligeramiento central, tal y como la conexión que se define en las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizada por que** comprende las siguientes fases
- 5 - armado de la cimentación (8) y encofrado del cajetín (15) inferior;
 - colocación de medios de alojamiento (4) de los cables;
 - hormigonado de la cimentación (8);
 - colocación de al menos el primer tramo de torre (7);
 - vertido de mortero (13) de nivelación en la parte superior del pedestal
 - 10 (14) de la cimentación (8);
 - enfilado de cables (1) de acero;
 - montaje de anclajes pasivos (2);
 - montaje de anclajes activos (3), y;
 - tesado de los cables (1).
- 15
- 18- Procedimiento de ejecución de la conexión entre una torre (7) de un aerogenerador y su cimentación (8), según la reivindicación 17, **caracterizada por que** el cajetín (15) inferior puede ser discontinuo.
- 20
- 19- Procedimiento de ejecución de la conexión entre una torre (7) de un aerogenerador y su cimentación (8), según cualquiera de las reivindicaciones 17 y 18, **caracterizada por que** en el caso en que la torre (7) del aerogenerador sea de hormigón con unos cables de tesado (1.1) comunes a los de la conexión y exterior a la torre, comprende tras el vertido del mortero (13) de nivelación,
- 25 una fase adicional de montaje de las guías (16, 16.1) de los cables (1) hacia la torre.
- 20- Procedimiento de ejecución de la conexión entre una torre (7) de un aerogenerador y su cimentación (8), según cualquiera de las reivindicaciones 17
- 30 a 18, **caracterizada por que** en el caso en que la torre (7) del aerogenerador sea de hormigón con unos cables de tesado (1.1) comunes a los de la conexión, en la fase de colocación de al menos el primer tramo de torre (7), se coloca aquellos tramos de la misma cuyo cable sea el mismo que el de la conexión.

21- Procedimiento de ejecución de la conexión entre una torre (7) de un aerogenerador y su cimentación (8), según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 20, **caracterizada por que** la colocación de los medios de alojamiento (4) de los cables se realiza sobre un elemento de fijación y separación entre dichos medios que queda embebido en la cimentación.

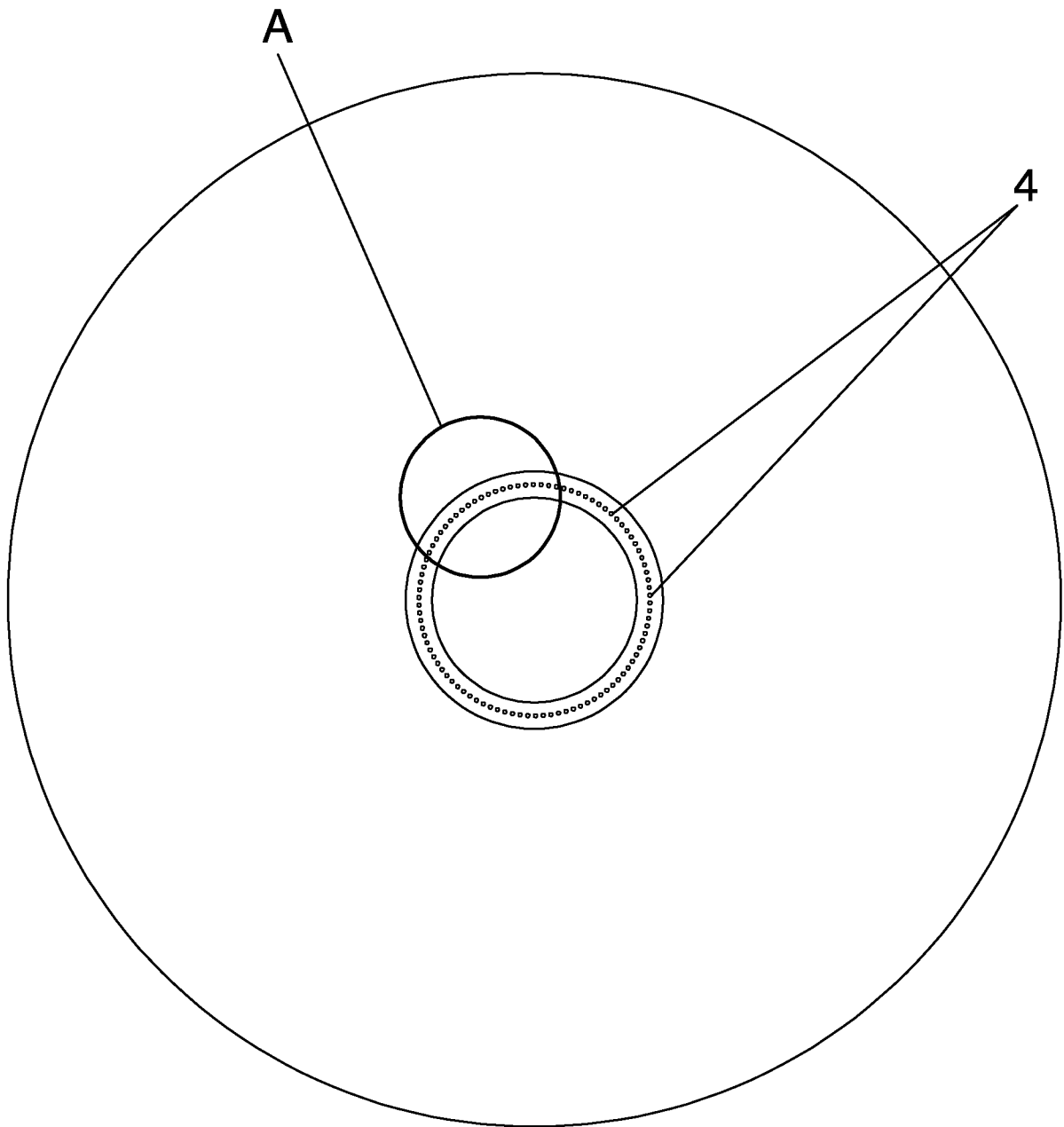


FIG. 1

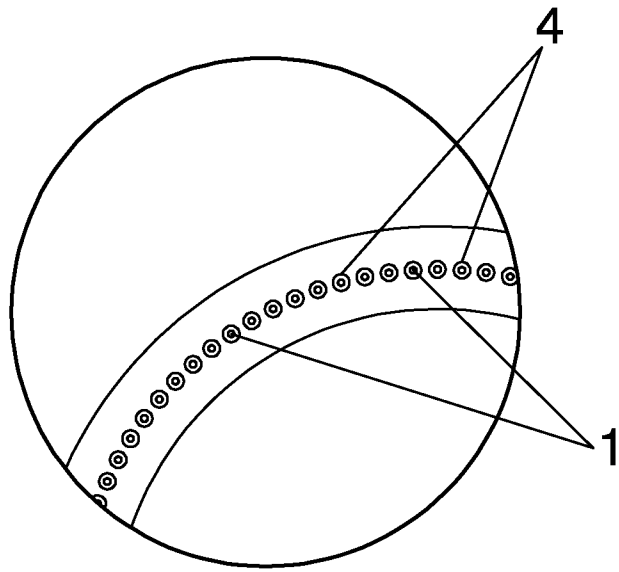


FIG. 2

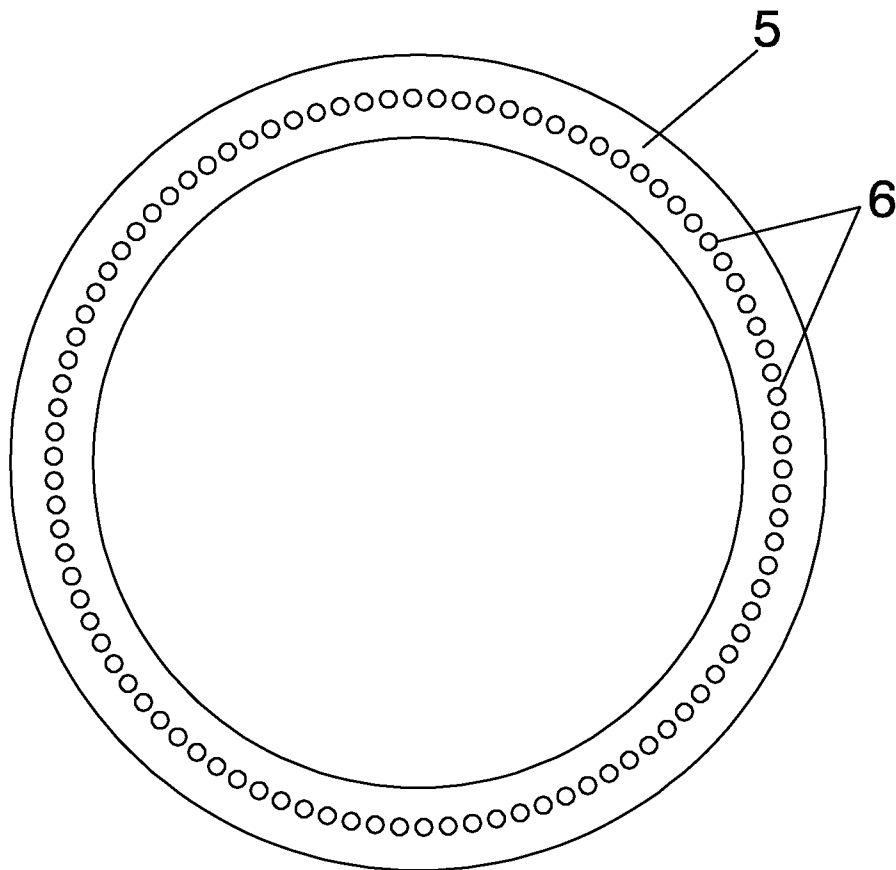


FIG. 3

3/11

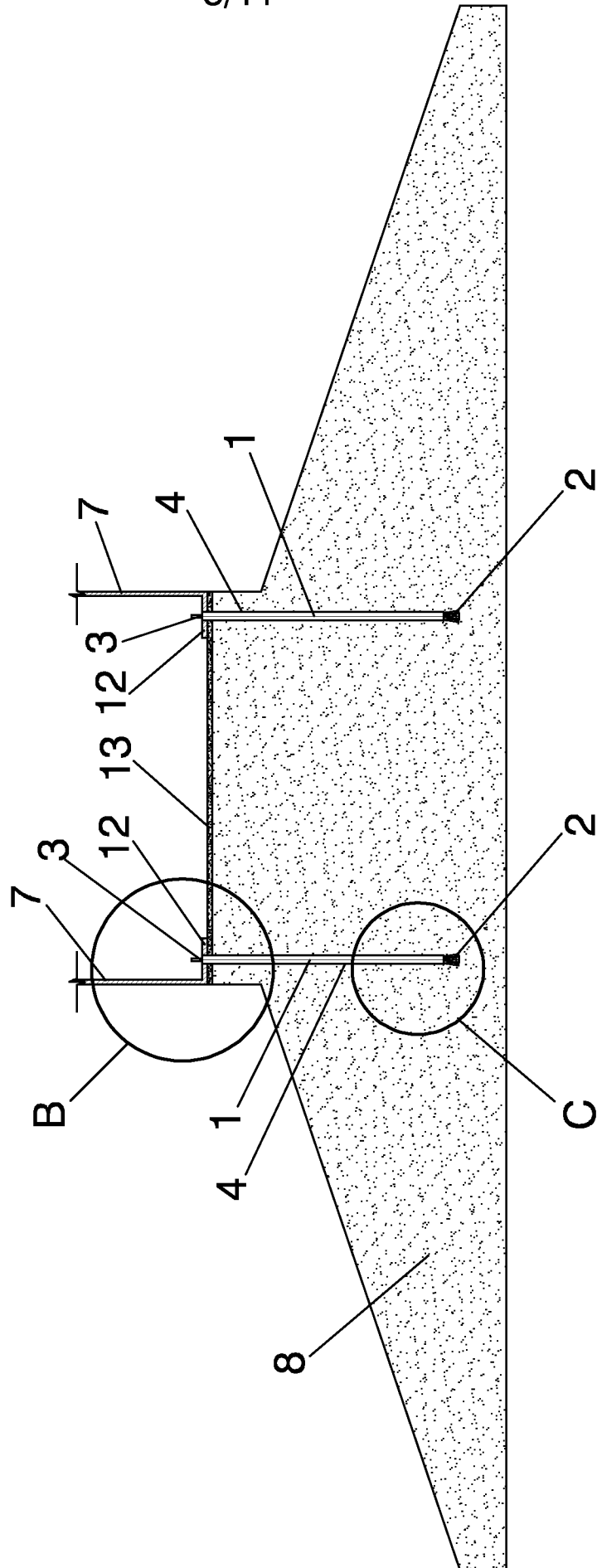


FIG. 4

4/11

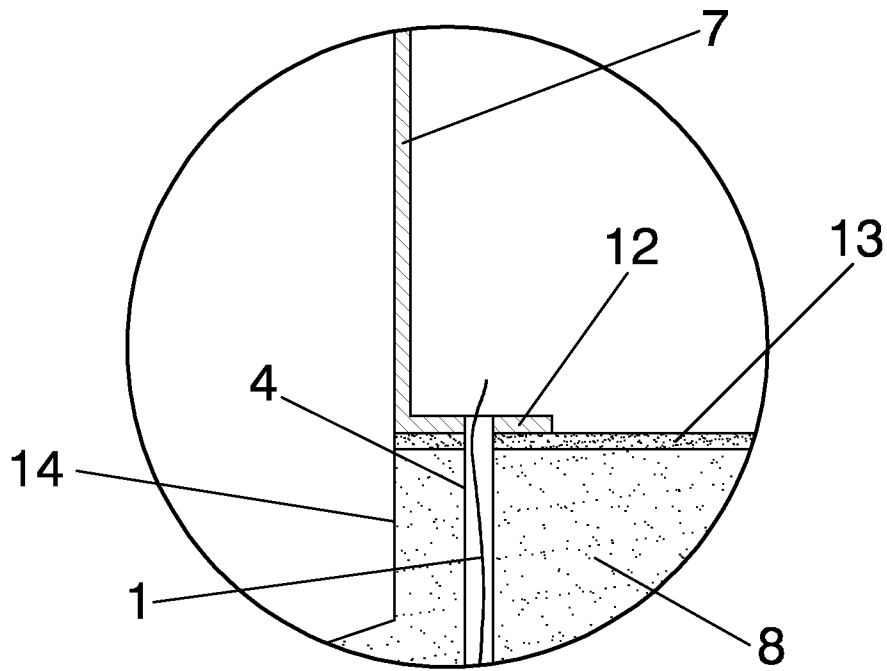


FIG. 5.1

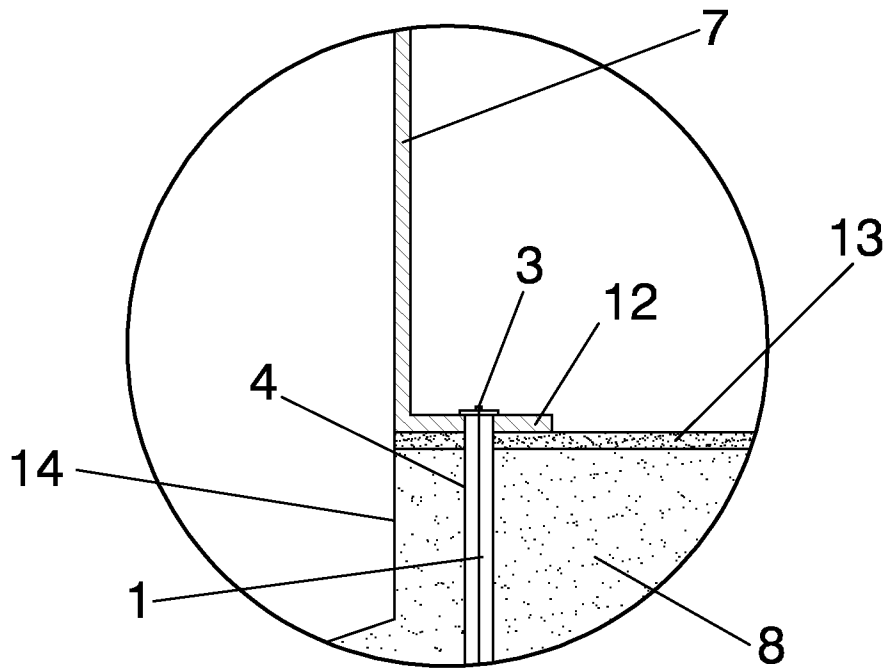


FIG. 5.2

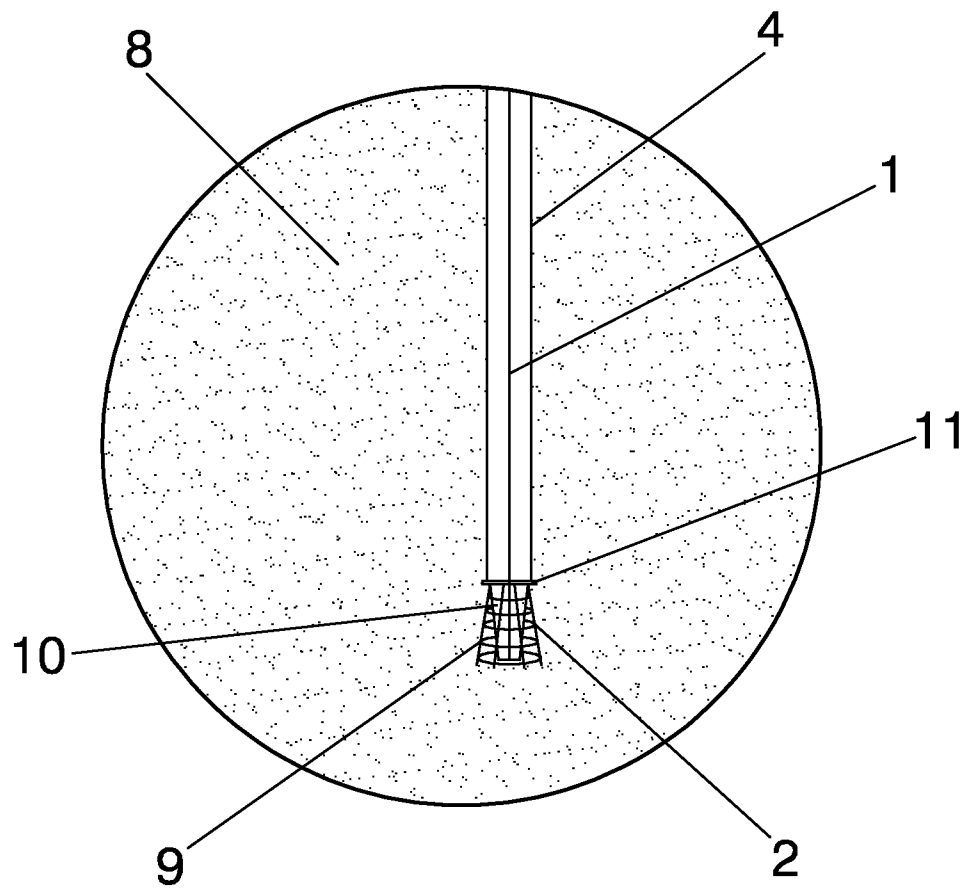


FIG. 6

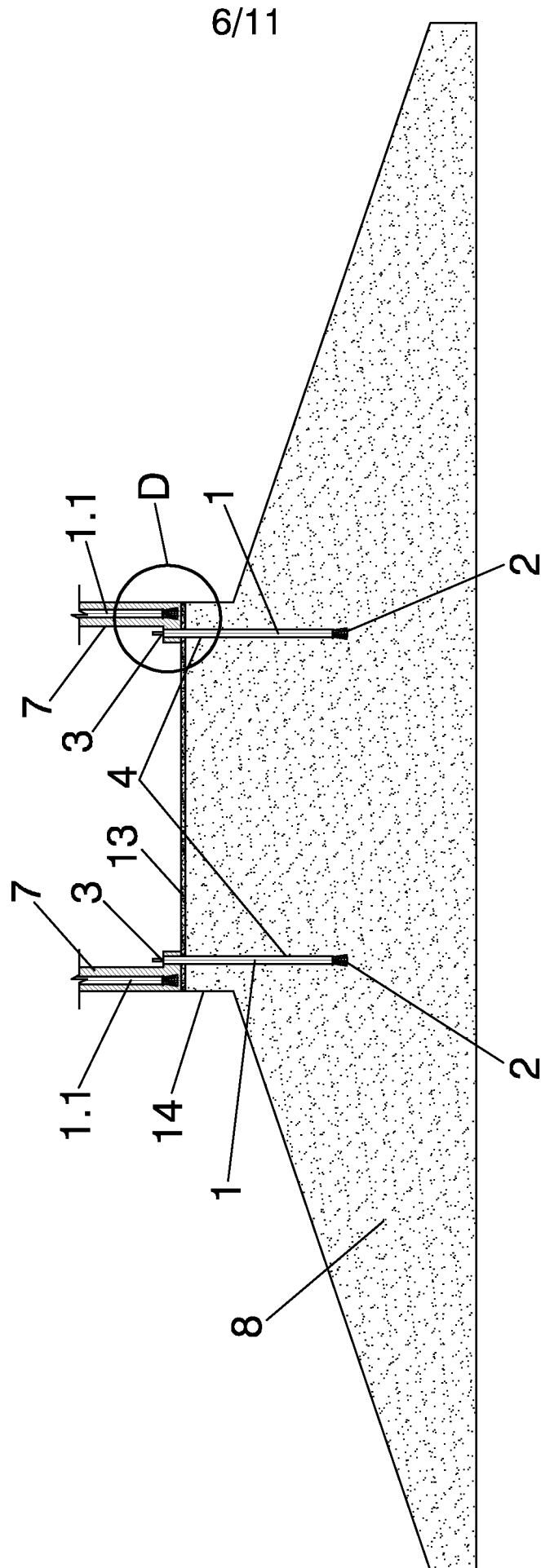


FIG. 7

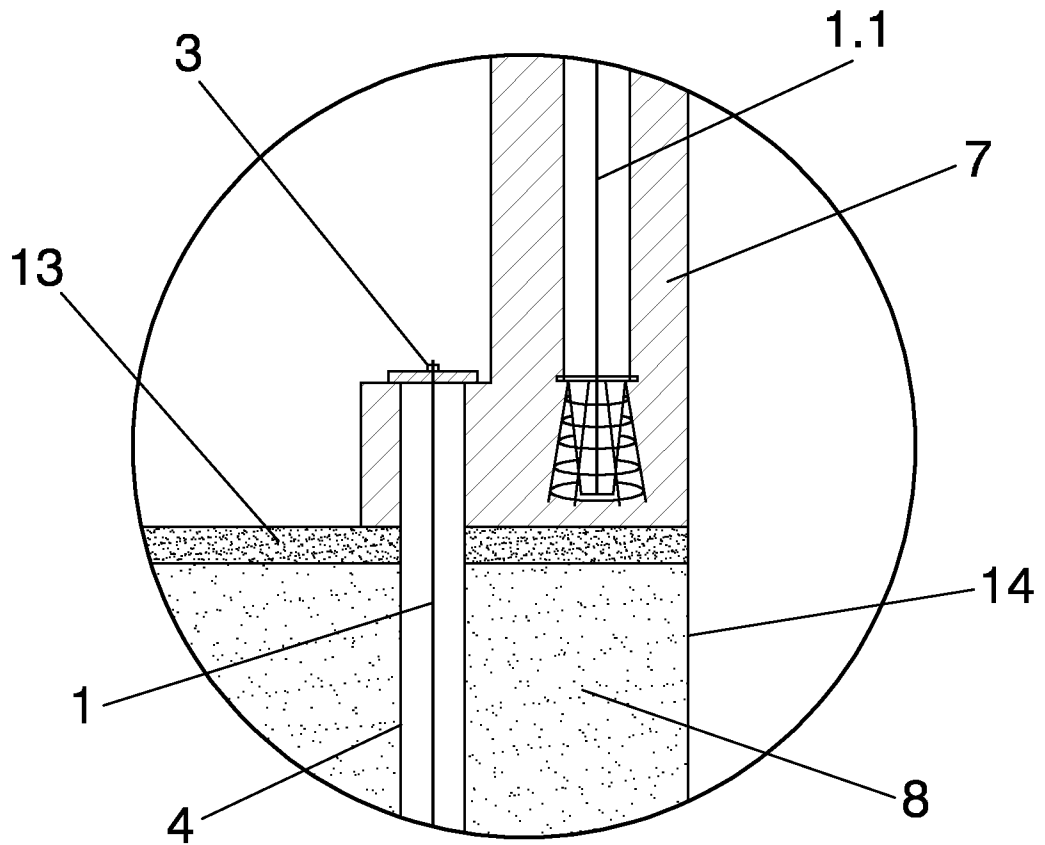


FIG. 8

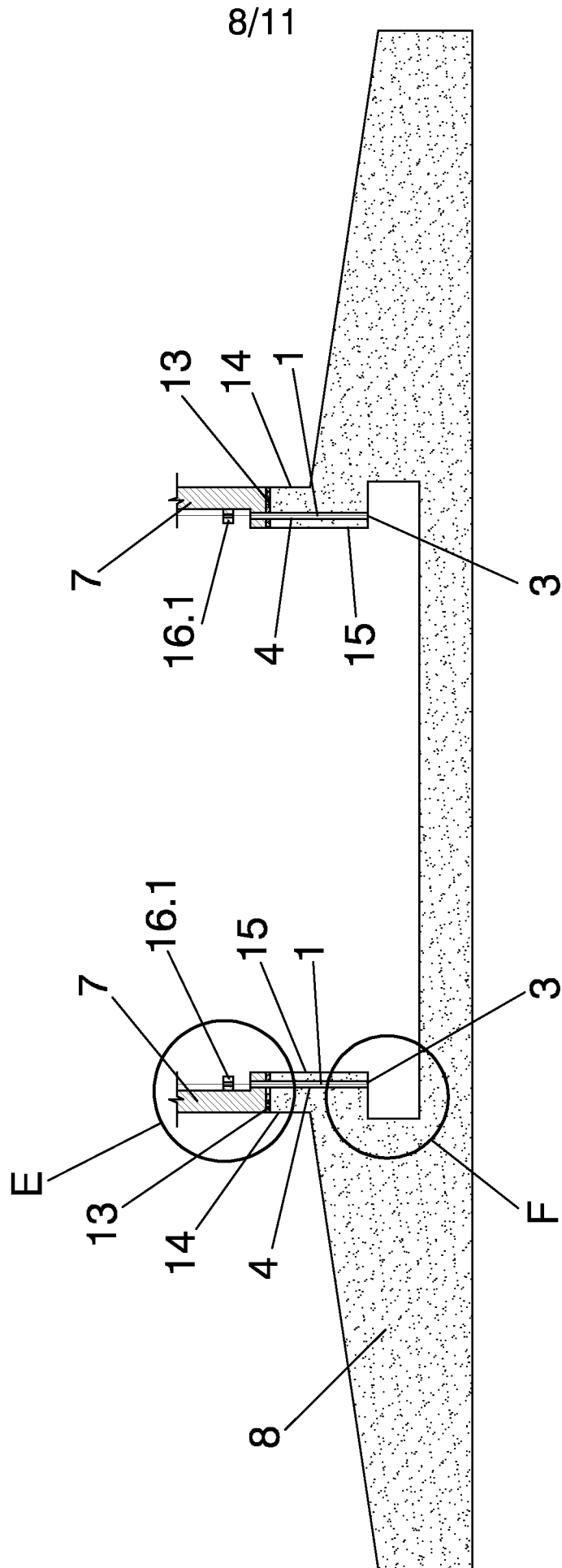


FIG. 9

9/11

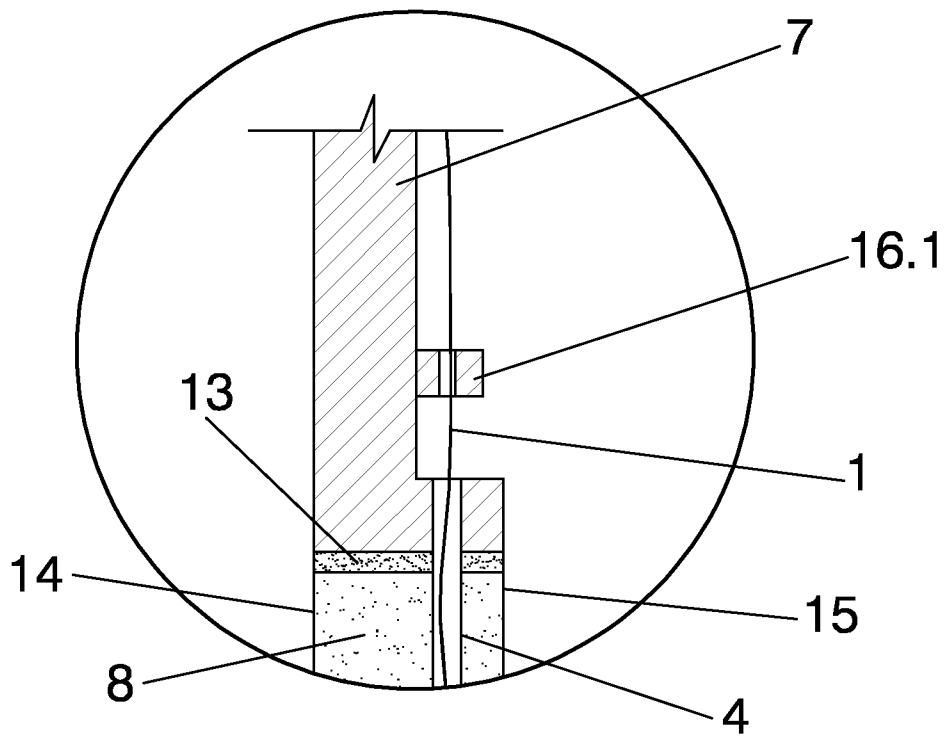


FIG. 10.1

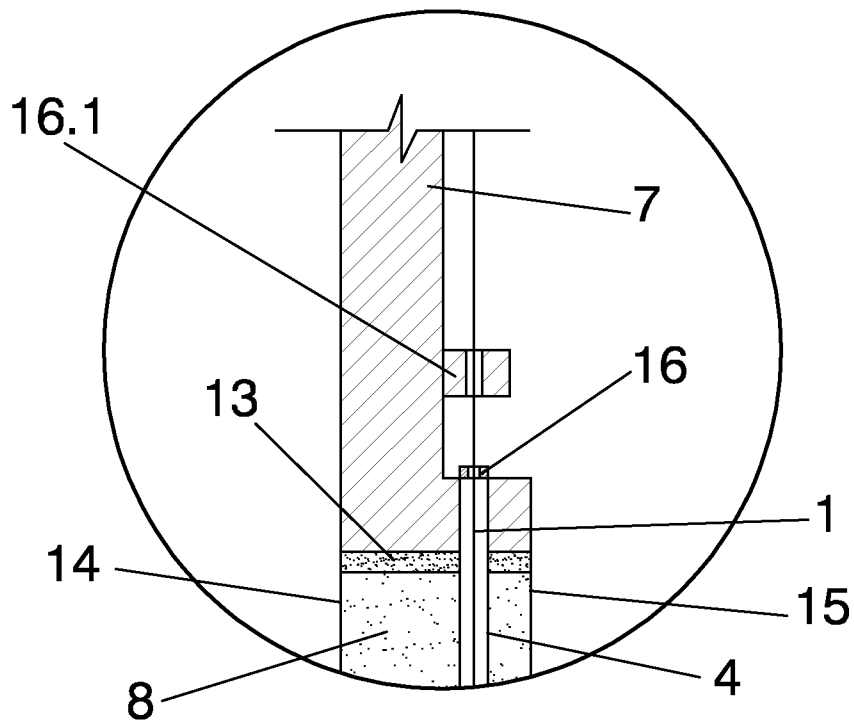


FIG. 10.2

10/11

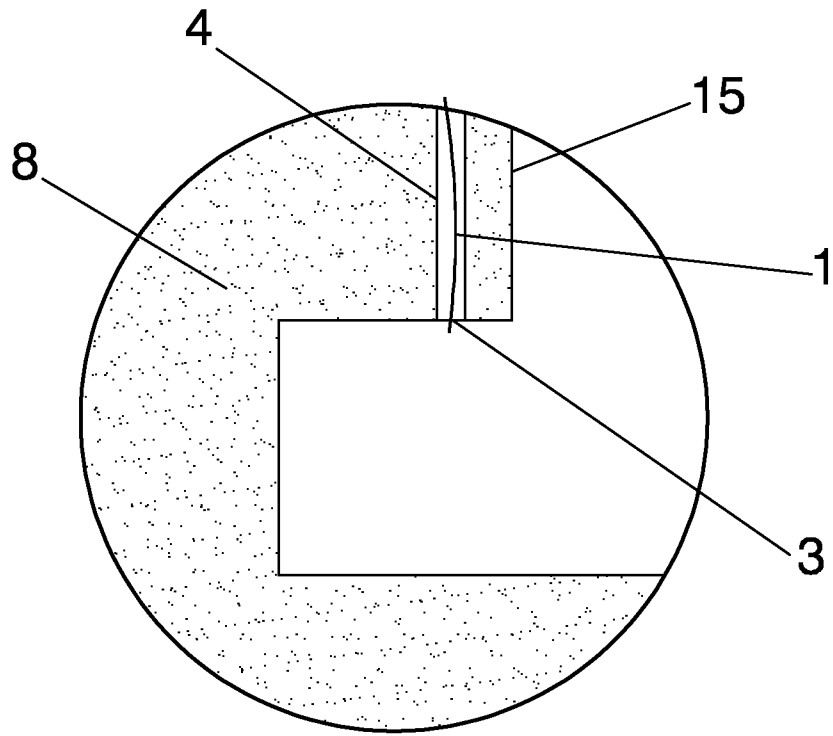


FIG. 11.1

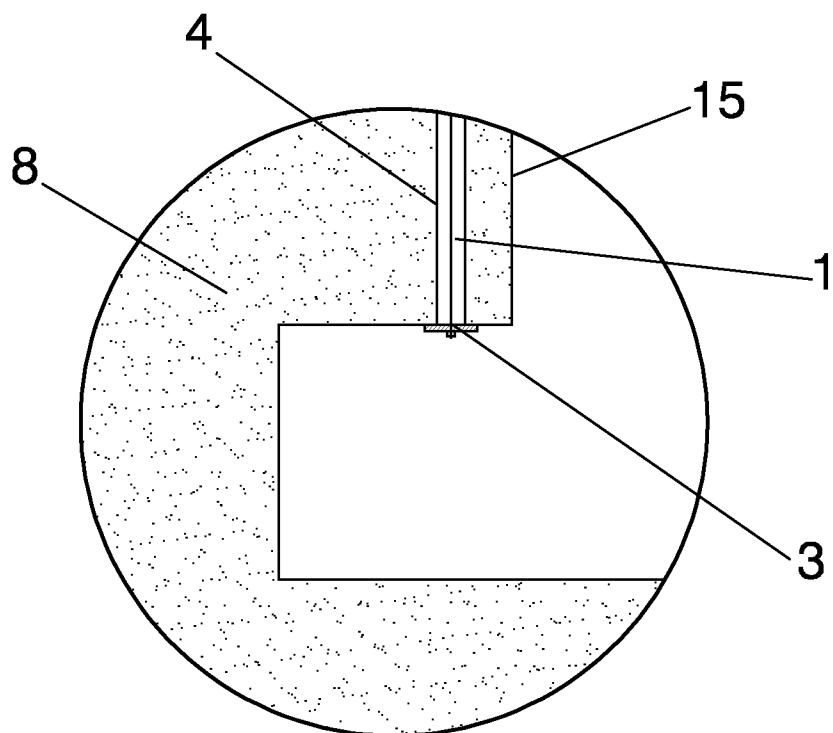


FIG. 11.2

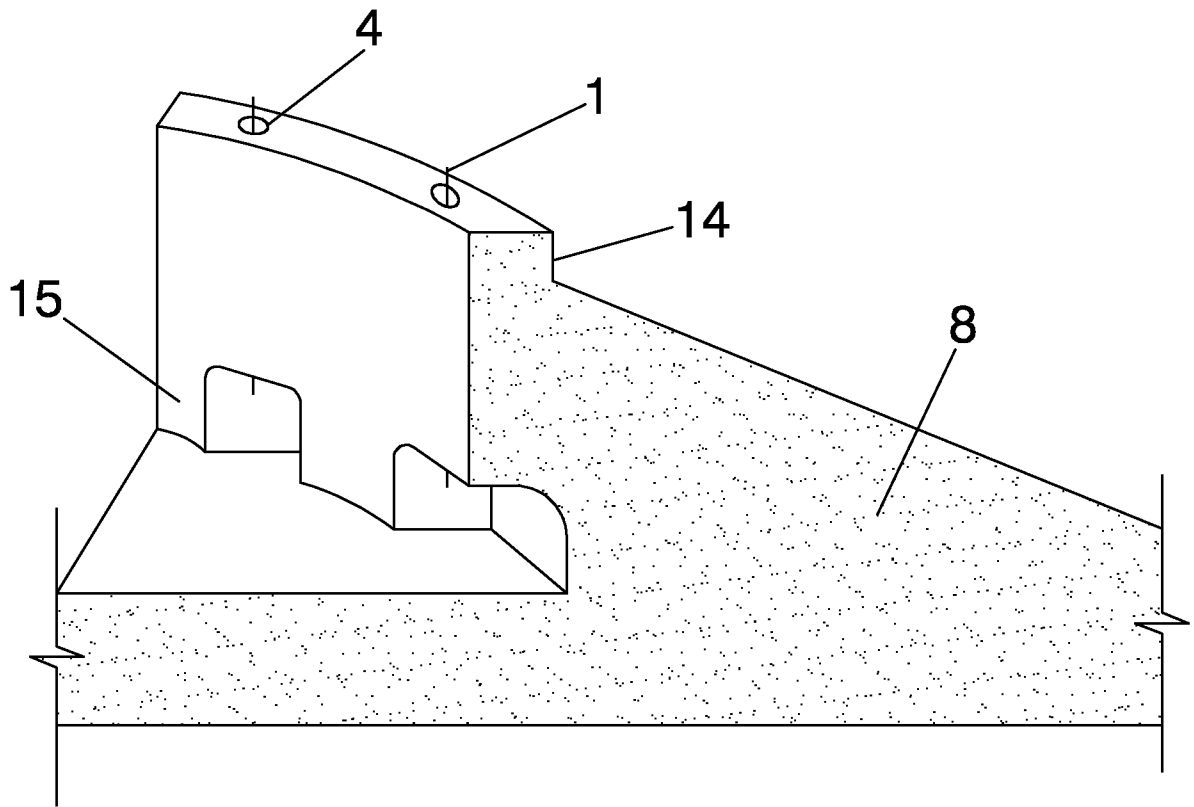


FIG. 12

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional N°

PCT/ES2012/070127

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

INV. E04H12/22 F03D1/00 F03D11/04

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

F03D E04H E02D

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones N°
X	EP 1 849 920 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 31 de octubre de 2007 (2007-10-31) párrafos [0001], [0002], [0018], [0020], [0022], [0025], [0027], [0028], [0029] figuras 1,9,10,15,16,21 -----	1-7, 11-21
X	WO 2010/003416 A1 (FOOT FOUNDATION AS [DK]; RASMUSSEN HENNING BALTZER [DK]) 14 de enero de 2010 (2010-01-14) página 1, líneas 1-15 página 13, líneas 24-32 página 16, líneas 21-32 página 24, líneas 3-8 figuras 4-6,23,24 -----	1,8-10, 12,13

En la continuación del Recuadro C se relacionan otros documentos Los documentos de familias de patentes se indican en el Anexo

* Categorías especiales de documentos citados: "A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante. "E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior. "L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada). "O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio. "P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.	"T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención. "X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado. "Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia. "&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.
---	---

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional <p style="text-align: center;">30 de Octubre de 2012</p>	Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional <p style="text-align: center;">27 de Noviembre de 2012</p>
---	--

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Funcionario autorizado <p style="text-align: right; font-size: 1.2em;">Lux, Ralph</p>
N° de fax	N° de teléfono

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Información relativa a miembros de familias de patentes

Solicitud internacional N°

PCT/ES2012/070127

EP 1849920	A2	31-10-2007	AU	2007201890	A1	15-11-2007
			CA	2585534	A1	30-10-2007
			CN	101063509	A	31-10-2007
			DK	1849920	T3	16-07-2012
			EP	1849920	A2	31-10-2007
			ES	2386735	T3	28-08-2012
			US	2007251187	A1	01-11-2007
			US	2012011801	A1	19-01-2012

WO 2010003416 A1 14-01-2010 ninguno

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/ES2012/070127

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. E04H12/22 F03D1/00 F03D11/04
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F03D E04H E02D
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 849 920 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 31 October 2007 (2007-10-31) paragraphs [0001], [0002], [0018], [0020], [0022], [0025], [0027], [0028], [0029] figures 1,9,10,15,16,21 -----	1-7, 11-21
X	WO 2010/003416 A1 (FOOT FOUNDATION AS [DK]; RASMUSSEN HENNING BALTZER [DK]) 14 January 2010 (2010-01-14) page 1, lines 1-15 page 13, lines 24-32 page 16, lines 21-32 page 24, lines 3-8 figures 4-6,23,24 -----	1,8-10, 12,13

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 30 October 2012	Date of mailing of the international search report 27/11/2012
--	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Lux, Ralph
--	--------------------------------------

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/ES2012/070127

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1849920	A2	31-10-2007	
		AU 2007201890 A1	15-11-2007
		CA 2585534 A1	30-10-2007
		CN 101063509 A	31-10-2007
		DK 1849920 T3	16-07-2012
		EP 1849920 A2	31-10-2007
		ES 2386735 T3	28-08-2012
		US 2007251187 A1	01-11-2007
		US 2012011801 A1	19-01-2012

WO 2010003416	A1	14-01-2010	NONE
