

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 431 583**

51 Int. Cl.:

F03D 1/00 (2006.01)

F03D 11/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.06.2009 E 09766890 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2013 EP 2310670**

54 Título: **Estructura de soporte para su uso en la industria de parques eólicos marítimos**

30 Prioridad:

20.06.2008 NO 20082860

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

27.11.2013

73 Titular/es:

**SEATOWER AS (100.0%)
Sørkedalsveien 10B
0369 Oslo, NO**

72 Inventor/es:

**KARAL, KAREL;
RAMSLIE, SIGURD y
KARAL, EVA**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 431 583 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

Estructura de soporte para su uso en la industria de parques eólicos marítimos

5 La presente invención se refiere a estructuras para soportar turbinas eólicas marítimas y equipo similar. Más concretamente, la invención se refiere a una estructura de soporte para su uso en la industria de parques eólicos marítimos, que comprende una cimentación para su instalación en un lecho marino por debajo de una masa de agua y una torre conectada a la cimentación y que se extiende desde la misma y que es capaz de soportar al menos una unidad de equipo, de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1; así como un procedimiento de instalación de la estructura de soporte de acuerdo con la reivindicación 11.

10 La demanda creciente de explotación de fuentes de energías renovables promueve la demanda de generación de potencia eólica marítima, en donde las condiciones de viento son más favorables que en tierra y el impacto medioambiental es mucho menor. Existe una necesidad creciente de estructuras que puedan soportar turbinas eólicas pesadas de una altura significativa sobre el nivel del mar. La estructura de soporte consiste en un mástil/torre fijado al lecho marino, ya sea directamente por medio de una cimentación o la estructura es flotante y está conectada al lecho marino mediante un amarre. La presente invención se refiere al primer tipo, esto es, las estructuras de soporte fijas.

15 Estructuras de soporte fijas típicas para turbinas eólicas aplicadas en la práctica, planeadas para su aplicación, patentadas y descritas en fuentes públicas accesibles están caracterizadas, en términos generales, por lo que sigue:

1. Una instalación exigente en la que la torre se implementa in situ sobre una cimentación preinstalada.
2. La cimentación es fijada al lecho marino por medio de pilares empotrados o perforados.

20 Las soluciones existentes, que utilizan la fuerza de la gravedad para fijar la estructura al lecho marino en lugar de pilares, son conocidas por sus considerables límites de aplicación con relación a su peso, profundidad del agua en el emplazamiento de instalación así como profundidad del agua en las ubicaciones de descarga y a lo largo de la ruta de transporte.

25 El documento WO 01/34977 muestra una estructura de cimentación basada en gravedad que tiene un fondo completamente plano. Esto requiere una preparación cuidadosa del lecho marino en el emplazamiento de instalación. El terreno tiene que ser nivelado y se tiene que asegurar que el suelo es estable y no se desplazará sustancialmente cuando el peso de la cimentación sea transferido al lecho marino. Si el lecho marino no se prepara adecuadamente, el aerogenerador puede volcar, en el peor caso.

El documento US 2004/262926 muestra una cimentación que no está adaptada para ser auto-flotante. Tiene una cara plana inferior y en este respecto tiene las mismas desventajas que el documento WO 01/34977.

30 El documento EP 1 429 024 divulga una estructura de soporte para una turbina eólica marítima, que comprende un cajón soportado por varias columnas embebidas en el lecho marino y sometidas a cargas de tensión y presión. Columnas seleccionadas son piloteadas en un ángulo inclinado con respecto a la vertical. El cajón está soportado por debajo de la superficie del agua aunque por encima del lecho marino.

35 El documento WO 03/080939 divulga una estructura de cimentación para una torre de turbina eólica o similar, para su instalación en el lecho marino. La estructura de cimentación puede ser maniobrada hasta su posición marítima utilizando una embarcación y unos medios de flotación separados (y amovibles). Estos elementos de flotación deben ser bastante grandes con el fin de mantener la estabilidad. Una vez en posición, la estructura es bajada hasta el lecho marino y un mecanismo de bombeo se utiliza para hundir una porción inferior de la estructura (por ejemplo, unos faldones) en el lecho marino. Cuando la estructura de cimentación ha sido anclada (o piloteada) en su posición en el lecho marino, es capaz de soportar la torre de turbina eólica.

40 Por su naturaleza, las soluciones anteriores tienden a producir unos costes globales de inversión de capital elevados, esto es, el coste total de fabricación, descarga, transporte e instalación.

45 Por lo tanto se proporciona una estructura de soporte para su uso en la industria de parques eólicos marítimos, que comprende una cimentación para su instalación en un lecho marino por debajo de una masa de agua y una torre conectada a la cimentación y que se extiende hacia arriba desde la misma y que es capaz de soportar al menos una unidad de equipo, caracterizada porque la cimentación comprende un faldón circunferencial que se extiende hacia abajo desde el elemento de losa inferior y que define al menos un compartimento bajo la cimentación, incluyendo el peso de la cimentación el lastre que crea una fuerza suficiente para que el faldón penetre en el lecho marino de modo que las cargas externas se transfieren a suelos más profundos. Preferiblemente, el al menos un compartimento está subdividido en compartimentos por medio de faldones que se extienden hacia abajo desde el elemento de losa inferior y que se extienden preferiblemente de modo radial desde una porción central del elemento de losa inferior hasta áreas respectivas del faldón circunferencial.

La torre está conectada a la cimentación preferiblemente por medio de una parte inferior de la torre que está unida al elemento de losa inferior y conectada con la cimentación mediante elementos de fijación conectados con al menos una porción de pared superior.

5 En un modo de realización, la cimentación comprende una estructura de tejado que se extiende entre la pared superior y la torre, rodeando así la primera cavidad. En un modo de realización, la estructura de tejado comprende una envolvente externa y una envolvente interna que definen al menos una segunda cavidad entre medias, orientándose dicha envolvente interna hacia la primera cavidad. La segunda cavidad está rellena preferiblemente con un material tal como hormigón. En otro modo de realización, la estructura de tejado está formada de hormigón vertido en un encofrado convencional, o mediante placas metálicas de envolvente individuales.

10 En un modo de realización, el elemento de losa inferior y la pared comprenden una envolvente externa y una envolvente interna que definen al menos una segunda cavidad entre medias, orientándose dicha envolvente interna hacia la primera cavidad. La segunda cavidad está rellena preferiblemente con un material tal como hormigón. En otro modo de realización, la pared superior está formada por encofrados deslizantes o mediante placas metálicas de envolvente individuales.

15 En un modo de realización, la estructura de soporte comprende un elemento de estabilidad flotante liberable y conectado de modo deslizante con la cimentación, mediante el cual se mantiene la estabilidad de la estructura durante su remolcado y durante su instalación cuando la estructura de tejado se mueve de una posición por encima del agua a un estado parcial o completamente sumergido. Preferiblemente, el elemento de estabilidad flotante comprende una porción rebajada que tiene unos topes terminales superior e inferior para cooperar con un reborde en la cimentación, por lo que el movimiento deslizante del elemento de estabilidad flotante es restringido mediante dichos topes terminales superior e inferior. 20 Asimismo, el elemento de estabilidad flotante comprende preferiblemente al menos una cavidad interna para añadir y extraer selectivamente un fluido de lastre, tal como agua.

Asimismo, se proporciona un procedimiento para instalar la estructura de soporte inventada, caracterizado por las etapas de:

25 Añadir un lastre que tiene un peso suficiente para permitir que un faldón orientado hacia abajo, que se extiende alrededor de la circunferencia de la cimentación, penetre en el lecho marino de modo que las cargas externas se transfieran a suelos más profundos.

30 Si se considera necesario, el procedimiento de instalación comprende mover la cimentación a un estado sustancialmente nivelado inyectando un material de lechada en una selección de los compartimentos confinados por los faldones por debajo del elemento de losa inferior.

La presente invención introduce un número de parámetros y compatibilidad estructural mediante el uso de diferentes tipos de materiales que pueden ser aplicados para optimizar el suministro de soportes estructurales listos para su funcionamiento para parques eólicos marítimos. Se consiguen los siguientes aspectos ventajosos:

35 1. Un gran número de tareas de finalización y puesta en servicio pueden ser realizadas en el emplazamiento de fabricación en lugar de en el emplazamiento marítimo de instalación, lo que permite la integración de la torre con la cimentación, tareas de cableado y similares.

2. Una selección de material y un intervalo de dimensiones estructurales más amplios.

3. El transporte al emplazamiento sobre la cubierta de pontones y embarcaciones se elimina o se reduce significativamente.

40 4. No se requiere de elementos de flotabilidad separados durante el remolcado.

5. Implementación en la posición (transferencia de la posición de transporte a la posición de funcionamiento) por adición de lastre, no por izado.

6. No es necesario el piloteado u otras formas de "fijación" al lecho marino.

7. El diseño y el acondicionamiento para su retirada puede ser fácilmente implementado.

45 8. Se evita la necesidad de grandes grúas marítimas.

Además de menores costes globales, la presente invención resuelve los inconvenientes asociados con las soluciones conocidas al:

1. Permitir el suministro de soportes desde emplazamientos de fabricación, lo que permite la utilización de buques de calado reducido, ampliando así la selección de emplazamientos de fabricación.

2. Reducir las necesidades de embarcaciones especializadas.
3. Permitir que la superestructura (torre, generador eólico, etc.) sea fijada a la estructura de cimentación en la orilla, antes de su remolcado a la ubicación de instalación.
4. Permitir que la estructura de cimentación sea nivelada tras su instalación en el lecho marino, para evitar una inclinación impredecible del soporte instalado.
5. Reducir o eliminar las cargas hidrodinámicas que actúan directamente sobre la torre.
6. Resistencia a cargas pesadas de hielo.

Estas y otras características de la invención serán más claras de la siguiente descripción de un modo de realización preferencial, ofrecido a modo de ejemplo no restrictivo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

- 10 la figura 1 es una vista lateral esquemática de un primer modo de realización de la invención, que ilustra el principio de la invención en el que una porción de la cimentación sobresale por encima de la superficie del agua;
la figura 2 es una sección a través de una parte inferior de la estructura mostrada en la figura 1, a lo largo de la línea de sección A-A en la figura 3;
la figura 3 es una sección a lo largo de la línea de sección B-B en la figura 2;
 - 15 la figura 4 es una vista lateral esquemática de un segundo modo de realización de la invención que ilustra el principio de la invención en el que una porción de la cimentación está por debajo de la superficie del agua;
la figura 5 es una sección a través de una parte inferior de la estructura mostrada en la figura 4, a lo largo de una línea de sección similar a la línea de sección A-A en la figura 3;
 - 20 la figura 6 es una sección a través de una porción inferior de la estructura de cimentación, a lo largo de una línea de sección similar a la línea de sección A-A en la figura 3, situada en la orilla;
la figura 7 es un recorte de una porción inferior de la estructura de cimentación que ilustra la composición de los elementos principales de placa de soporte de cargas;
la figura 8 es una vista lateral de la porción inferior de la estructura de cimentación mostrada en la figura 6, mientras está siendo izada desde la orilla;
 - 25 la figura 9 es una vista lateral de la porción inferior de la estructura de cimentación mostrada en la figura 6, flotando en el agua;
la figura 10 muestra el modo de realización mostrado en la figura 5, en un estado de flotación sobre el agua y parcialmente relleno con lastre;
las figuras 11 a 13 muestran las operaciones principales en el transporte e instalación de la estructura de soporte;
 - 30 la figura 14 es una sección horizontal a través de la línea C-C en la figura 15 y muestra el segundo modo de realización de la invención provisto de un dispositivo de estabilidad flotante reutilizable;
la figura 15 es una sección a través de una parte inferior de la estructura mostrada en la figura 4, a lo largo de la línea de sección A-A en la figura 14, flotando en el agua y provista de un dispositivo de estabilidad flotante reutilizable;
 - 35 la figura 16 muestra la misma estructura y dispositivo de estabilidad flotante de la figura 14, pero en el que el dispositivo de estabilidad flotante se muestra en un estado separado de la estructura de soporte flotante, por ejemplo, antes de su incorporación a la estructura;
la figura 17 muestra una sección vertical de la misma estructura y dispositivo de estabilidad flotante de la figura 15 durante su descenso al lecho marino; y
 - 40 la figura 18 muestra la misma estructura y dispositivo de estabilidad flotante de las figuras 15 y 17, en el que la estructura ha sido desplegada sobre el lecho marino y el dispositivo de estabilidad flotante ha sido inundado para separarlo de la estructura y recogerlo posteriormente.
- La figura 1 es una vista lateral de un primer modo de realización de la estructura de soporte, denotado generalmente por el número de referencia 1 y denominado en lo que sigue asimismo como una "estructura". La estructura de soporte 1, que comprende una torre 7 y una cimentación 4, se ilustra situada en una masa de agua 2 y apoyando sobre un lecho marino 3 mediante la cimentación 4. La estructura de soporte soporta una turbina 5 con palas de rotor 6a-c. La turbina está
- 45

montada en la parte superior de la torre 7 que está soportada por la cimentación 4 y fijada a la misma, mediante una estructura de fijación 8. En este modo de realización, la cimentación 4 sobresale por encima del nivel del agua 9, lo que es una disposición típica para emplazamientos en aguas poco profundas. La cimentación 4 comprende un elemento de losa inferior 14 (véase la figura 2) y una pared que se extiende hacia arriba desde el elemento de losa inferior. Por razones que serán aparentes en lo que sigue, cuando se describe el proceso de fabricación, la pared de cimentación se denota convenientemente como “pared inferior 23” y “pared superior 54”, como se indica en la figura 1.

Aunque no es obligatorio, es ventajoso otorgar a la cimentación 4 una forma circular que pueda resistir eficientemente cargas ambientales en diversas fases durante su fabricación, transporte y funcionamiento; típicamente presión hidrostática del agua, cargas de olas y (en algunos casos) cargas de hielo. La torre 7 está fijada a la cimentación por medio de una estructura 8 de múltiples patas.

La figura 2 es una sección vertical a través de la cimentación 4 a lo largo de dos planos verticales A-A, como se muestra en la figura 3. La estructura de fijación de múltiples patas 8, que fija la torre 7 a la cimentación 4, comprende unos puntales superiores 10, columnas verticales 11 y (si es necesario) puntales inferiores 12. Una pieza inferior 13 de la torre 7 puede estar embebida en el elemento de losa inferior 14 de la cimentación con el fin de facilitar la transferencia de cargas de cizalla de la torre 7 a la cimentación. El espacio 15 dentro de la cimentación 4 se utiliza para controlar la flotabilidad y el centro de gravedad de la estructura durante su fabricación, transporte al campo e instalación, ya sea llenándola de aire o, en un cierto grado ya sea llenada por agua o por un lastre sólido, o una combinación de agua y lastre sólido.

La figura 3 es una sección horizontal a lo largo de la línea de sección B-B en la figura 2, a través de la parte de la cimentación que está embebida en el suelo cuando la estructura ha sido instalada. Unos faldones radiales 16 dividen el espacio confinado dentro del faldón externo (circular) 18 en un número de compartimentos 17. Como ejemplo, la figura 3 muestra tres de tales compartimentos 17a-c, divididos mediante faldones radiales 16a-c. Los faldones mejoran la capacidad de soporte de carga de la cimentación transfiriendo las cargas externas a estratos de suelo más profundos y el faldón externo impide efectos de deterioro de una posible socavación del lecho marino a lo largo de la periferia. Tras embeber los faldones en el lecho marino, los compartimentos 17a-c pueden ser rellenados con lechada o una sustancia similar con el fin de evitar que se queden atrapados alojamientos llenos de agua entre el fondo de la cimentación y el lecho marino. La lechada puede ser utilizada para asegurar que la cimentación 4 está nivelada (horizontalmente) y asegurar así la verticalidad de la torre mediante el control de la presión de lechada a través del volumen de lechada insertado en los compartimentos individuales 17a-c. Se puede conseguir la nivelación dividiendo la base en tres compartimentos individuales, como se muestra en la figura 3, o en múltiplos de tres grupos de compartimentos conectados en presión.

La figura 4 es una vista lateral de un segundo modo de realización de la estructura de soporte 1, situada en una masa de agua 2 y apoyando sobre un lecho marino 3 mediante una cimentación 4'. En este modo de realización, la cimentación 4' no sobresale por encima del nivel de agua 9. Esta es una disposición típica para emplazamientos en aguas más profundas en las cuales esta disposición es menos costosa en comparación con la estructura mostrada en la figura 1 y este modo de realización de la cimentación 4' comprende una estructura de tejado 52, conectada con la pared superior 54 y que rodea así el espacio interno 15 (véase la figura 5). El experto en la técnica comprenderá que la transición entre la torre 7 y la estructura de tejado 52 puede estar sellada (si así se requiere) por medios convencionales. La estructura de tejado 52 es preferiblemente inclinada, como se muestra en la figura 4.

La figura 5 es una sección vertical a través de la cimentación 4' a lo largo de dos planos verticales A-A similares a los mostrados en la figura 3 para el primer modo de realización. Se observa que el interior 15 de la cimentación 4' puede ser utilizado para un lastre, esto es, agua y/o un lastre sólido 19 (véase la figura 10).

El procedimiento de la invención de fabricación, transporte e instalación se ilustra en las figuras 6 a 17 y se explica en lo que sigue.

La figura 6 muestra la primera etapa de fabricación que tiene lugar en un muelle. Sin embargo, un proceso y procedimiento de fabricación similar sería posible utilizando instalaciones más costosas, tales como un dique seco, o un pontón sumergible y aplicando un procedimiento y materiales muy similares. Por lo tanto, la siguiente explicación se centrará en la fabricación en un muelle y solo se proporcionarán comentarios, cuando se considere adecuado, para los otros procedimientos opcionales de fabricación. En el muelle 20 se establecen soportes temporales 21a-c como sean necesarios para soportar la parte inferior 22 de la cimentación. Esta parte del proceso es similar independientemente de si se utiliza el primer modo de realización de la cimentación 4 o el segundo modo de realización de la cimentación 4'. La fabricación de la parte inferior 22 de la cimentación 4; 4' comprende la fabricación del faldón externo 18, faldones radiales 16a-c (véase la figura 3, no mostrados en las figuras 6 y 8 a 17) y el premontaje del elemento de losa inferior 14 y paredes verticales 23 se lleva a cabo hasta que se consigue una altura necesaria predeterminada de las paredes 23 y al mismo tiempo no se supera la capacidad de descarga del dispositivo (véase la explicación relativa a la figura 8). La altura requerida de las paredes inferiores 23 está dominada por el francobordo mínimo aceptable requerido en la siguiente fase, en la cual la estructura en construcción es flotante. Con el fin de conseguir el menor peso posible con el fin de evitar grúas

costosas, de acuerdo con esta invención, tanto el elemento de losa inferior 14 como las paredes verticales 23 o sus partes inferiores se fabrican como una estructura envolvente doble de acero que tiene una envolvente externa 44 y una envolvente interna 42, que definen una cavidad 46 entre medias y en la cual las envolventes 42, 44 se mantienen a una distancia mutua deseada mediante placas o varillas de separación transversales 48, como se muestra en la figura 7. La cavidad 46 está destinada a ser llenada, en una fase posterior de la fabricación, con hormigón con el fin de conseguir una resistencia deseada de la estructura envolvente completada. Sin embargo, la estructura de acero de doble envolvente se diseña con la suficiente resistencia para transportar todas las cargas que tengan lugar en las fases iniciales de la fabricación. Es posible asimismo utilizar secciones de envolvente doble prefabricadas disponibles comercialmente en el mercado bajo la marca **Bi-Steel**. El uso de este tipo de estructura de sándwich puede no ser necesario si la fabricación se realiza en una cubierta o en un pontón sumergible en el que el peso puede no ser un parámetro limitativo. Una vez completada la parte inferior 22 de la cimentación 4; 4', esta se transfiere (por ejemplo por izado; véase la figura 8) del muelle 20 a un estado flotante en una superficie de agua 2, como se muestra en la figura 9. El izado puede ser realizado utilizando eslingas 50 unidas a una grúa flotante o basada en tierra (no mostrada).

Tras su descenso al agua, la parte inferior 22 de la cimentación 4; 4' flota con un francobordo adecuado que permite un trabajo de continuación de la fabricación seguro, que puede continuar ya sea extendiendo las paredes verticales con fin de aumentar el francobordo del cuerpo flotante o rellenando la cavidad entre las envolventes con hormigón para aumentar la resistencia de la parte inferior de la cimentación 4; 4'. La terminación de la cimentación 4; 4' implica la construcción de paredes hasta su altura final y para la cimentación 4' mostrada en la figura 4, asimismo construir el tejado impermeable 52, creando así una barrera entre el espacio interno 15 y el agua exterior. La construcción de las paredes hasta su altura final puede continuar ya sea con la configuración de doble envolvente o utilizando procedimientos de construcción de una estructura de hormigón estándar, tales como encofrado deslizante o el uso de un encofrado y hormigonado convencionales. Con el fin de conseguir el peso y la distribución de peso deseados, se puede utilizar un hormigón de diferente densidad en diferentes secciones, o el hormigón puede ser sustituido completamente o por secciones con acero. Esta fase de fabricación se muestra en la figura 9, en la cual la parte inferior de la cimentación 22 flota sobre la superficie de una masa de agua 2 y la construcción de paredes y otras partes dentro de las cimentación está llevándose a cabo.

En la figura 10, la cimentación 4' ha sido completada; la torre 7 ha sido insertada en la cimentación 4', alineada con la cimentación 4' y conectada con la misma como sea necesario y la estructura completa está lista para ser remolcada. La figura 10 muestra los ajustes de calado y centro de flotación ya que ambos son importantes para la estabilidad de la estructura al completo durante su remolcado hasta el emplazamiento. Se ve que en este caso seleccionado se añade un lastre sólido 19 en el espacio 15 de la cimentación 4' mediante una abertura 37 adecuada en la estructura de tejado 52. En el diseño, las dimensiones externas de la cimentación 4; 4' son parámetros importantes que el ingeniero de diseño puede ajustar para controlar la estabilidad de flotación. El objetivo último sería conseguir una estabilidad suficiente con la torre 7 y las unidades de equipo 5, 6a-c instaladas antes de su remolcado. Sin embargo, esto puede conducir a una solución ineficiente en costes en la cual el coste adicional de la estructura extendida no puede contrarrestar las ganancias técnicas y económicas de instalar la torre e instalar y montar todo el equipo en el emplazamiento de fabricación en la orilla. Por lo tanto, puede ser necesaria la introducción de compromisos tales como:

1. Posponer la instalación de las unidades de equipo 5, 6a-c hasta la fase en la que la estructura de soporte 4; 4' y la torre 7 hayan sido instaladas en el emplazamiento marítimo. Esto reduce significativamente el peso del centro de gravedad por encima del centro de flotación, reduce las cargas de viento en la estructura durante esta fase y reduce el calado durante el remolcado.

2. Utilizar una torre telescópica (tal como la divulgada en la solicitud de patente noruega número 20073363), en la cual la parte superior se inserta en la parte inferior durante el remolcado e instalación y a continuación se retrae (se empuja hacia fuera por presión hidrostática). Los efectos de esto son del mismo carácter que en el elemento 1 descrito anteriormente.

3. Diseñar y fabricar la torre 7 o su parte superior a partir de materiales más ligeros que el acero, por ejemplo, a partir de plásticos reforzados de alta resistencia.

La figura 11 muestra el transporte de la estructura de soporte 1 desde el emplazamiento de montaje hasta el emplazamiento de instalación mediante el remolcado de la estructura por medio de una embarcación de remolque 23 conectada mediante la línea de remolque 24 a la cimentación 4'. Dependiendo del estado marítimo a lo largo de la ruta de remolcado, tal como el tráfico de embarcaciones, la curvatura de la ruta de remolcado, puede(n) ser necesaria(s) embarcación(es) adicional(es) para realizar esta tarea.

La figura 12 muestra la estructura 1 siendo transferida de la posición de remolcado al lecho marino que se consigue añadiendo peso (lastre sólido 19, o agua) en el espacio 15 de la cimentación 4' desde la embarcación de instalación 23 mediante una conexión 25.

La figura 13 muestra la estructura 1 desplegada en el lecho marino 3 con los faldones externos 18 y faldones radiales 17a, c penetrados en el lecho marino. La lechada, esto es el relleno de los huecos en los que no hay contacto entre la base de la cimentación 4' y el lecho marino y si se necesita, el relleno de lechada adicional en compartimentos seleccionados

17a-c para alinear así la torre 7 con la vertical nivelando la cimentación 4', se ilustra siendo realizada mediante la adición de sustancia de lechada por medio de un conducto 33 adecuado. Dependiendo de la inclinación inicial con respecto a la posición de los compartimentos del faldón se rellenan con lechada uno o dos de los tres compartimentos.

5 La figura 14 es una vista superior de la cimentación 4' a lo largo de la línea de sección C-C en la figura 15, en la región de la línea de agua, e ilustra un dispositivo de estabilidad flotante 26 unido a la cimentación 4'. El propósito del dispositivo de estabilidad flotante 26 es proporcionar un área de plano de agua adicional a la cimentación flotante 4' y así hacerla estable durante su remolcado e instalación. El dispositivo de estabilidad flotante 26 puede estar diseñado como un cuerpo hueco, preferiblemente de una forma que abarque la estructura a lo largo de su periferia, por ejemplo, circular como se observa en la figura. En el modo de realización preferido, el dispositivo 26 comprende dos segmentos 27a, b conectados entre sí
10 mediante una junta 28 y un mecanismo de bloqueo 29.

La figura 16 es una sección vertical a través de una porción de la estructura 1, que ilustra la cimentación 4' y el dispositivo de estabilidad flotante 26 a lo largo de dos planos verticales A-A, según se define en la figura 14. En la sección transversal se observa que la cimentación 4' está provista de un reborde 30 que ajusta en una cavidad 31 en la pared interna 32 del dispositivo de estabilidad flotante 26. La interacción entre el dispositivo de estabilidad flotante 26 y la cimentación 4' tiene
15 lugar cuando se lastra la cimentación 4' de modo que el reborde 30 apoya sobre la cavidad 31, como se muestra en la figura 17. Las situaciones típicas en las que el elemento de estabilidad flotante 26 es necesario son (a) remolcado al emplazamiento y descenso/lastrado hasta el fondo marino de la estructura pesada superior 1 y (b) descenso/lastrado hasta el fondo marino de la estructura 1 para aguas más profundas, en la cual la pared vertical de la cimentación 4' o toda la cimentación está sumergida por debajo de la superficie de agua 9.

20 La figura 16 es una vista superior de la cimentación 4' y del dispositivo de estabilidad flotante 26 con sus segmentos 27a, b conectados mediante la bisagra 28, el mecanismo de bloqueo 29 desconectado y los segmentos 27a, b separados de modo que el dispositivo 26 pueda ser maniobrado hacia la cimentación 4' con el objeto de rodear la cimentación mediante los segmentos 27a y 27b. Cuando estos están en posición, el mecanismo de bloqueo 29 puede ser acoplado, creando así un conjunto que tras aumentar el calado de la estructura 1 se comporta como un cuerpo desde el punto de vista de
25 estabilidad flotante.

La figura 17 muestra la bajada en curso de la estructura 1 hasta el fondo marino 3. Se añade gradualmente lastre en el espacio 15 de la cimentación 4', de modo que el conjunto de la estructura 1 y el dispositivo de estabilidad flotante 26 se sumergen más profundamente en el agua. Con el fin de conseguir la resistencia estructural, el dispositivo 26 es reforzado mediante un refuerzo interno indicado mediante miembros estructurales 33a y 33b.

30 En la figura 18, el conjunto que consiste en la estructura 1 y el dispositivo flotante 26 ha sido desplegado en el lecho marino 3, con los faldones 18 penetrando en el mismo, mediante la adición de lastre. Para ser desacoplado de la cimentación, el dispositivo de estabilidad flotante 26 está dotado de equipo para lastrar y deslastrar por medio de agua marina. Con el fin de reducir el área superficial libre del agua de lastre dentro del dispositivo de estabilidad flotante, el interior de este está dividido con mamparos verticales (no mostrados). La figura muestra que el dispositivo ha sido llenado
35 de agua de lastre 34, de modo que el dispositivo 26 flota sin contacto entre la cavidad 30 y el reborde 31, de modo que el dispositivo de estabilidad flotante 26 puede ser desacoplado y retirado fácilmente.

La invención es particularmente adecuada para aguas poco profundas, en concreto en el intervalo entre 8 m y 30 m. El sistema puede estar diseñado preferiblemente para el régimen de respuesta dinámica blando-rígido.

REIVINDICACIONES

1. Una estructura de soporte para su uso en la industria de parques eólicos marítimos, que comprende una cimentación (4; 4') para su instalación en un lecho marino (3) por debajo de una masa de agua (2) y una torre (7) conectada con la cimentación y que se extiende hacia arriba desde la misma y que es capaz de soportar al menos una unidad de equipo (5), en la que la cimentación (4; 4') comprende además un elemento de losa inferior (14) y una pared (23, 54) que se extiende hacia arriba desde el elemento de losa inferior (14), definiendo así una primera cavidad (15), teniendo la primera cavidad (15) un volumen que proporciona una flotabilidad suficiente a la cimentación (4; 4') para que esta esté en suspensión auto-flotante en la masa de agua, estando adaptada dicha primera cavidad para ser rellenada con lastre hasta un nivel en el que la cimentación se desplace hasta una posición sobre el lecho marino, caracterizada por que la cimentación (4; 4') comprende un faldón circunferencial (18) que se extiende hacia abajo desde el elemento de losa inferior (14) y que define al menos un compartimento (17a-c) por debajo de la cimentación (4; 4'), creando el peso de la cimentación, incluyendo el lastre, una fuerza suficiente para que el faldón penetre en el lecho marino de modo que las cargas externas se transfieran a suelos más profundos.
2. La estructura de soporte de la reivindicación 1, en la cual el al menos un compartimento está subdividido en compartimentos (17a-c) por medio de faldones (16a-c) que se extienden hacia abajo desde el elemento de losa inferior (14) y que se extienden preferiblemente de modo radial desde una porción central de la losa inferior (14) hasta áreas respectivas del faldón circunferencial (18).
3. La estructura de soporte de la reivindicación 1, en la cual la torre está conectada a la cimentación (4, 4') por medio de una parte inferior (13) de la torre (7) que está unida al elemento de losa inferior (14).
4. La estructura de soporte de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en la que la torre está conectada con la cimentación (4; 4') por medio de elementos de fijación (8, 52) conectados con al menos una porción de pared superior (54).
5. La estructura de soporte de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la cimentación (4') comprende una estructura de tejado (52) que se extiende entre la pared superior (54) y la torre (7), rodeando así la primera cavidad (15).
6. La estructura de soporte de la reivindicación 5, en la que la estructura de tejado (52) comprende una envolvente externa (44) y una envolvente interna (42) que definen al menos una segunda cavidad (46) entre medias, estando orientada dicha envolvente interna (42) hacia la primera cavidad (15) y en la que la segunda cavidad (46) se rellena con un material tal como hormigón.
7. La estructura de soporte de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un dispositivo de estabilización de flotación (26) conectado de modo liberable y deslizante con la cimentación (4'), en la que la estabilidad de la estructura (1) se mantiene durante la instalación cuando la estructura de tejado (52) se mueve de una posición por encima del agua a un estado completamente sumergido.
8. La estructura de soporte de la reivindicación 7, en la que el dispositivo de estabilización de flotación (26) comprende una porción rebajada (30) que tiene topes terminales superior e inferior para cooperar con un reborde (31) en la cimentación (4'), por el que el movimiento deslizante del dispositivo de estabilización de flotación (26) es limitado mediante dichos topes terminales superior e inferior.
9. La estructura de soporte de la reivindicación 7 o la reivindicación 8, en la que el dispositivo de estabilización de flotación (26) comprende al menos una cavidad interna para añadir y extraer selectivamente un fluido de lastre, tal como agua.
10. La estructura de soporte de la reivindicación 1, en la que la cimentación tiene una abertura para añadir un lastre sólido en la primera cavidad.
11. Un procedimiento para instalar una estructura de soporte para su uso en la industria de parques eólicos marítimos, que comprende una cimentación (4; 4') para su instalación en un lecho marino (3) por debajo de una masa de agua (2) y una torre (7) conectada con la cimentación y que se extiende hacia arriba desde la misma y que es capaz de soportar al menos una unidad de equipo (5), incluyendo las etapas de:
 - a) remolcar la estructura (1) en un estado flotante derecho hasta el emplazamiento de instalación a la vez que se controla la flotabilidad y centro de gravedad del soporte por medio de una adición controlada de un material de lastre en una cavidad (15) definida por elementos estructurales de la estructura de soporte, por lo que la necesidad de elementos separados de flotabilidad y/o embarcaciones especializadas durante su transporte es eliminada o sustancialmente reducida y

b) transferir la estructura (1) de un estado flotante a un estado instalado, llenando la cavidad (15) con un material de lastre hasta que la estructura se instala en el lecho marino (3), por lo que se elimina o se reduce significativamente la necesidad de elementos de flotabilidad separados y/o embarcaciones y grúas especializadas durante la instalación,

5 c) caracterizado por

d) añadir un lastre que tiene un peso suficiente para permitir que un faldón orientado hacia abajo que se extiende alrededor de la circunferencia de la cimentación penetre en el lecho marino de modo que las cargas externas se transfieran a suelos más profundos.

10 12. El procedimiento de la reivindicación 11, en el que la estructura de soporte se mueve a un estado sustancialmente nivelado en el lecho marino mediante la inyección de un material de lechada en compartimentos seleccionados de los compartimentos (17a-c) confinados por los faldones (18, 16a-c) por debajo de un elemento de losa inferior (14) de la estructura de soporte.

13. El procedimiento de la reivindicación 11 o de la reivindicación 12, en el que el material de lastre que se añade en la etapa a) comprende un material sólido.

15 14. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 11-13, en el que el llenado de la etapa b) comprende llenar, al menos parcialmente, con agua o un material sólido (19), o con una combinación de ambos.

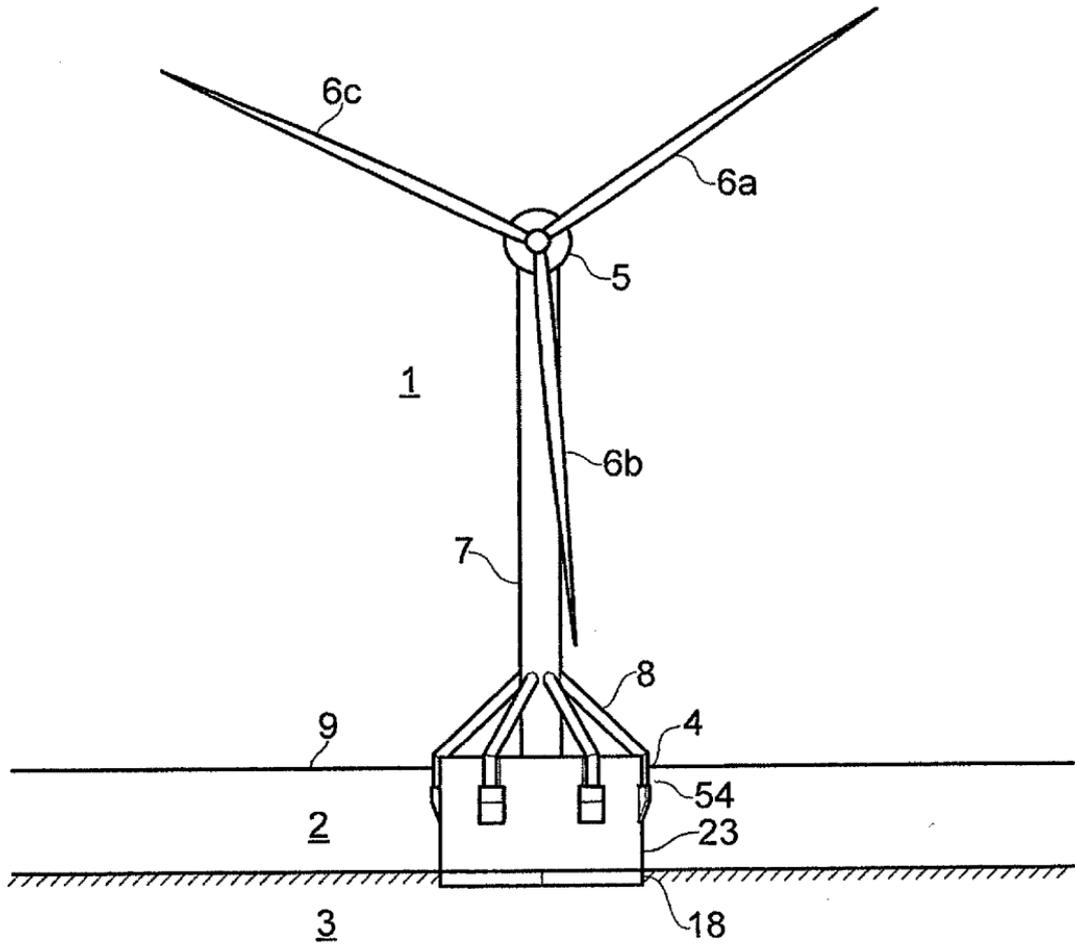


FIG. 1

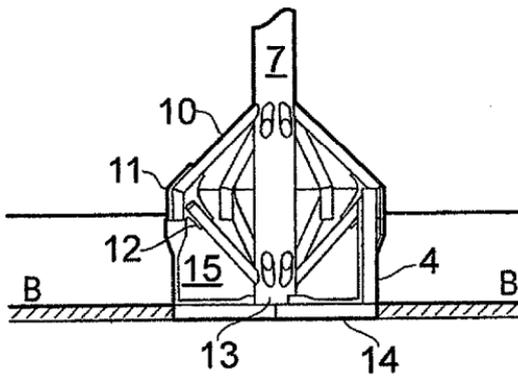


FIG. 2

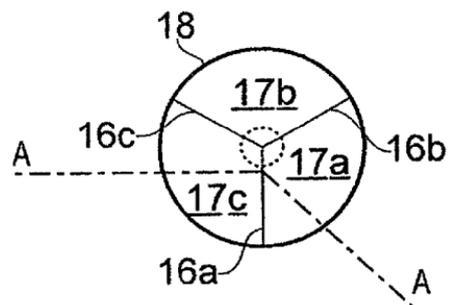


FIG. 3

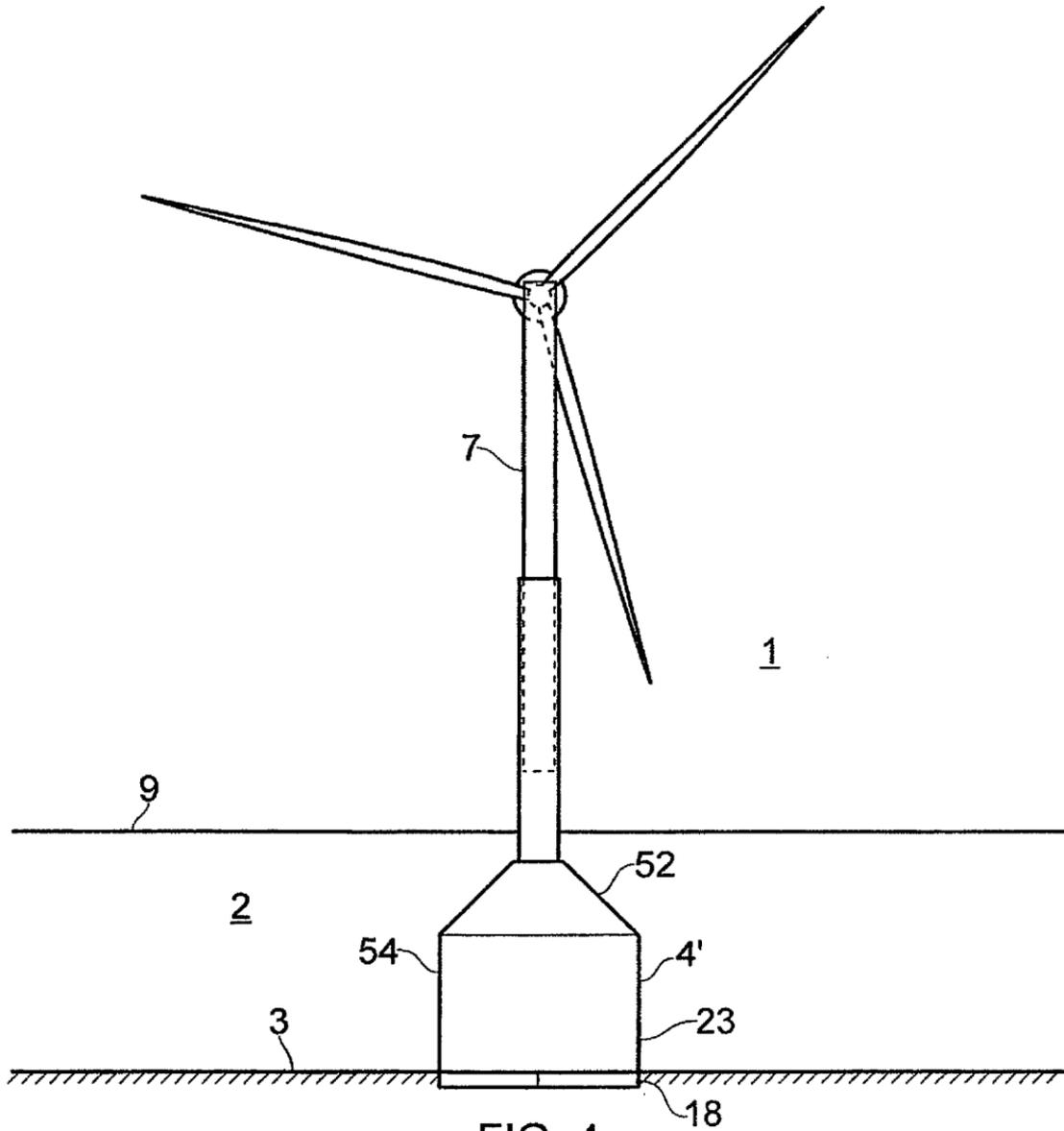


FIG. 4

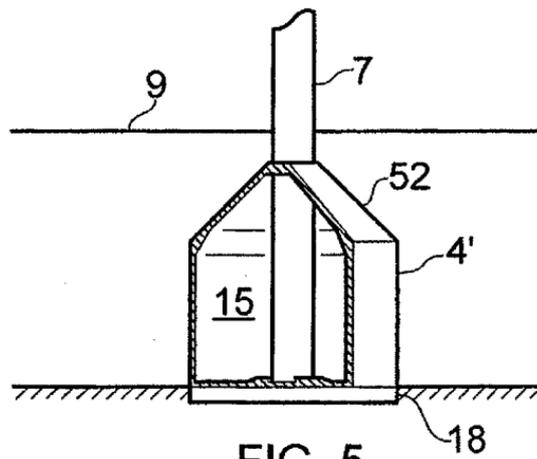


FIG. 5

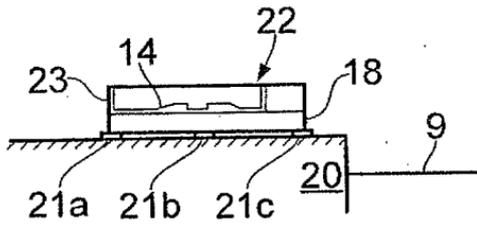


FIG. 6

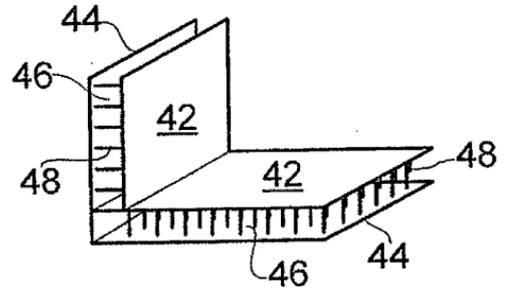


FIG. 7

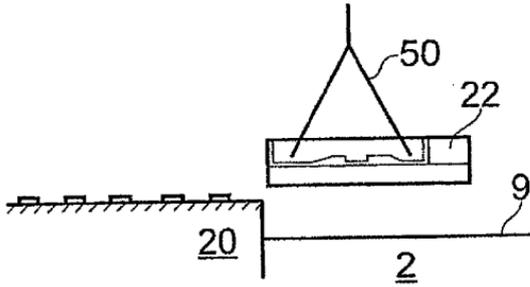


FIG. 8

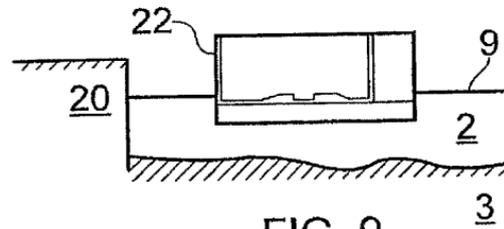


FIG. 9

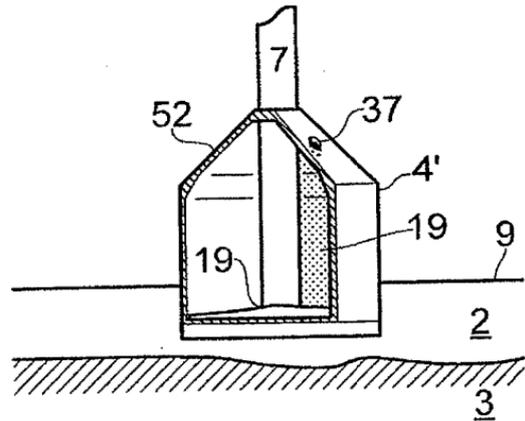


FIG. 10

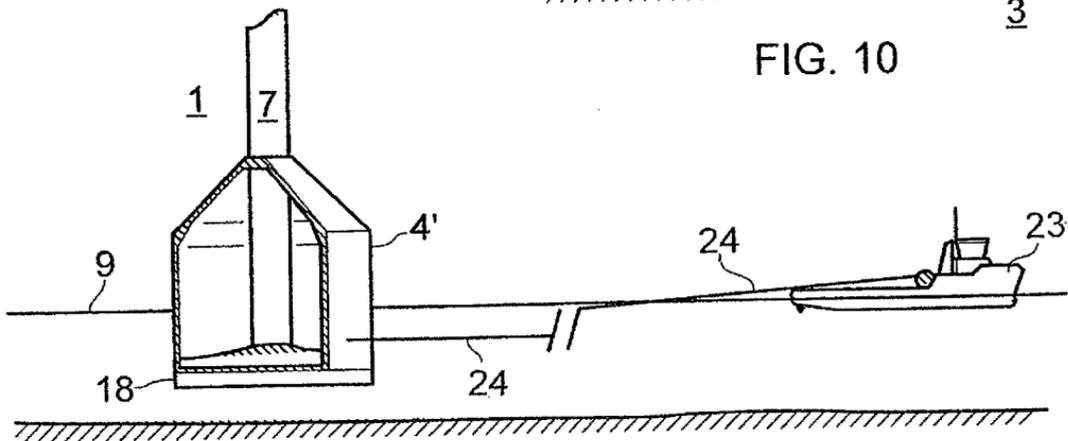


FIG. 11

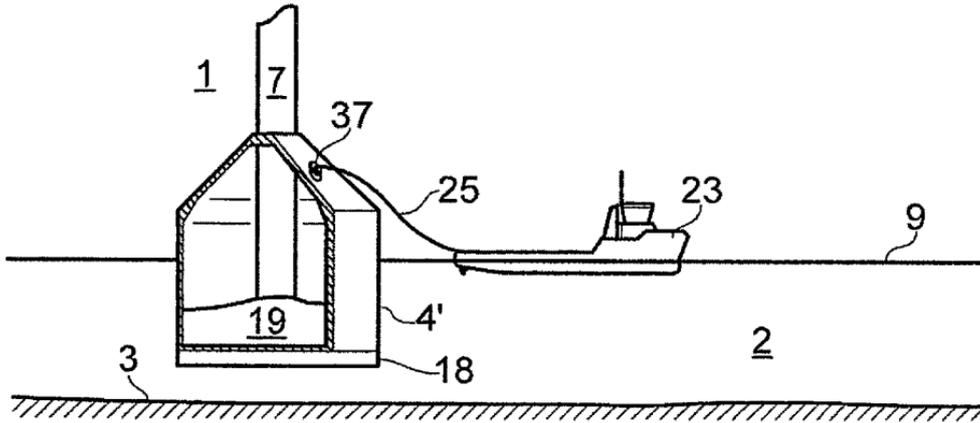


FIG. 12

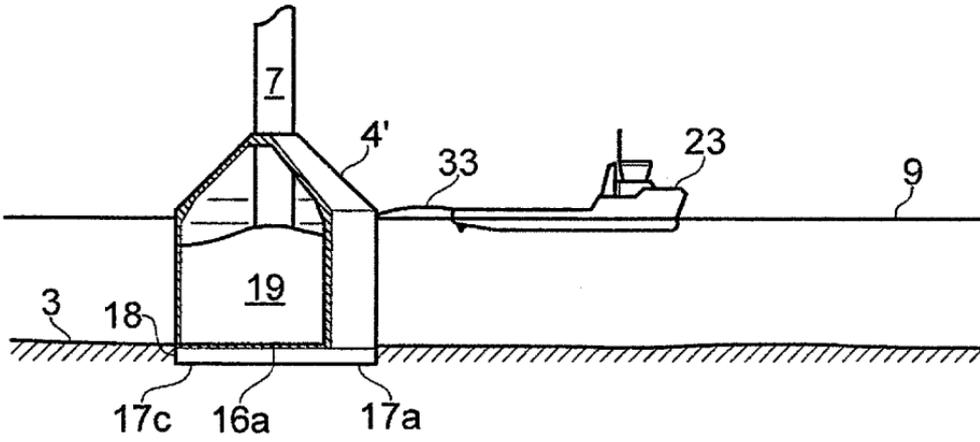


FIG. 13

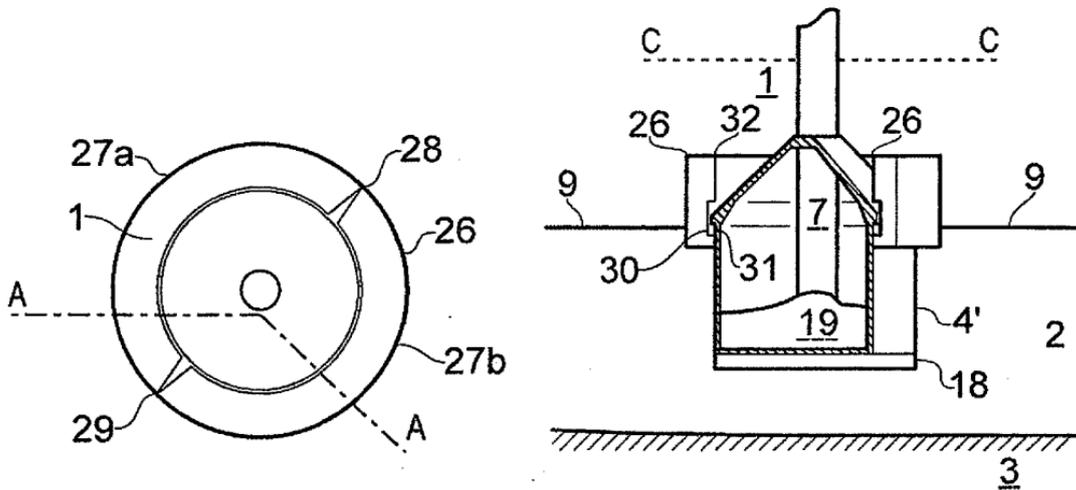


FIG. 14

FIG. 15

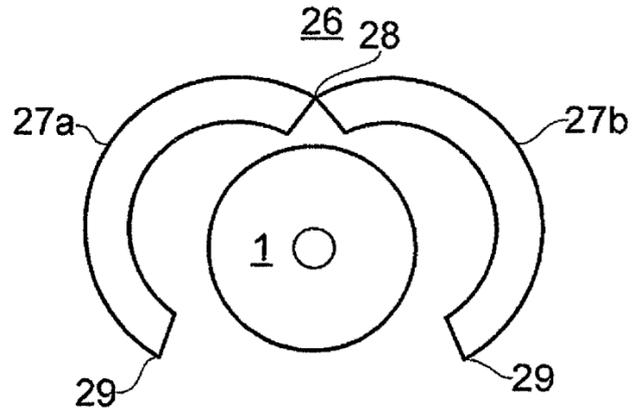


FIG. 16

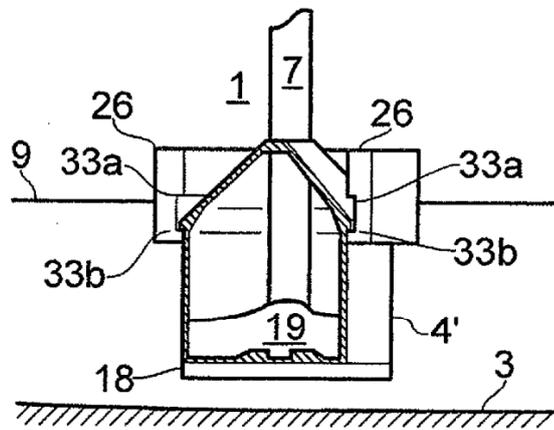


FIG. 17

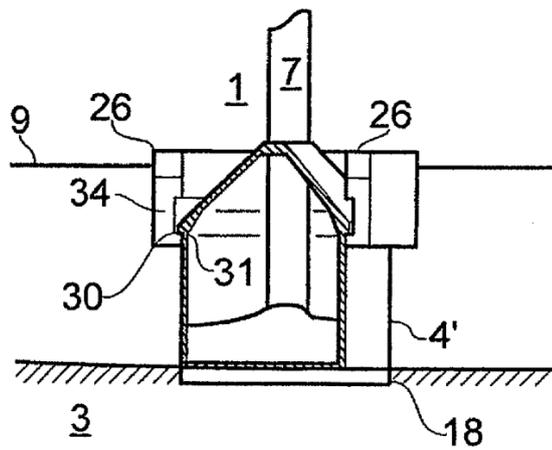


FIG. 18