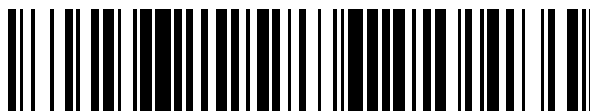


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 727 415**

51 Int. Cl.:

**B63B 35/44** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.11.2011 PCT/US2011/059335**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.05.2012 WO12061710**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.11.2011 E 11838877 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2019 EP 2635489**

54 Título: **Sistema de plataforma y torre de turbina eólica de material compuesto híbrido flotante**

30 Prioridad:

**04.11.2010 US 410127 P**

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

**16.10.2019**

73 Titular/es:

**UNIVERSITY OF MAINE SYSTEM BOARD OF TRUSTEES (100.0%)**

**15 Estabrooke Drive  
Orono, ME 04469, US**

72 Inventor/es:

**DAGHER, HABIB, J.;  
VISELLI, ANTHONY, M. y  
GOUPEE, ANDREW, J.**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 727 415 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**

Sistema de plataforma y torre de turbina eólica de material compuesto híbrido flotante

Antecedentes

5 Se describen diversas realizaciones aquí de una plataforma de turbina eólica. En particular, las realizaciones descritas aquí se relacionan con una plataforma de turbina eólica flotante mejorada para uso en grandes cuerpos de agua.

10 Las turbinas eólicas para convertir energía eólica en potencia eléctrica son conocidas y proporcionan una fuente de energía alternativa para compañías eléctricas. En tierra, grandes grupos de turbinas eólicas, a menudo estimadas en los cientos de turbinas eólicas, pueden colocarse juntas en un área geográfica. Estos grandes grupos de turbinas eólicas pueden generar niveles indeseablemente altos de ruido y pueden considerarse como estéticamente desagradables. Un flujo óptimo de aire puede no estar disponible para estas turbinas eólicas de base en tierra debido a obstáculos tales como colinas, bosques, y edificios.

15 Los grupos de turbinas eólicas también pueden ubicarse fuera del litoral, pero cerca de la costa en ubicaciones donde las profundidades de agua permiten que las turbinas eólicas se anen fijamente a un cimiento en el lecho del mar. En el océano, es probable que el flujo de aire hacia las turbinas eólicas no sea perturbado por la presencia de diversos obstáculos (es decir, como colinas, bosques, y edificios) dando como resultado en velocidades de viento medias más altas y más potencia. Los cimientos requeridos para unir turbinas eólicas en el lecho del mar en estas ubicaciones cercanas a la costa son relativamente costosos, y solo se pueden lograr a profundidades relativamente poco profundas, tal como una profundidad de hasta alrededor de 25 metros.

20 El U.S. National Renewable Energy Laboratory ha determinado que los vientos que se alejan de la Línea costera de los Estados Unidos sobre aguas que tienen profundidades de 30 metros o más tienen una capacidad de energía de alrededor de 3,200 TWh/yr. Esto equivale a alrededor de 90 por ciento del uso de energía total de los Estados Unidos de alrededor de 3,500 TWh/yr. La mayor parte del recurso eólico fuera del litoral reside entre 37 y 93 kilómetros fuera del litoral a profundidades de más de 60 metros. Los cimientos fijos para turbinas eólicas en aguas tan profundas no son probables económicamente factibles. Esta limitación ha llevado al desarrollo de plataformas flotantes para turbinas eólicas. Las plataformas de turbinas eólicas flotantes conocidas se forman de acero y se basan en tecnología desarrollada por la industria de petróleo y gas fuera del litoral. Sin embargo permanece una necesidad en la técnica, de plataformas mejoradas para aplicaciones de turbinas eólicas flotantes.

25 El documento WO 2009/131826 A2 (D1) divulga una plataforma de turbina eólica semisumergible que comprende tres o cuatro columnas flotantes. Las columnas están formadas de secciones de metal que están empernadas y/o soldadas juntas.

30 El documento WO 2010/110329 A1 (D2) divulga una única torre tipo boya con mástil usada como plataforma de turbina eólica. La única torre tipo boya con mástil se forma de secciones de hormigón sujetadas juntas mediante material de acero, y está configurada para mantener su estabilidad a flote al mantener su centro de gravedad por debajo de su centro de flotabilidad.

35 El documento WO 2010/029766 A1 (D18) divulga una plataforma de turbina eólica semisumergible que comprende pontones centrales y exteriores, en donde los pontones exteriores posiblemente están hechos de hormigón pretensado.

Resumen de la invención

40 De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona una plataforma de turbina eólica semisumergible como se reivindica en la reivindicación 1 a continuación.

Otras ventajas de la plataforma de turbina eólica se harán evidentes para los experimentados en la técnica a partir de la siguiente descripción detallada, cuando se lea en vista de los dibujos acompañantes.

Breve descripción de los dibujos

45 La figura 1 es una vista en elevación de una plataforma de turbina eólica flotante tipo boya con mástil de acuerdo con esta invención.

La figura 1A es una vista ampliada de una porción de una realización alternativa de la plataforma de turbina eólica flotante ilustrada en la figura 1, que muestra una turbina eólica de eje vertical.

La figura 2 es una vista ampliada, parcialmente en sección, de la plataforma de turbina eólica flotante ilustrada en la figura 1 que muestra una realización de una junta de conexión entre la torre y el casco.

50 La figura 3A es una vista en elevación en sección transversal de una porción de una primera realización alternativa de la junta de conexión de acuerdo con esta invención.

- La figura 3B es una vista en elevación en sección transversal de una porción de una segunda realización alternativa de la junta de conexión de acuerdo con esta invención.
- La figura 3C es una vista en elevación en sección transversal de una porción de una tercera realización alternativa de la junta de conexión de acuerdo con esta invención.
- 5 La figura 3D es una vista en elevación en sección transversal de una porción de una cuarta realización alternativa de la junta de conexión de acuerdo con esta invención.
- La figura 3E es una vista en elevación en sección transversal de una porción de una quinta realización alternativa de la junta de conexión de acuerdo con esta invención.
- 10 La figura 3F es una vista en elevación en sección transversal de una porción de una sexta realización alternativa de la junta de conexión de acuerdo con esta invención.
- La figura 3G es una vista en elevación en sección transversal de una porción de una séptima realización alternativa de la junta de conexión de acuerdo con esta invención.
- La figura 3H es una vista en elevación en sección transversal de una porción de una octava realización alternativa de la junta de conexión de acuerdo con esta invención.
- 15 La figura 3I es una vista en elevación en sección transversal de una porción de una novena realización alternativa de la junta de conexión de acuerdo con esta invención.
- La figura 3J es una vista en elevación en sección transversal de una porción de una décima realización alternativa de la junta de conexión de acuerdo con esta invención.
- 20 La figura 3K es una vista en elevación en sección transversal de una porción de una undécima realización alternativa de la junta de conexión de acuerdo con esta invención.
- La figura 3L es una vista en elevación en sección transversal de una porción de una duodécima realización alternativa de la junta de conexión de acuerdo con esta invención.
- La figura 4 es una vista en elevación en sección transversal de una porción de una decimotercera realización alternativa de la junta de conexión de acuerdo con esta invención.
- 25 La figura 5 es una vista en perspectiva de una realización alternativa de la torre ilustrada en la figura 1.
- La figura 6 es una vista en elevación de una primera realización alternativa del casco ilustrado en la figura 1.
- La figura 6A es una vista en elevación ampliada en sección transversal de la junta de conexión ilustrada en la figura 6.
- 30 La figura 6B es una vista en elevación ampliada en sección transversal de una realización alternativa del primer extremo del casco ilustrado en la figura 6.
- La figura 7 es una vista en perspectiva de una segunda realización alternativa del casco ilustrado en la figura 1.
- La figura 8 es una vista en elevación de una segunda realización de una plataforma de turbina eólica de material compuesto flotante de acuerdo con esta invención.
- La figura 9 es una vista en planta superior de la plataforma de casco ilustrada en la figura 8.
- 35 La figura 10 es una vista en elevación de una segunda realización de la plataforma de turbina eólica de material compuesto flotante ilustrada en la figura 8, que muestra una realización alternativa de la plataforma de casco.
- La figura 11 es una vista en elevación de una tercera realización de una plataforma de turbina eólica de material compuesto flotante de acuerdo con esta invención.
- 40 La figura 12 es una vista en elevación de una cuarta realización de una plataforma de turbina eólica de material compuesto flotante de acuerdo con esta invención.
- La figura 13 es una vista en elevación de una quinta realización de una plataforma de turbina eólica de material compuesto flotante de acuerdo con esta invención.
- La figura 14 es una vista en elevación de una sexta realización de una plataforma de turbina eólica de material compuesto flotante, que muestra una plataforma de pontón de acuerdo con esta invención.
- 45 La figura 15 es una vista en elevación de la plataforma de pontón ilustrada en la figura 14, que muestra una torreta giratoria.

La figura 16 es una vista en planta superior de una segunda realización de la plataforma de pontón ilustrada en la figura 14.

La figura 17 es una vista en perspectiva de una tercera realización de la plataforma de pontón ilustrada en la figura 14.

5 La figura 18A es una vista en planta superior en sección transversal de una porción de una primera realización de una junta entre el pontón y el miembro estructural de la plataforma de pontón ilustrada en la figura 17.

La figura 18B es una vista en planta superior en sección transversal de una porción de una segunda realización de la junta entre el pontón y el miembro estructural de la plataforma de pontón ilustrada en la figura 17.

10 La figura 19 es una vista en elevación de una realización alternativa de la plataforma de turbina eólica flotante ilustrada en la figura 1.

La figura 20 es una vista en elevación en sección transversal de una porción de una realización alternativa de la torre ilustrada en la figura 1.

La figura 21 es una vista en perspectiva de una cuarta realización de la plataforma de pontón ilustrada en la figura 14.

#### Descripción detallada

15 La presente invención se describirá ahora con referencia ocasional a las realizaciones ilustradas de la invención. Sin embargo, esta invención puede realizarse en diferentes formas y no debe interpretarse como limitada a las realizaciones expuestas aquí, ni en ningún orden de preferencia. Más bien, estas realizaciones se proporcionan de tal manera que esta divulgación será más exhaustiva, y transmitirá el alcance de la invención a los experimentados en la técnica. A lo largo de la descripción, se hace referencia a muchas realizaciones ilustradas. Estas realizaciones no necesariamente forman parte de la invención, el alcance de la invención se define exclusivamente por las reivindicaciones.

20 A menos que se defina lo contrario, todos los términos técnicos y científicos usados aquí tienen el mismo significado como son entendidos comúnmente por uno de los experimentados ordinarios en la técnica a la que pertenece esta invención. La terminología usada en la descripción de la invención aquí es solo para describir realizaciones particulares y no está prevista para ser limitativa de la invención. Como se usa en la descripción de la invención y las reivindicaciones anexas, las formas singulares "un", "uno, una," y "el, la" están previstas para incluir también las formas plurales, a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

25 A menos que se indique lo contrario, todos los números que expresan cantidades de ingredientes, propiedades tales como peso molecular, condiciones de reacción, y demás como se usan en la especificación y reivindicaciones deben entenderse como estando modificados en todos los casos por el término "alrededor". Por consiguiente, a menos que se indique lo contrario, las propiedades numéricas expuestas en la especificación y reivindicaciones son aproximaciones que pueden variar dependiendo de las propiedades deseadas buscadas para ser obtenidas en realizaciones de la presente invención. A pesar de que los rangos numéricos y parámetros que exponen el amplio alcance de la invención son aproximaciones, los valores numéricos expuestos en los ejemplos específicos se informan con la mayor precisión posible. Sin embargo, cualquier valor numérico contiene inherentemente ciertos errores que resultan necesariamente del error encontrado en sus respectivas mediciones.

30 Las realizaciones de la invención divulgadas a continuación en general proporcionan mejoras a diversos tipos de plataformas de turbinas eólicas flotantes, tales como plataformas tipo boya con mástil, plataformas tipo pata de tensión, y plataformas tipo semisumergibles. La invención incluye mejoras a diversos tipos de plataformas de turbinas eólicas flotantes, incluyendo la construcción de componentes de las plataformas de turbinas eólicas flotantes con materiales seleccionados para reducir el coste total de las plataformas de turbinas eólicas flotantes.

35 Refiriéndose a los dibujos, en particular a la figura 1, se muestra una primera realización de una plataforma 10 de turbina eólica de material compuesto flotante anclada al lecho del mar S. La plataforma 10 de turbina eólica flotante ilustrada es una plataforma tipo boya con mástil, de lastre estabilizado e incluye una torre 12 unida a un casco 14 en una junta 16 de conexión. Las líneas 18 de amarre se unen al casco 14 y se anclan además al lecho del mar S mediante anclajes 19. Una turbina 20 eólica está montada en la torre 12.

40 Una plataforma tipo boya con mástil mantiene su estabilidad a flote al mantener su centro de gravedad por debajo de su centro de flotabilidad. Esta relación del centro de gravedad que está por debajo del centro de flotabilidad se logra a menudo al llenar un casco o tubo largo pesado con lastre que comprende agua y material denso tal como rocas.

45 En las realizaciones ilustradas aquí, la turbina 20 eólica es una turbina eólica de eje horizontal. Alternativamente, la turbina eólica puede ser una turbina eólica de eje vertical, tal como se muestra en 20' en la figura 1A. El tamaño de la turbina 20 variará basado en las condiciones de viento en la ubicación donde se ancla la plataforma 10 de turbina eólica flotante y la salida de potencia deseada. Por ejemplo, la turbina 20 puede tener una salida de alrededor de 5 MW. Alternativamente, la turbina 20 puede tener una salida dentro del rango de desde alrededor de 1 MW hasta  
55 alrededor de 10 MW.

5 La turbina 20 eólica incluye un cubo 22 giratorio. Al menos una pala 24 de rotor está acoplada y se extiende hacia afuera desde el cubo 22. El cubo 22 está acoplado de manera giratoria a un generador eléctrico (no se muestra). El generador eléctrico puede acoplarse a través de un transformador (no se muestra) y un cable 26 de potencia submarino a una rejilla de potencia (no se muestra). En la realización ilustrada, el rotor tiene tres palas 24 de rotor. En otras realizaciones, el rotor puede tener más o menos de tres palas 24 de rotor.

10 En la realización ilustrada, la torre 12 se forma como un tubo y se fabrica de material compuesto de polímero reforzado con fibra (FRP). Ejemplos no limitativos de otro material compuesto adecuado incluyen vidrio y FRP de carbono. La torre también se puede formar de un material laminado compuesto como se muestra en 312 en la figura 20. La torre 312 ilustrada incluye una primera capa 314 de material compuesto de FRP, una segunda capa 316 de material compuesto de FRP, y un núcleo 318 de espuma. Alternativamente, la torre 12 se puede formar a partir de hormigón o acero de la misma manera como el casco 14, que se describe en detalle a continuación. Adicionalmente, la torre 12 puede estar formada de acero.

15 El interior de la torre 12 define una cavidad 13 entre un primer extremo 12A (extremo inferior al ver la figura 1) y un segundo extremo 12B (extremo superior al ver la figura 1). Como se muestra mejor en la figura 2, se forma un reborde 12F que se extiende radialmente hacia afuera en el primer extremo 12A de la torre 12, como se muestra mejor en la figura 1A. El reborde 12F que se extiende radialmente define una porción de la junta 16 de conexión.

20 La cavidad 13 de la torre 12 puede llenarse con espuma u hormigón para rigidez adicional. En la realización ilustrada, la espuma F se muestra llenando una porción de la cavidad 13 de la torre 12. Alternativamente, la espuma F u hormigón (no se muestra) puede llenar toda la cavidad 13 de la torre 12 desde el primer extremo 12A hasta el segundo extremo 12B. Un ejemplo no limitativo de una espuma adecuada incluye poliuretano. También se puede usar material suficientemente rígido aparte de espuma y hormigón para llenar o llenar parcialmente la cavidad 13 de la torre 12.

25 Ventajosamente, la torre 12 formada de material compuesto como se describe anteriormente tendrá masa reducida por encima de una línea de flotación WL en relación con una torre de acero convencional. Debido a que la torre 12 de material compuesto de FRP tiene masa reducida, la masa del casco 14 (por ejemplo, peso propio y lastre; se describe en detalle a continuación) requerida por debajo de la línea de flotación WL para mantener la estabilidad de la plataforma 10 de turbina eólica flotante también puede reducirse. Como se usa aquí, la línea de flotación se define como la línea donde la plataforma 10 de turbina eólica flotante se encuentra con la superficie del agua.

30 La torre 12 puede tener cualquier diámetro exterior y altura adecuados. En la realización ilustrada, el diámetro exterior de la torre 12 se ahúsa desde un diámetro de alrededor de 6 metros en el primer extremo 12A hasta un diámetro de alrededor de 4 metros en el segundo extremo 12B. Alternativamente, el diámetro exterior de la torre 12 puede ser cualquier otro diámetro deseado, tal como dentro del rango de desde alrededor de 3 metros hasta alrededor de 12 metros. En la realización ilustrada, la altura de la torre 12 es alrededor de 90 metros. Alternativamente, la altura de la torre 12 puede estar dentro del rango de desde alrededor de 50 metros hasta alrededor de 140 metros.

35 En la realización ilustrada, el casco 14 está formado como un tubo y está fabricado de hormigón reforzado. El interior del casco 14 define una cavidad 15 entre un primer extremo 14A (extremo inferior al ver la figura 1) y un segundo extremo 14B (extremo superior al ver la figura 1). Se puede usar cualquier proceso deseado para fabricar el casco 14, tal como un proceso de hormigón centrifugado o formas de hormigón convencionales. Alternativamente, también se pueden usar otros procesos tales como los usados en la industria del hormigón prefabricado. El casco 14 puede reforzarse con cualquier miembro R de refuerzo deseado. Ejemplos no limitativos de miembros R de refuerzo adecuados incluyen cable de acero de alta tracción y barras de refuerzo de acero de alta tracción o REBAR. Alternativamente, el casco 14 puede estar formado de material compuesto de FRP de la misma manera como la torre 12, que se describe anteriormente. Adicionalmente, el casco 14 puede estar formado de acero.

45 El casco 14 puede tener cualquier diámetro exterior y altura adecuados. En la realización ilustrada, el casco 14 tiene un primer diámetro D1 exterior y un segundo diámetro D2 exterior que es más pequeño que el primer diámetro D1 exterior. La porción del casco 14 que tiene el primer diámetro D1 exterior se extiende desde el primer extremo 14A hasta una sección 14T de transición ahusada. La porción del casco 14 que tiene el segundo diámetro D2 exterior se extiende desde la sección 14T de transición hasta el segundo extremo 14B. En la realización ilustrada, el primer diámetro D1 exterior es alrededor de 8 metros y el segundo diámetro D2 exterior es alrededor de 6 metros. Alternativamente, el primer y segundo diámetros D1 y D2 exteriores del casco 14 pueden ser cualquier otro diámetro deseado, tal como dentro del rango de desde alrededor de 4 metros hasta alrededor de 12 metros y dentro del rango de desde alrededor de 4.5 metros hasta alrededor de 13 metros, respectivamente. Adicionalmente, el casco 14 puede tener un diámetro exterior uniforme. En la realización ilustrada, la altura del casco 14 es alrededor de 120 metros. Alternativamente, la altura del casco 14 puede estar dentro del rango de desde alrededor de 50 metros hasta alrededor de 150 metros.

55 Se forma un reborde 14F que se extiende radialmente hacia afuera en el segundo extremo 14B del casco 14, como se muestra mejor en la figura 2. El reborde 14F que se extiende radialmente define una porción de la junta 16 de conexión. Un primer extremo 14A del casco 14 está cerrado por una placa 14P. La placa 14P puede estar formada de cualquier material sustancialmente rígido adecuado tal como acero. Alternativamente, el primer extremo 14A del casco 14 puede estar cerrado por una placa 14P. La placa 14P puede estar formada de cualquier material sustancialmente rígido adecuado tal como acero.

## ES 2 727 415 T3

En la realización ilustrada, la junta 16 de conexión se forma al conectar el reborde 12F y el reborde 14F. En la realización ilustrada en la figura 2, los rebordes 12F y 14F están conectados por pernos 34 y tuercas 36. Alternativamente, los rebordes 12F y 14F pueden estar conectados por cualquier otro sujetador deseado, tal como remaches, adhesivos, o por soldadura.

- 5 Se entenderá que el reborde 12F de la torre 12 y el reborde 14F del casco 14 pueden formarse como rebordes que se extienden radialmente hacia adentro de tal manera que los sujetadores (por ejemplo los pernos 34 y tuercas 36) estén instalados dentro de las cavidades de torre y de casco, 13 y 15 respectivamente.

- 10 Como se muestra en la figura 2, la cavidad 15 del casco 14 puede llenarse con lastre B para estabilizar la plataforma 10 de turbina eólica flotante. En la realización ilustrada, este lastre B se muestra llenando una porción de la cavidad 15 del casco 14, tal como un 1/3 inferior de la cavidad 15. Alternativamente, el lastre B puede llenar cualquier otra porción deseada de la cavidad 15 del casco 14 desde el primer extremo 14A hasta el segundo extremo 14B. En la realización ilustrada, el lastre B se muestra como rocas. Otros ejemplos no limitativos de material de lastre adecuado incluyen agua, chatarra de acero, mineral de cobre, y otros minerales densos. También se puede usar otro material suficientemente denso como lastre para llenar o llenar parcialmente la cavidad 15 del casco 14.

- 15 El casco 14 puede prefabricarse en una ubicación distante de la ubicación donde se desplegará la plataforma 10 de turbina eólica flotante. Durante la fabricación del casco 14, los miembros R de refuerzo pueden estar pretensados. Alternativamente, durante la fabricación del casco 14, los miembros R de refuerzo pueden estar postensados. Ventajosamente, el casco 14 de hormigón reforzado descrito anteriormente es relativamente pesado y puede requerir menos lastre B que los cascos de acero convencionales.

- 20 Un primer extremo (extremo superior al ver la figura 1) de cada línea 18 de amarre está unido al casco 14. Un segundo extremo (extremo inferior al ver la figura 1) de cada línea 18 de amarre está unido o anclado al lecho del mar S por un anclaje 19, tal como un anclaje de succión. Alternativamente, se pueden usar otros tipos de anclajes, tal como un anclaje de arrastre, anclaje de gravedad, o anclaje perforado. En la realización ilustrada, las líneas 18 de amarre están configuradas como amarres catenarios. Las líneas 18 de amarre pueden estar formadas de cualquier material deseado. Ejemplos no limitativos de material de línea de amarre adecuado incluyen cuerda o cable de acero, segmentos de cadena de acero, y cuerda sintética tal como nailon.

- 25 Refiriéndose a la figura 19, una segunda realización de una plataforma de turbina eólica de material compuesto flotante se muestra en 10'. La plataforma 10' de turbina eólica flotante ilustrada es sustancialmente similar a la plataforma de turbina eólica de material compuesto flotante que se muestra en 10, pero la torre 12 y el casco 14 están formados como un miembro 11 de torre/casco de una pieza. En esta realización, la junta 16 de conexión no es necesaria. El miembro 11 de torre/casco de una pieza puede formarse de material compuesto de FRP de la misma manera como la torre 12, que se describe en detalle anteriormente. Alternativamente, el miembro 11 de torre/casco de una pieza puede formarse de hormigón reforzado de la misma manera como el casco 14, que se describe en detalle anteriormente.

- 30 El interior del miembro 11 de torre/casco define una cavidad 17 alargada dentro del miembro 11 de torre/casco. En la realización ilustrada, una pared 38 se extiende transversalmente dentro de la cavidad 17 y divide la cavidad 17 en una porción 13' de cavidad de torre y una porción 15' de cavidad de casco. Al menos una porción de la porción 13' de cavidad de torre se puede llenar con espuma u hormigón (no se muestra en la figura 19) para rigidez adicional como se describe anteriormente. Al menos una porción de la porción 15' de cavidad de casco se puede llenar con lastre (no se muestra en la figura 19) para estabilizar la plataforma 10' de turbina eólica flotante como se describe anteriormente.

- 35 Refiriéndose a las figuras 3A hasta 3L, se muestran realizaciones alternativas de la junta de conexión en 16A hasta 16H respectivamente. Como se muestra en la figura 3A, una porción de una primera realización alternativa de la junta de conexión se muestra en 16A. En la realización ilustrada, la torre 12-1 y el casco 14-1 están formados de material compuesto de FRP como se describe anteriormente. La junta 16A de conexión incluye una torre 12-1 y un casco 14-1. Cada uno de un par de miembros 12-1C de collar incluye una porción 110 de collar cilíndrica y una porción 112 de reborde. Los miembros 12-1C de collar pueden formarse integralmente con la torre 12-1 de material compuesto de FRP y el casco 14-1, respectivamente. En la realización ilustrada en la figura 3A, las porciones 112 de reborde están conectadas por pernos 34 y tuercas 36. Alternativamente, las porciones 112 de reborde pueden estar conectadas por cualquier otro sujetador deseado, tal como remaches, o por soldadura.

- 40 Como se muestra en la figura 3B, una porción de una segunda realización alternativa de la junta de conexión se muestra en 16B. En la realización ilustrada, la torre 12-2 y el casco 14-2 están formados de acero como se describe anteriormente. Se forma un reborde 12-2F que se extiende radialmente en el primer extremo 12-2A de la torre 12-2, y se forma un reborde 14-2F que se extiende radialmente en el segundo extremo 14-2B del casco 14-2. El reborde 12F que se extiende radialmente define una porción de la junta 16 de conexión. En la realización ilustrada en la figura 3B, los rebordes 12-2F y 14-2F están conectados por pernos 34 y tuercas 36. Alternativamente, los rebordes 12-2F y 14-2F puede estar conectados por cualquier otro sujetador deseado o por soldadura.

- 45 Como se muestra en la figura 3C, una porción de una tercera realización alternativa de la junta de conexión se muestra en 16C. En la realización ilustrada, la junta 16C de conexión es sustancialmente idéntica a la junta 16B de conexión, excepto que la torre 12-3 y el casco 14-3 están formados de material compuesto de FRP. En la realización ilustrada

en la figura 3C, los rebordes 12-3F y 14-3F están conectados por pernos 34 y tuercas 36. Alternativamente, los rebordes 12-3F y 14-3F pueden estar conectados por cualquier otro sujetador deseado o por soldadura.

5 Como se muestra en la figura 3D, una porción de una cuarta realización alternativa de la junta de conexión se muestra en 16D. En la realización ilustrada, la torre 12-4 y el casco 14-4 están formados de material compuesto de FRP como se describe anteriormente. Cada uno de un par de miembros 12-4C de collar incluye una porción 114 de collar cilíndrica y una porción 116 de reborde. La porción 114 de collar de cada uno del par de miembros 12-4C de collar se inserta en una muesca formada en el primer extremo 12-4A de la torre 12-4 y en el segundo extremo 14-4B del casco 14-4, respectivamente. Se puede aplicar una capa de adhesivo entre los miembros 12-4C de collar y cada una de la torre 12-4 y el casco 14-4. En la realización ilustrada en la figura 3D, las porciones 116 de reborde están conectadas por 10 pernos 34 y tuercas 36. Alternativamente, las porciones 116 de reborde pueden estar conectadas por cualquier otro sujetador deseado o por soldadura.

15 Como se muestra en la figura 3E, una porción de una quinta realización alternativa de la junta de conexión se muestra en 16E. En la realización ilustrada, la torre 12-5 y el casco 14-5 están formados de material compuesto de FRP como se describe anteriormente. Cada uno de un par de los miembros 12-4C de collar incluye la porción 114 de collar cilíndrica y la porción 116 de reborde. La porción 114 de collar de cada uno del par de miembros 12-4C de collar se inserta en una muesca formada en el primer extremo 12-5A de la torre 12-5 y en el segundo extremo 14-5B del casco 14-5, respectivamente. Se puede aplicar una capa de adhesivo entre los miembros 12-4C de collar y cada una de la torre 12-5 y el casco 14-5. En la realización ilustrada en la figura 3E, las porciones 116 de reborde están conectadas por 20 pernos 34 y tuercas 36. Alternativamente, las porciones 116 de reborde pueden estar conectadas por cualquier otro sujetador deseado o por soldadura.

25 Como se muestra en la figura 3F, una porción de una sexta realización alternativa de la junta de conexión se muestra en 16F. En la realización ilustrada, la torre 12-6 y el casco 14-6 están formados de material compuesto de FRP como se describe anteriormente. Se forma una muesca 12-6N en el primer extremo 12-6A de la torre 12-6 y se forma una muesca 14-6N en el segundo extremo 14-6B del casco 14-6. La muesca 12-6N del primer extremo 12-6A de la torre 12-6 se inserta en la muesca 14-6N del segundo extremo 14-6B del casco 14-6 para definir una junta de solape.

Como se muestra en la figura 3G, una porción de una séptima realización alternativa de la junta de conexión se muestra en 16G. En la realización ilustrada, la junta 16G de conexión es sustancialmente idéntica a la junta 16F de conexión, excepto que se aplica una capa de adhesivo entre las muescas 12-7N y 14-7N.

30 Como se muestra en la figura 3H, una porción de una octava realización alternativa de la junta de conexión se muestra en 16H. En la realización ilustrada, la junta 16G de conexión es sustancialmente idéntica a la junta 16F de conexión, excepto que la junta de solape está reforzada por un perno 34 que se extiende a través de la junta de solape y se sujeta por una tuerca 36.

35 Como se muestra en la figura 3I, una porción de una novena realización alternativa de la junta de conexión se muestra en 16A. En la realización ilustrada, la torre 12-9 está formada del material laminado compuesto como también se muestra en la figura 20. La torre 12-9 ilustrada incluye la primera capa 314 de material compuesto de FRP, la segunda capa 316 de material compuesto de FRP, y el núcleo 318 de espuma. El casco no se muestra en la figura 3I, pero puede ser cualquiera de las realizaciones del casco descrito aquí. Un miembro 12-9C de collar incluye porciones 320 de collar cilíndricas paralelas y una porción 324 de reborde. Un canal 322 está definido entre las porciones 320 de collar. El miembro 12-9C de collar está configurado para conectarse a otro collar, tal como el collar 12-1C. Se puede 40 aplicar una capa de adhesivo entre las porciones 320 de collar y el núcleo 318 de espuma, y entre las porciones 320 de collar y la primera y segunda capas 314 y 316 de material compuesto de FRP, respectivamente. En la realización ilustrada en la figura 3I, el collar 12-9C y el collar 12-1C están conectados por pernos 34 y tuercas 36. Alternativamente, las porciones 112 de reborde pueden estar conectadas por cualquier otro sujetador deseado, tal como remaches, o por soldadura.

45 Como se muestra en la figura 3J, una porción de una décima realización alternativa de la junta de conexión se muestra en 16J. En la realización ilustrada, la torre 12-10 está formada de material compuesto de FRP como se describe anteriormente. El casco 14-10 está formado de hormigón reforzado, como se describe anteriormente. Un primer extremo 12-10A de la torre 12-10 está incrustado en y unido al hormigón curado del segundo extremo 14-10B del casco 14-10.

50 Como se muestra en la figura 3K, una porción de una undécima realización alternativa de la junta de conexión se muestra en 16K. En la realización ilustrada, la torre 12-11 y el casco 14-11 están formados de material laminado compuesto como también se muestra en las figuras 20 3I. La torre 12-11 ilustrada incluye una primera capa 330 de material compuesto de FRP, una segunda capa 332 de material compuesto de FRP, y un núcleo 334 de espuma. El primer extremo 12-11A de la torre 12-11 y el segundo extremo 14-11B del casco 14-11 están cerrados por una tercera 55 capa 336 de material compuesto de FRP. Se puede aplicar una capa de adhesivo entre las terceras capas 336 de material compuesto de FRP.

Como se muestra en la figura 3L, se muestra una porción de una duodécima realización alternativa de la junta de conexión en 16L. En la realización ilustrada, la torre 12-12 está formada de material compuesto de FRP como se describe anteriormente. Si se desea, se puede formar una cavidad 340 anular en la torre 12-12 y llenar con espuma

342. Alternativamente, la torre 12-12 se puede formar del material laminado compuesto como también se muestra en la figura 20. Una pluralidad de sujetadores 344 roscados están unidos dentro de cavidades 346 de sujetador en el primer extremo 12-12A de la torre. Los sujetadores 344 roscados se pueden incrustar en el material compuesto de FRP del primer extremo 12-12A de la torre 12-12 durante la fabricación de la torre 12-12. Si se desea, las fibras 348 de refuerzo pueden envolverse alrededor de los sujetadores 344 roscados para fortalecer la unión entre el material compuesto de FRP y los sujetadores roscados.

El casco 14-12 está formado de hormigón reforzado, como se describe anteriormente. Una placa 350 anular está unida al segundo extremo 14-12B del casco 14-12 por un perno 354. Alternativamente, la placa 350 anular puede unirse al segundo extremo 14-12B del casco 14-12 por un cable (no se muestra). La placa 350 incluye una pluralidad de orificios 352 a través de los cuales se extienden los pernos 344. Las tuercas 36 están unidas a los pernos 344. Alternativamente, el casco puede ser cualquiera de las realizaciones de casco ilustradas en las figuras 3A hasta 3E.

Refiriéndose ahora a la figura 4, se muestra una decimotercera realización de la junta de conexión en 122. En la realización ilustrada, la torre 124 está formada de material compuesto de FRP, y el casco 126 está formado de hormigón reforzado, como se describe anteriormente. La torre 124 es sustancialmente tubular e incluye una cavidad 125. El casco 126 también es sustancialmente tubular e incluye una pared 126W exterior en el segundo extremo 126B del casco 126. El primer extremo 124A de la torre 124 se inserta en el segundo extremo 126B del casco 126. El hormigón que forma la pared 126W exterior se extiende hacia adentro y hacia arriba en la cavidad 125 de la torre 124 para definir un miembro 130 de rigidez. Cuando está curado, el miembro 130 de rigidez proporciona rigidez adicional a la torre 124.

La junta 122 de conexión puede formarse al insertar el primer extremo 124A de la torre 124 en una forma de casco (no se muestra) que define la forma del segundo extremo 126B del casco 126 para ser formado. El hormigón se puede verter (como se indica por las flechas 128) a través de la cavidad 125 de la torre 124 y en la forma de casco para formar la pared 126W exterior del segundo extremo 126B del casco 126. Cuando el hormigón está curado, el hormigón del miembro 130 de rigidez es contiguo con el hormigón de la pared 126W exterior del segundo extremo 126B del casco 126, de este modo el primer extremo 124A de la torre 124 está incrustado en y unido al segundo extremo 126B del casco 126. Adicionalmente, una superficie exterior del primer extremo 124A puede ser texturizada de tal manera que se entrelace y una con el hormigón de la pared 126W exterior del segundo extremo 126B del casco 126, en la región identificada por el número 132 en la figura 4.

La figura 5 ilustra una realización alternativa de la torre 212. La torre 212 ilustrada está formada de una pluralidad de anillos o secciones 216. Las secciones 216 de torre están conectadas entre sí en las juntas 218 de conexión. Las juntas 218 de conexión pueden ser cualquiera de las juntas de conexión descritas e ilustradas en las figuras 2, 3A hasta 3L, y 4. Como se describe anteriormente con respecto a la torre 12, las secciones 216 de torre pueden fabricarse de material compuesto de FRP, hormigón reforzado, o acero. La torre 212 también puede tener cualquier diámetro exterior y altura adecuados. Las secciones 216 de torre también se pueden conectar mediante un cable de postensado de la misma manera como se describe a continuación con respecto a las secciones 220 de casco.

La figura 6 ilustra una primera realización alternativa del casco 214. El casco 214 ilustrado está formado de una pluralidad de anillos o secciones 220. Las secciones 220 de casco están conectadas entre sí en las juntas 222 de conexión. Las juntas 222 de conexión pueden ser cualquiera de las juntas de conexión descritas e ilustradas en las figuras 2, 3A hasta 3L, y 4. Como se describe anteriormente con respecto al casco 14, las secciones 216 de casco se pueden fabricar de material compuesto de FRP, hormigón reforzado, o acero. El casco 214 también puede tener cualquier diámetro exterior y altura adecuados. Alternativamente, como se muestra mejor en la figura 6A, las secciones 220 de casco pueden estar conectadas mediante un cable 225 de postensado que corre a través de algunas o todas las secciones 220 de casco apretando de esa manera las secciones 220 de casco juntas y definiendo el casco 214. Un miembro de sellado, tal como una empaquetadura G, puede disponerse entre las secciones 220 de casco para sellar las juntas 222 de conexión. Ejemplos no limitativos de material de empaquetadura adecuado incluyen neopreno, calafateo, caucho, y otros elastómeros.

Refiriéndose a la figura 6B, una sección 221 de casco más baja en el primer extremo 214A del casco 214 puede formarse de hormigón y tener un diámetro exterior significativamente más grande que un diámetro exterior de las secciones 220. La sección 221 de casco tendría de esa manera una mayor masa que una sección 220 de casco, y proporciona lastre adicional al casco 214.

Refiriéndose a la figura 7, se ilustra una segunda realización alternativa del casco en 28. El casco 28 incluye una pluralidad de miembros 30 de tubo hueco. En la realización ilustrada, los miembros 30 de tubo están conectados por bandas 32 alargadas. Los miembros 30 de tubo se pueden fabricar de material compuesto de FRP y cada miembro 30 de tubo se puede llenar o llenar parcialmente con espuma F u hormigón para rigidez adicional, como se describe anteriormente. Alternativamente, los miembros 30 de tubo hueco pueden formarse de hormigón de la misma manera como el casco 14 que se describe anteriormente. En la realización ilustrada, el casco 28 tiene seis miembros 30 de tubo hueco. En otras realizaciones, el casco 28 puede tener más o menos de seis miembros 30 de tubo hueco.

Refiriéndose ahora a la figura 8, se muestra una segunda realización de una plataforma 40 de turbina eólica de material compuesto flotante anclada al lecho del mar S. La plataforma 40 de turbina eólica flotante ilustrada es una plataforma tipo pata de tensión, de línea de amarre estabilizada e incluye la torre 12 unida a una plataforma 44 de casco en una



junta 46 de conexión. Las líneas 48 de amarre se unen a la plataforma 44 y se anclan además a través de anclajes 19 al lecho del mar S. La turbina 20 eólica está montada en la torre 42.

5 Una plataforma tipo pata de tensión mantiene su estabilidad a flote a través de un casco o plataforma flotante anclada al lecho del mar mediante líneas de amarre enseñadas. Este tipo de plataforma de turbina eólica flotante puede ser sustancialmente más liviana que otros tipos de plataformas de turbina eólica flotante debido a que el centro de gravedad no tiene que estar por debajo del centro de flotabilidad.

10 Refiriéndose a la realización ilustrada en las figuras 8 y 9, la plataforma 44 incluye una porción 50 central y patas 52 que se extienden radialmente hacia afuera de la porción 50 central. Una porción 54 que se extiende verticalmente se extiende hacia afuera desde la porción 50 central (hacia arriba al ver la figura 8). El interior de la plataforma 44 define una cavidad sustancialmente llena con aire para flotabilidad. En la realización ilustrada, la plataforma 44 tiene tres patas 52. En otras realizaciones, la plataforma 44 puede tener más o menos de tres patas 52.

La plataforma 44 puede estar formada de hormigón reforzado como se describe anteriormente. Alternativamente, la plataforma 44 puede formarse de material compuesto de FRP de la misma manera como la torre 12, que se describe anteriormente. Adicionalmente, la plataforma 44 puede estar formada de acero.

15 La plataforma 44 puede tener cualquier dimensión deseada. En la realización ilustrada por ejemplo, cada una de las patas 52 de la plataforma 44 tiene una longitud de alrededor de 45 metros cuando se mide desde un centro C de la plataforma 44. Alternativamente, cada una de las patas 52 puede tener una longitud dentro del rango de desde alrededor de 30 metros hasta alrededor de 100 metros cuando se mide desde el centro C de la plataforma 44.

20 Se forma un reborde 44F que se extiende radialmente en un primer extremo de la porción 54 que se extiende verticalmente (extremo superior al ver la figura 8). El reborde 44F que se extiende radialmente define una porción de la junta 46 de conexión.

25 En la realización ilustrada, la junta 46 de conexión se forma al conectar el reborde 12F de la torre 12 y el reborde 44F. Los rebordes 12F y 44F pueden estar conectados por pernos 34 y tuercas 36 como se muestra en la figura 2 y se describe anteriormente. Alternativamente, los rebordes 12F y 44F pueden estar conectados por cualquier otro sujetador deseado, tal como remaches, adhesivo, o por soldadura. Adicionalmente, la junta 46 de conexión puede ser cualquiera de las juntas de conexión descritas e ilustradas en las figuras 2, 3A hasta 3L, y 4.

30 Un primer extremo (extremo superior al ver la figura 8) de cada línea 48 de amarre está unido a un extremo distal de cada pata 52 de la plataforma 44. Un segundo extremo (extremo inferior al ver la figura 8) de cada línea 48 de amarre está unido o anclado al lecho del mar S por un anclaje 19, como se describe anteriormente. En la realización ilustrada, las líneas 48 de amarre están configuradas como amarres enseñados. Las líneas 48 de amarre pueden estar formadas de cualquier material deseado. Ejemplos no limitativos de material de línea de amarre adecuado incluyen cuerda o cable de acero, segmentos de cadena de acero, cuerda sintética tal como cuerda de nailon, y tendones de material compuesto tal como tendones de FRP. Como se muestra en la figura 8, una porción inferior de la torre 12 (es decir, el primer extremo 12A) está por debajo de la línea de flotación WL.

35 Refiriéndose a la figura 10, una segunda realización de la plataforma tipo pata de tensión, de línea de amarre estabilizada se muestra en 40'. La plataforma 40' de turbina eólica flotante ilustrada incluye la torre 12' unida a una plataforma 44' de casco en una junta 46' de conexión. Las líneas 48 de amarre se unen a la plataforma 44 de casco y se anclan además al lecho del mar (no se muestra en la figura 10). La turbina 20 eólica está montada en la torre 12'. La plataforma 44' de casco ilustrada es sustancialmente similar a la plataforma 44 de casco, pero la porción 54' que se extiende verticalmente es más larga que la porción 54 que se extiende verticalmente. En la realización ilustrada, la porción 54' que se extiende verticalmente está configurada de tal manera que un primer extremo 54A', y su reborde 44F unido está por encima de la línea de flotación WL. En la realización ilustrada, la porción 54' que se extiende verticalmente tiene una longitud de alrededor de 40 metros. Alternativamente, la porción 54' que se extiende verticalmente puede tener una longitud dentro del rango de desde alrededor de 5 metros hasta alrededor de 50 metros.

45 Refiriéndose ahora a la figura 11, se muestra una tercera realización de una plataforma 60 de turbina eólica de material compuesto flotante anclada al lecho del mar S. La plataforma 60 de turbina eólica flotante ilustrada es similar a la plataforma 40 tipo pata de tensión, de línea de amarre estabilizada ilustrada en la figura 8 e incluye una torre 62 unida a la plataforma 44 de casco en una junta 66 de conexión. Las líneas 48 de amarre están unidas a la plataforma 44 de casco y ancladas además a través de anclajes 19 al lecho del mar S. La turbina 20 eólica está montada en la torre 62. Los arbotantes 64 de cable están unidos a la plataforma 44 de casco y unidos además a la torre 62.

En la realización ilustrada, la torre 62 está formada como un tubo y está fabricada de material compuesto de polímero reforzado con fibra (FRP). Ejemplos no limitativos de material compuesto de FRP adecuado incluyen vidrio y FRP de carbono. Alternativamente, la torre 62 puede estar formada de hormigón o de acero, como se describe anteriormente.

55 Debido a que los arbotantes 64 de cable reducen tensión de flexión en la torre 62, la torre 62 puede ser de un diámetro más pequeño que la torre 12 ilustrada en la figura 8. Por ejemplo, la torre 62 puede tener cualquier diámetro exterior y altura adecuados. En la realización ilustrada, el diámetro exterior de la torre 62 es alrededor de 4 metros. Alternativamente, el diámetro exterior de la torre 62 puede ser cualquier otro diámetro deseado, tal como dentro del

rango de desde alrededor de 3 metros hasta alrededor de 10 metros. En la realización ilustrada, la altura de la torre 62 es alrededor de 90 metros. Alternativamente, la altura de la torre 62 puede estar dentro del rango de desde alrededor de 40 metros hasta alrededor de 150 metros.

5 El interior de la torre 62 también define una cavidad (no se muestra en la figura 11) entre el primer extremo 62A y el segundo extremo 62B. Un reborde 62F que se extiende radialmente se forma en el primer extremo 62A de la torre 62, como se muestra mejor en la figura 4. El reborde 62F que se extiende radialmente define una porción de la junta 66 de conexión.

10 En la realización ilustrada, la junta 66 de conexión se forma al conectar el reborde 62F y el reborde 44F. Los rebordes 62F y 44F se pueden conectar mediante pernos 34 y tuercas 36 como se muestra en la figura 2 y se describe anteriormente. Alternativamente, los rebordes 62F y 44F se pueden conectar por cualquier otro sujetador deseado, tal como remaches, adhesivo, lechada, o por soldadura. Adicionalmente, la junta 66 de conexión puede ser cualquiera de las juntas de conexión descritas e ilustradas en las figuras 2, 3A hasta 3L, y 4.

15 Un primer extremo (extremo inferior al ver la figura 11) de cada arbotante 64 de cable se une a un extremo distal de cada pata 52 de la plataforma 44 de casco. Un segundo extremo (extremo superior al ver la figura 11) de cada arbotante 64 de cable está unido a un punto 62M medio de la torre 62. Los arbotantes 64 de cable soportan y reducen la tensión de flexión en la torre 62. Los arbotantes 64 de cable puede estar formados de cualquier material deseado. Ejemplos no limitativos de material de línea de amarre adecuado incluyen cuerda o cable de acero, segmentos de cadena de acero, cuerda sintética tal como cuerda de nailon, y tendones de material compuesto tal como tendones de FRP.

20 Refiriéndose ahora a la figura 12, se muestra una cuarta realización de una plataforma de 70 turbina eólica de material compuesto flotante anclada al lecho del mar S. La plataforma 70 de turbina eólica flotante ilustrada es sustancialmente idéntica a la plataforma 60 de turbina eólica de material compuesto flotante ilustrada en la figura 11 e incluye la torre 62 unida a la plataforma 44 de casco en la junta 66 de conexión. Las líneas 74 de amarre se unen a la plataforma 44 de casco y se anclan además al lecho del mar S. La turbina 20 eólica está montada en la torre 62. Los arbotantes 64 de cable están unidos a la plataforma 44 de casco y unidos además a la torre 62.

25 En lugar de las líneas 48 de amarre enseñadas que se muestran en la figura 11, las líneas 74 de amarre están configuradas como amarres catenarios, como se describe anteriormente. La plataforma 70 de turbina eólica de material compuesto flotante incluye además una gran masa 72 suspendida de la plataforma 44 de casco por cables 76. La masa 72 puede tener cualquier peso deseado, tal como un peso de alrededor de 1000 kg. Alternativamente, la masa 72 puede tener un peso dentro del rango de desde alrededor de 10 kg hasta alrededor de 1500 kg. La masa 72 se puede formar de cualquier material que tenga el peso deseado. Ejemplos no limitativos de material adecuado para usar como la masa 72 incluyen una o más rocas, piezas de hormigón, y piezas de acero. Estos uno o más artículos pueden estar contenidos en una red, un cubo, u otra cubierta o recipiente exterior.

30 Un primer extremo (extremo inferior al ver la figura 12) de cada cable 76 se une a la masa 72. Un segundo extremo (extremo superior al ver la figura 12) de cada cable 76 se une a un extremo distal de cada pata 52 de la plataforma 44 de casco. Ejemplos no limitativos de material de cable adecuado incluyen cuerda o cable de acero, segmentos de cadena de acero, y cuerda sintética tal como cuerda de nailon, y tendones de material compuesto tal como tendones de FRP.

35 Refiriéndose ahora a la figura 13, se muestra una quinta realización de una plataforma 80 de turbina eólica de material compuesto flotante anclada al lecho del mar S. La plataforma 80 de turbina eólica flotante ilustrada es una plataforma tipo semisumergible, de línea de amarre estabilizada e incluye una torre 82 unida a una plataforma 84 de pontón. Las líneas 90 de amarre se unen a la plataforma 84 de pontón y se anclan además a través de anclajes 19 al lecho del mar S. La turbina 20 eólica está montada en la torre 82. La torre 82 puede ser cualquier torre adecuada y puede ser idéntica a la torre 12 que se describe anteriormente. De este modo, la torre 82 se puede formar de hormigón reforzado, material compuesto de PRF, o de acero como se describe anteriormente.

40 La plataforma 84 de pontón incluye una pluralidad de miembros de flotabilidad o pontones 86 conectados por miembros 88 estructurales. En la realización ilustrada, la plataforma 84 de pontón tiene tres pontones 86. En otras realizaciones, la plataforma 84 de pontón puede tener más o menos de tres pontones 86. Los pontones 86 ilustrados tienen un reborde 87 que se extiende radialmente formado en un primer extremo 86A de cada pontón 86. Alternativamente, los pontones 86 pueden formarse sin los rebordes 87.

45 En la realización de la plataforma 84 de pontón como se muestra en la figura 13, la torre 82 se puede unir a un pontón 86 a través de una junta conectora (no se muestra). Esta junta conectora puede ser cualquiera de las juntas de conexión descritas e ilustradas en las figuras 2, 3A hasta 3L, y 4. En una segunda realización de la plataforma 84' de pontón como se muestra en la figura 16, los pontones 86 están conectados a un cubo 92 central por miembros 94 estructurales. En esta realización, la torre 82 está unida al cubo 92 central a través de una junta conectora (no se muestra), pero tal como cualquiera de las juntas de conexión descritas e ilustradas en las figuras 2, 3A hasta 3L, y 4.

50 En la realización ilustrada, los pontones 86 son sustancialmente huecos y definen una cavidad. Una porción de la cavidad de cualquiera de los pontones 86 se puede llenar con lastre B para ayudar a estabilizar la plataforma 80 de

turbina eólica flotante. Alternativamente, el lastre B puede llenar toda la cavidad de cualquiera de los pontones 86. Ejemplos no limitativos de material de lastre adecuado incluyen agua, rocas, mineral de cobre, y otros minerales densos. También se puede usar otro material suficientemente denso como lastre para llenar o llenar parcialmente las cavidades de los pontones 86.

- 5 Los pontones 86 pueden estar formados de hormigón reforzado, material compuesto de FRP, o de acero como se describe anteriormente. Los miembros 88 estructurales también pueden estar formados de hormigón reforzado, material compuesto de FRP, o de acero como se describe anteriormente.

10 La plataforma 84 de pontón puede tener cualquier dimensión deseada. Por ejemplo, cada uno de los pontones 86 puede tener un diámetro exterior de alrededor de 12 metros y una altura de alrededor de 30 metros. Alternativamente, los pontones 86 pueden tener un diámetro exterior dentro del rango de desde alrededor de 10 hasta alrededor de 50 metros y una altura dentro del rango de desde alrededor de 10 metros hasta alrededor de 40 metros. Una distancia D medida entre los centros de los pontones 86 puede ser alrededor de 30 metros. Alternativamente, la distancia D puede estar dentro del rango de desde alrededor de 15 metros hasta alrededor de 100 metros.

15 Un primer extremo (extremo superior al ver la figura 13) de cada línea 90 de amarre está unido a un pontón 86 de la plataforma 84 de pontón. Un segundo extremo (extremo inferior al ver la figura 13) de cada línea 90 de amarre está unido o anclado al lecho del mar S por el anclaje 19, como se describe anteriormente. En la realización ilustrada, las líneas 90 de amarre están configuradas como amarres catenarios. Las líneas 90 de amarre pueden estar formadas de cualquier material deseado. Ejemplos no limitativos de material de línea de amarre adecuado incluyen cuerda o cable de acero, segmentos de cadena de acero, y cuerda sintética tal como cuerda de nailon, y tendones de material compuesto tal como tendones de FRP.

20 Refiriéndose ahora a la figura 14, se muestra una sexta realización de una plataforma 100 de turbina eólica de material compuesto flotante anclada al lecho del mar S. La plataforma 100 de turbina eólica flotante ilustrada es sustancialmente similar a la plataforma 80 de turbina eólica de material compuesto flotante ilustrada en la figura 13 e incluye una torre 102 unida a la plataforma 84 de pontón, como se describe anteriormente. Cada línea 90 de amarre está unida a un pontón 86 de la plataforma 84 de pontón y anclada además al lecho del mar S a través del anclaje 19. La turbina 20 eólica está montada en la torre 102. Un arbotante 104 de cable está unido a cada pontón 86 de la plataforma 84 de pontón y unido además a un primer extremo 102A de la torre 102.

25 Debido a que los arbotantes 104 de cable reducen la tensión de flexión en la torre 102, la torre 102 puede ser de un diámetro más pequeño que la torre 82 ilustrada en la figura 13. Por ejemplo, la torre 102 puede tener cualquier diámetro exterior y altura adecuados. En la realización ilustrada, el diámetro exterior de la torre 102 es alrededor de 4 metros. Alternativamente, el diámetro exterior de la torre 102 puede ser cualquier otro diámetro deseado, tal como dentro del rango de desde alrededor de 3 metros hasta alrededor de 12 metros. En la realización ilustrada, la altura de la torre 102 es alrededor de 90 metros. Alternativamente, la altura de la torre 102 puede estar dentro del rango de desde alrededor de 50 metros hasta alrededor de 140 metros.

30 Refiriéndose ahora a la figura 15, la plataforma 84 de pontón puede incluir una torreta 106 giratoria montada en un extremo inferior de la plataforma 84 de pontón. En la realización ilustrada en la figura 15, las líneas 90 de amarre están unidas a la torreta 106 giratoria, en vez de los pontones 86. En esta realización, la plataforma de turbina eólica de material compuesto flotante, tal como las plataformas 80 y 100, puede girar en relación con la torreta 106 y de este modo autoalinearse en respuesta a la dirección de viento y corrientes oceánicas.

35 Refiriéndose ahora a las figuras 17, 18A, y 18B, una tercera realización de la plataforma de pontón se ilustra en 140. La plataforma 140 de pontón incluye una pluralidad de miembros de flotabilidad o pontones 142 conectados por miembros 144 estructurales. En la realización ilustrada, la plataforma 140 de pontón tiene tres pontones 142. En otras realizaciones, la plataforma 140 de pontón puede tener más o menos de tres pontones 142. Los pontones 142 ilustrados tienen un reborde 146 que se extiende radialmente formado en un primer extremo 142A de cada pontón 142. Alternativamente, los pontones 142 pueden formarse sin los rebordes 146.

40 En la realización ilustrada, los pontones 142 son sustancialmente huecos y definen una cavidad y están formados de hormigón reforzado. Los miembros 144 estructurales ilustrados son sustancialmente tubulares, definen una cavidad 145, y están formados de material compuesto de FRP.

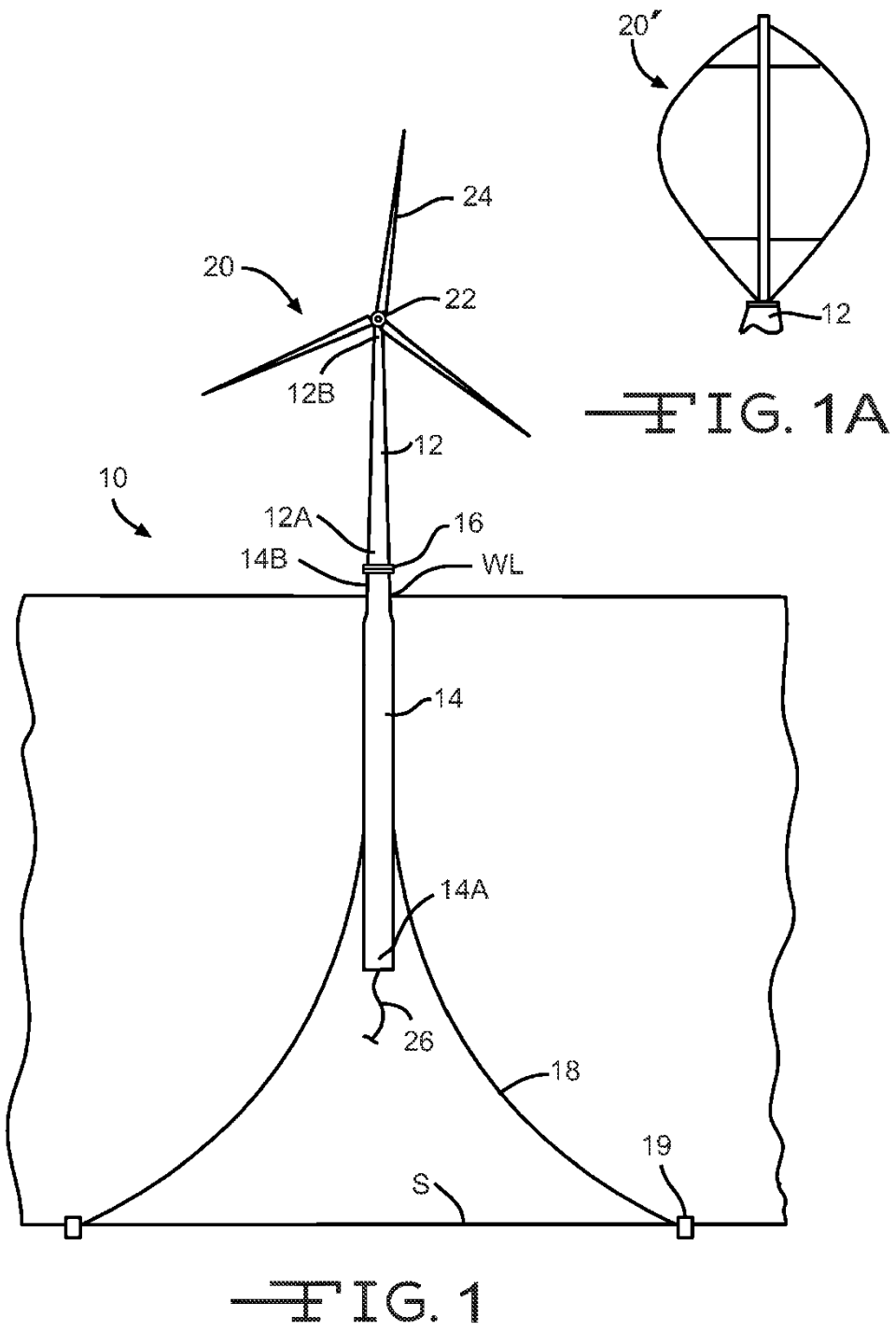
45 Como se muestra mejor en la figura 18A, en una primera realización de la plataforma 140 de pontón, el pontón 142 incluye una pared 142W exterior. El primer y segundo extremos 144A y 144B, respectivamente, de los miembros 144 estructurales se insertan en las paredes 142W exteriores de los pontones 142. El hormigón que forma la pared 142W exterior se extiende en las cavidades 145 de cada miembro 144 estructural para definir un miembro 148 de rigidez. Cuando está curado, el miembro 148 de rigidez proporciona rigidez adicional a la plataforma 140 de pontón.

50 Una segunda realización de la plataforma de pontón se ilustra en 140' en la figura 18B. La plataforma 140' de pontón es sustancialmente idéntica a la plataforma 140 de pontón, pero no incluye el miembro 148 de rigidez. El primer y segundo extremos 144A y 144B, respectivamente, de los miembros 144 estructurales se insertan en y unen a las paredes 142W exteriores de los pontones 142.

- El miembro 148 de rigidez puede formarse al insertar el primer y segundo extremos 144A y 144B, respectivamente, de los miembros 144 estructurales en una forma de pontón (no se muestra) que define la forma del pontón para ser formado. El hormigón se puede verter en la forma de pontón para definir la pared 142W exterior del pontón 142. Este hormigón también fluiría hacia la cavidad 145 del miembro 144 estructural. Cuando el hormigón está curado, el
- 5 hormigón del miembro 148 de rigidez es contiguo con el hormigón de la pared 142W exterior del pontón 142, de este modo el primer y segundo extremos 144A y 144B de los miembros 144 estructurales están respectivamente incrustados en y unidos a los pontones 142. Adicionalmente, una superficie exterior de cada uno del primer y segundo extremos 144A y 144B, respectivamente, de los miembros 144 estructurales puede ser texturizada de tal manera que cada superficie exterior se entrelace y una con el hormigón de las paredes 142W exteriores de los pontones 142.
- 10 Se entenderá que los miembros 144 estructurales también pueden formarse de hormigón reforzado o de acero como se describe anteriormente.
- En la realización de la plataforma 140 de pontón como se muestra en la figura 17, una torre, tal como la torre 82 (ilustrada por una línea fantasma en la figura 17) puede unirse a uno de los pontones 142 a través de una junta conectora (no se muestra). Esta junta conectora puede ser cualquiera de las juntas de conexión descritas e ilustradas
- 15 en las figuras 2, 3A hasta 3L, y 4.
- Refiriéndose ahora a la figura 21, se ilustra una cuarta realización de la plataforma de pontón en 440. La plataforma 440 de pontón incluye una pluralidad de miembros de flotabilidad o pontones 442 conectados a un pontón 444 central por miembros 446 estructurales. En la realización ilustrada, la plataforma 440 de pontón tiene tres pontones 442. En otras realizaciones, la plataforma 440 de pontón puede tener más o menos de tres pontones 442. Los pontones 442
- 20 ilustrados tienen un reborde 448 que se extiende radialmente formado en un primer extremo 442A de cada pontón 442. Alternativamente, los pontones 442 pueden formarse sin los rebordes 448. En esta realización, una torre, tal como la torre 82, está unida al pontón 444 central a través de una junta conectora (no se muestra), pero tal como cualquiera de las juntas de conexión descritas e ilustradas en las figuras 2, 3A hasta 3L, y 4. Alternativamente, la torre 82 se puede unir a cualquiera de los tres pontones 442.
- 25 Cada uno de los pontones 442 ilustrados está formado de una pluralidad de anillos o secciones 450. Las secciones 450 están conectadas entre sí en juntas 452 de conexión. Como se describe anteriormente con respecto al casco 14, las secciones 450 pueden fabricarse de material compuesto de FRP, hormigón reforzado, o acero. Las secciones 450 se pueden conectar mediante cables 454 postensados que corren a través de algunas o todas las secciones 450 sujetando de esa manera las secciones 450 juntas y definiendo el pontón 442. Un miembro de sellado, tal como la
- 30 empaquetadura G, puede estar dispuesto entre las secciones 450 para sellar las juntas 452 de conexión. Alternativamente, las juntas 452 de conexión pueden ser cualquiera de las juntas de conexión descritas e ilustradas en las figuras 2, 3A hasta 3L, y 4.
- Los anillos 456 de fijación están montados circunferencialmente en una superficie exterior de los pontones 442 y proporcionan una estructura de montaje para unir los miembros 446 estructurales a los pontones 442. Los anillos 456
- 35 de fijación pueden estar formados de acero, material compuesto de FRP, u hormigón reforzado. Alternativamente, los anillos 456 de fijación pueden montarse en la junta 452 de conexión entre dos secciones 450 adyacentes.
- Una vez que las secciones 450 se ensamblan para formar el pontón 442, se puede unir un miembro 458 de cierre al segundo extremo 442B del pontón 442.
- 40 El principio y modo de operación de la plataforma de turbina eólica se han descrito en sus realizaciones preferidas. Sin embargo, se debe anotar que la plataforma de turbina eólica descrita aquí se puede practicar de otro modo de como se ilustra y describe específicamente sin apartarse de su alcance, como se define por las reivindicaciones que siguen.

**REIVINDICACIONES**

1. Una plataforma 440 de turbina eólica semisumergible capaz de flotar en un cuerpo de agua y soportar una turbina 20 eólica, comprendiendo la plataforma 440 de turbina eólica:
- un pontón 444 flotante central;
- 5 una pluralidad de pontones 442 flotantes externos, estando los pontones externos conectados al pontón central por miembros 446 estructurales, con los pontones 444, 442 teniendo suficiente flotabilidad para soportar una torre 82 de turbina eólica, caracterizada porque los pontones 442 están formados de una pluralidad de secciones 450 de hormigón reforzado, con secciones 450 adyacentes que se unen en una junta 452 de conexión; y:
- 10 una torre de turbina eólica hecha de material compuesto de plástico reforzado con fibra y montada en uno del pontón flotante central y la pluralidad de pontones flotantes externos, y en donde la pluralidad de secciones 450 de hormigón reforzado están conectadas por una pluralidad de cables 454 de postensado que se extienden a través de paredes de las secciones 450.
2. La plataforma de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, que incluye además anillos de fijación que están dispuestos como uno de los montados entre secciones adyacentes y montado en una superficie exterior de los pontones.
- 15 3. La plataforma de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, en donde las secciones están conectadas mediante cables de postensado que corren a través de algunas o todas las secciones, apretando de esa manera las secciones juntas y definiendo los pontones.
4. La plataforma de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el miembro de sellado está dispuesto entre las secciones para sellar las juntas de conexión.
- 20 5. La plataforma de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, en donde los pontones están al menos parcialmente llenos con lastre.
6. La plataforma de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la torre de turbina eólica está montada en el pontón central.
- 25 7. La plataforma de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes que incluye una turbina eólica montada en la torre.
8. La plataforma de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la torre está conectada al casco en una junta de conexión que define una junta de solape.



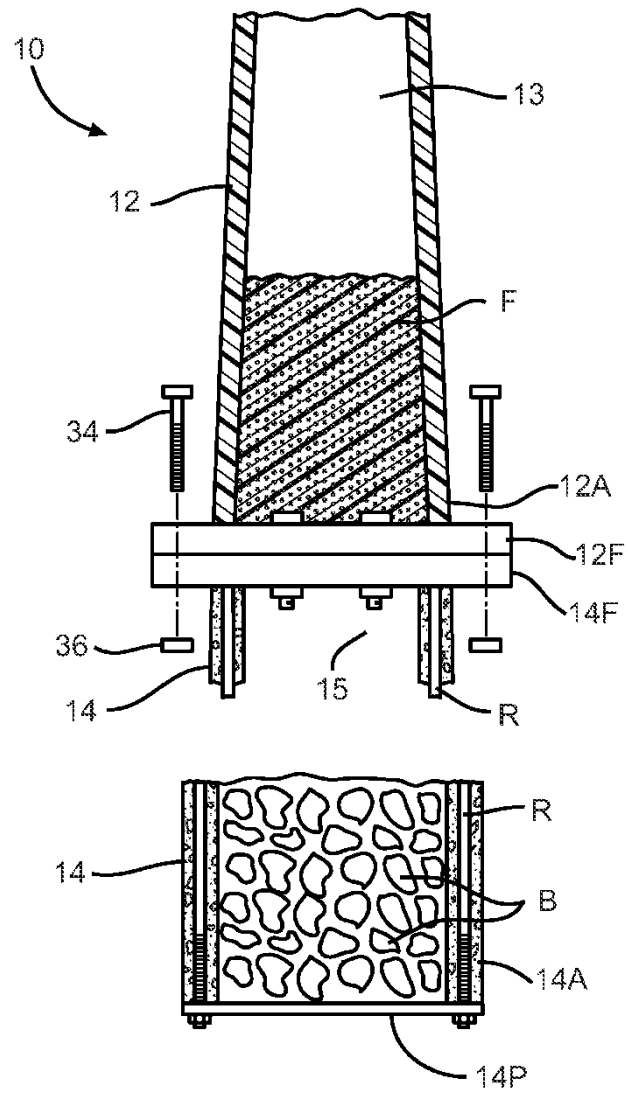
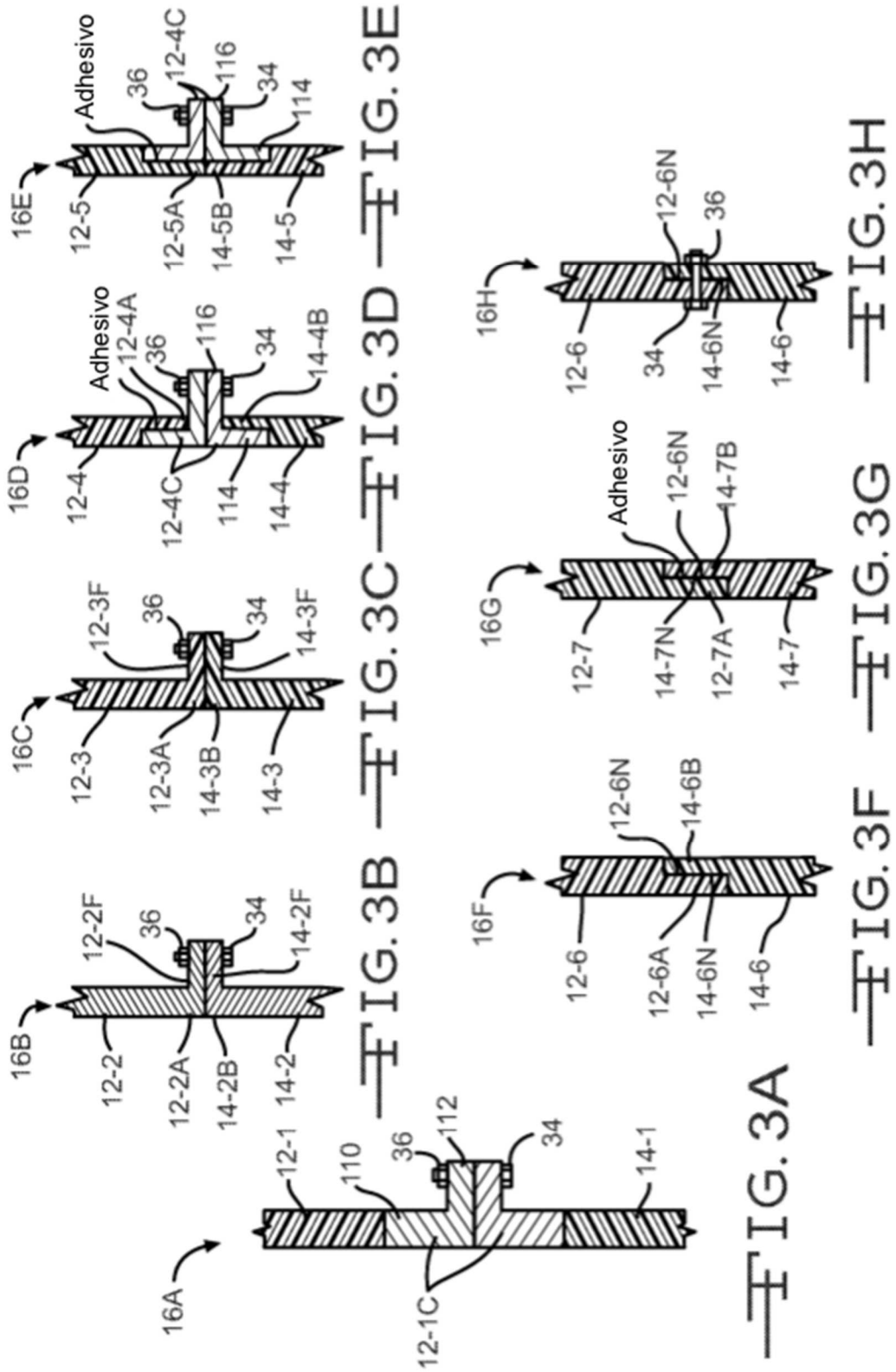


FIG. 2





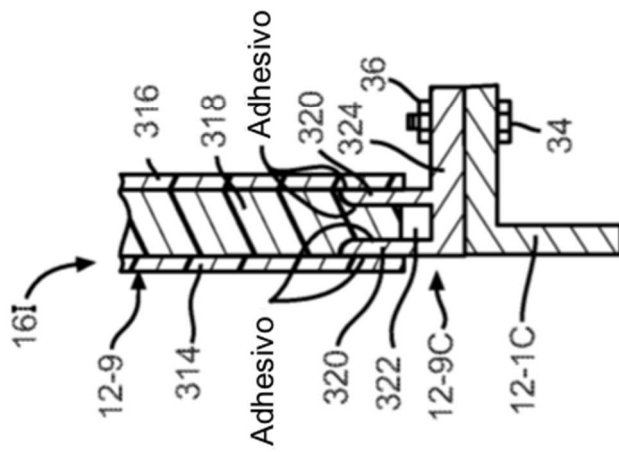


FIG. 3I

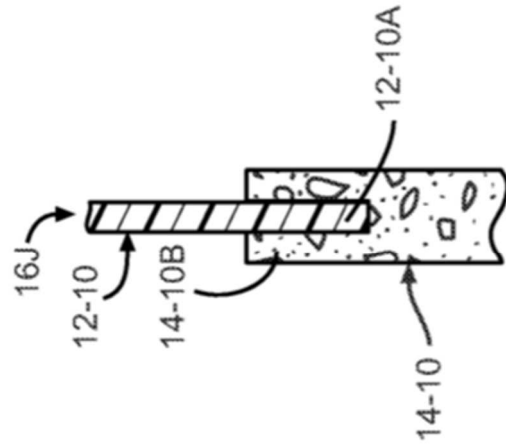


FIG. 3J

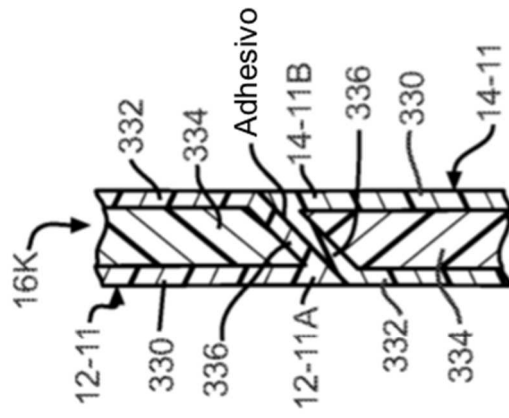


FIG. 3K

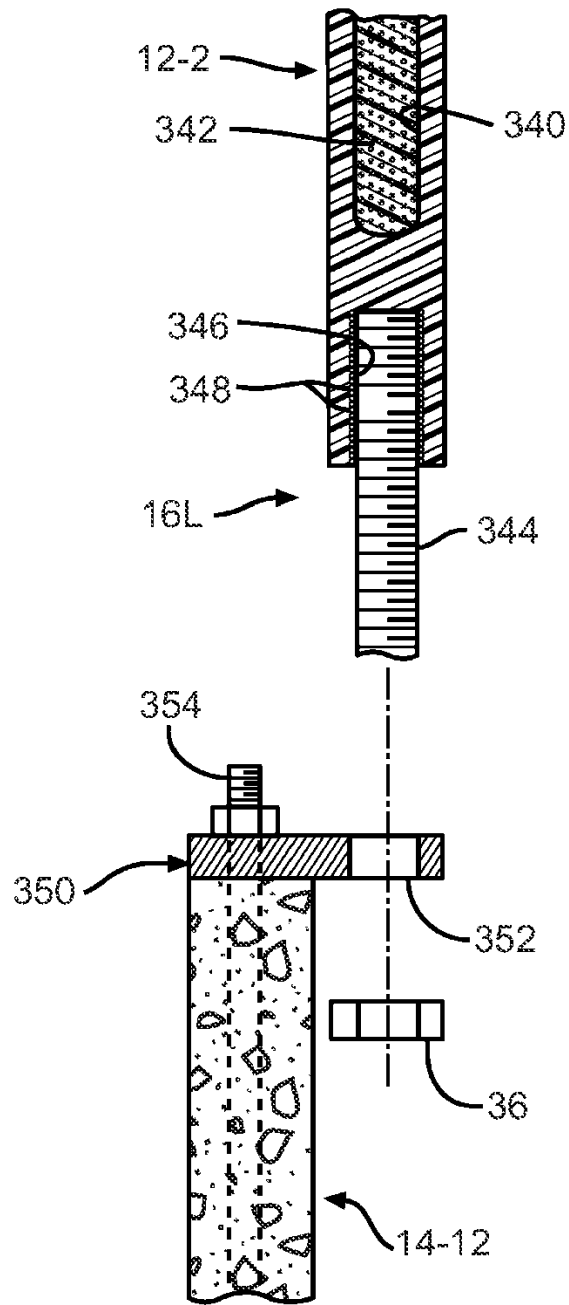


FIG. 3L

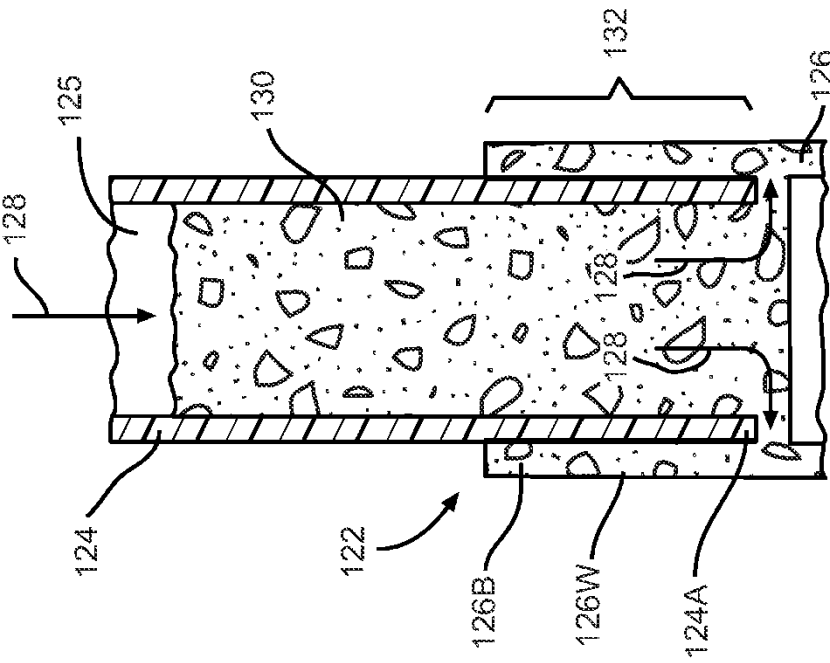


FIG. 4

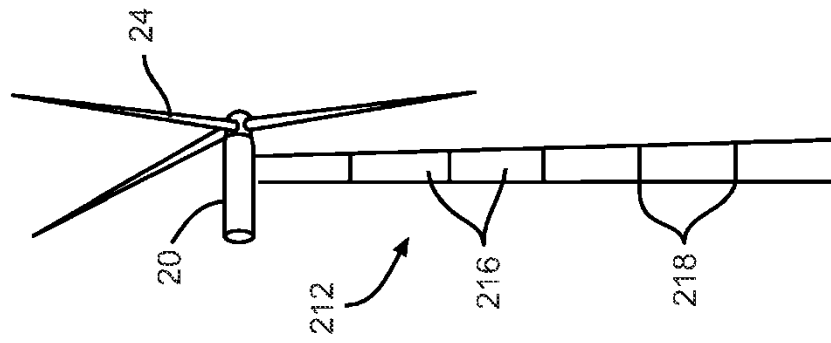


FIG. 5

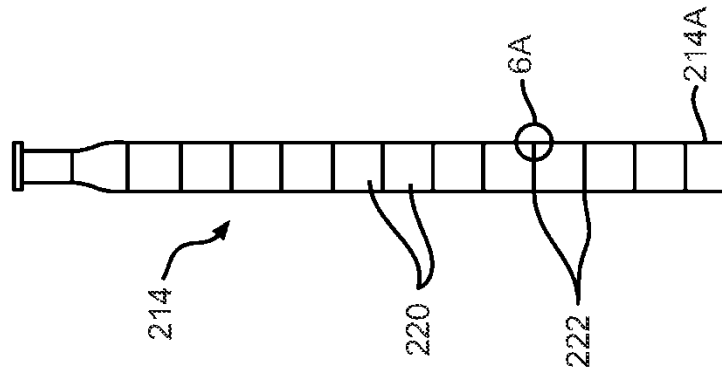


FIG. 6

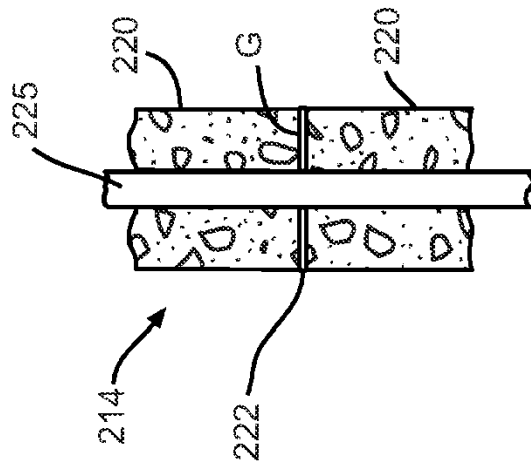


FIG. 6A

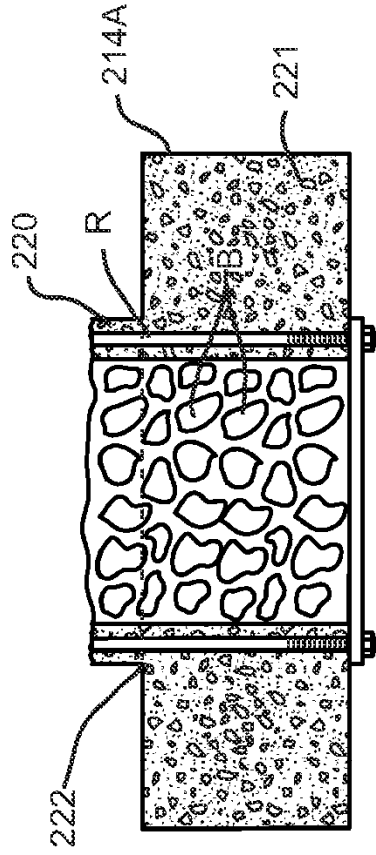


FIG. 6B

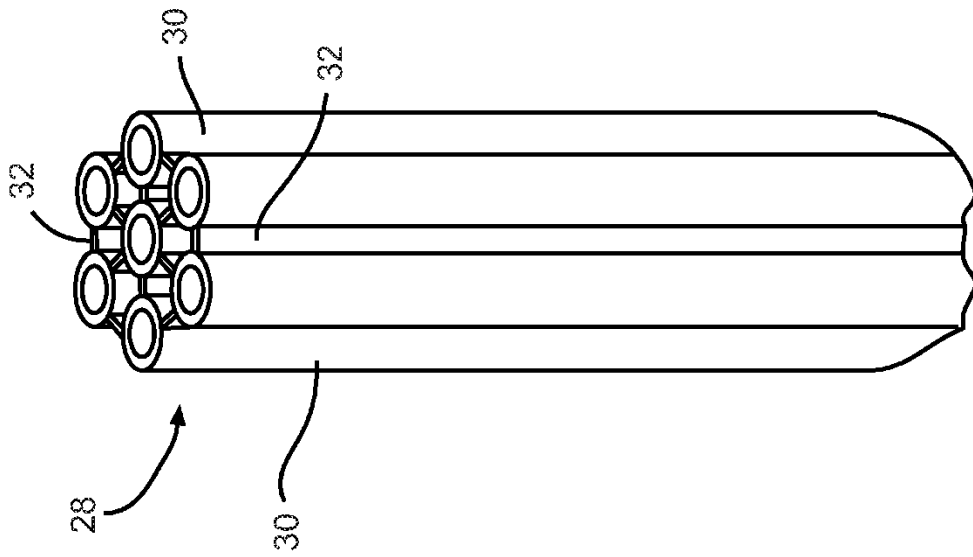


FIG. 7

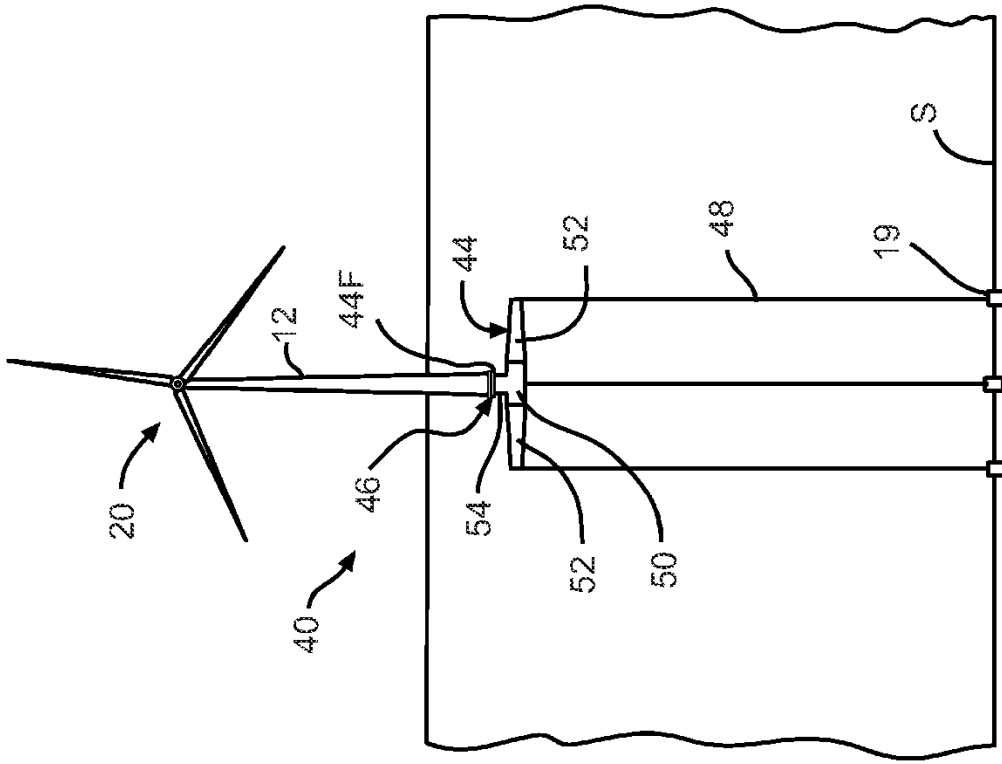


FIG. 8

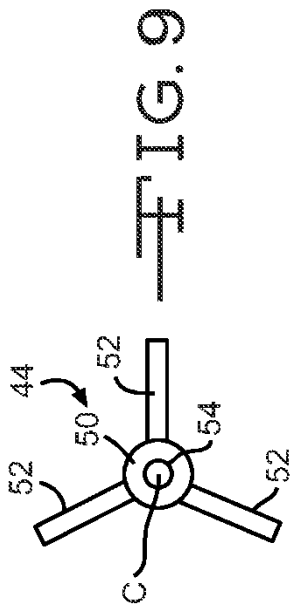


FIG. 9

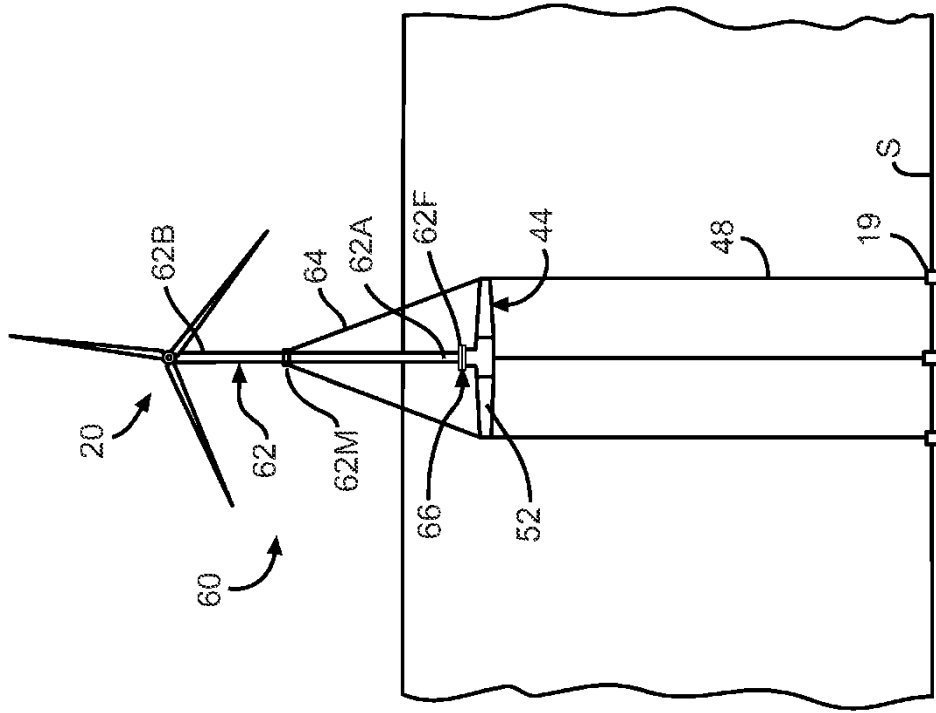


FIG. 11

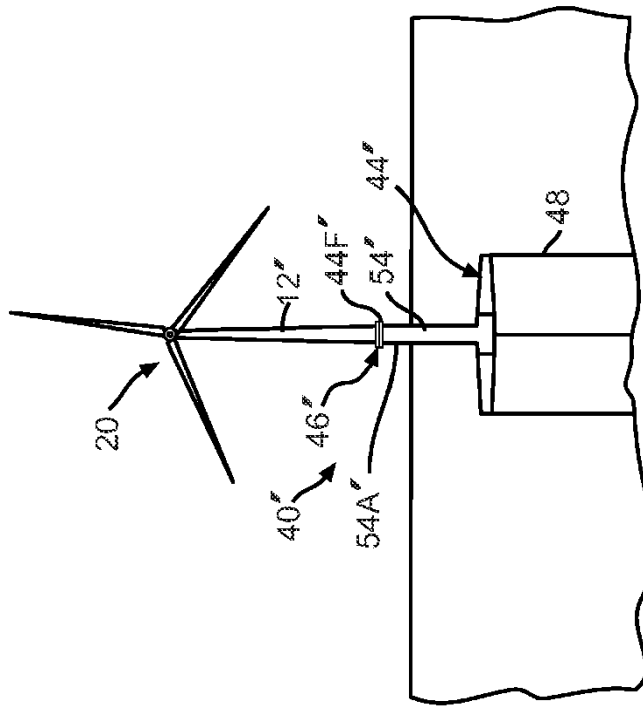
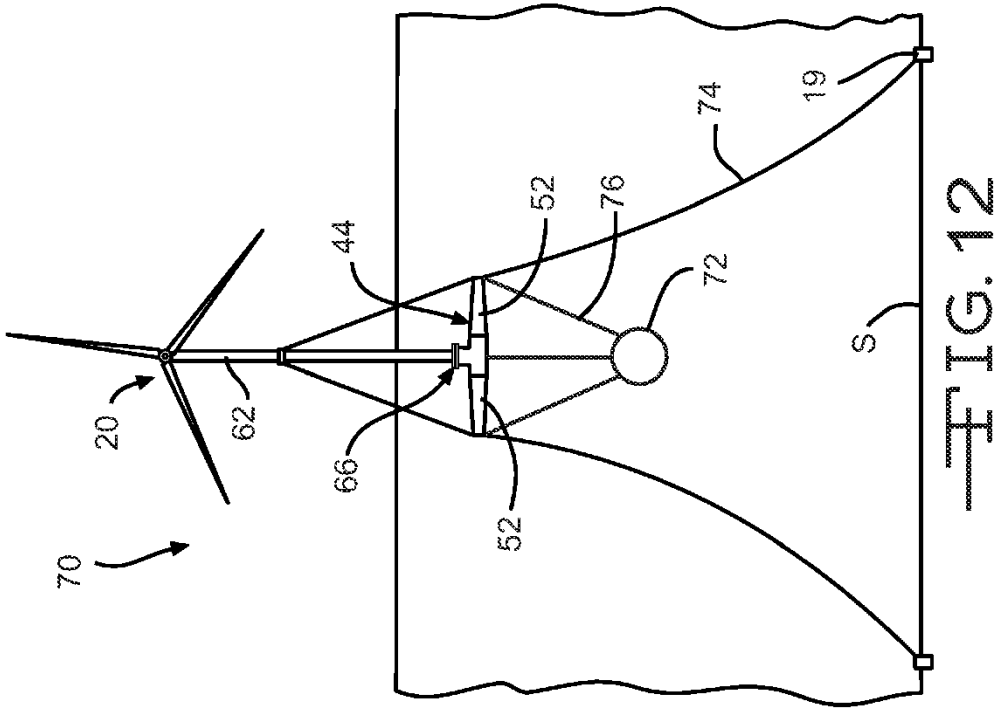
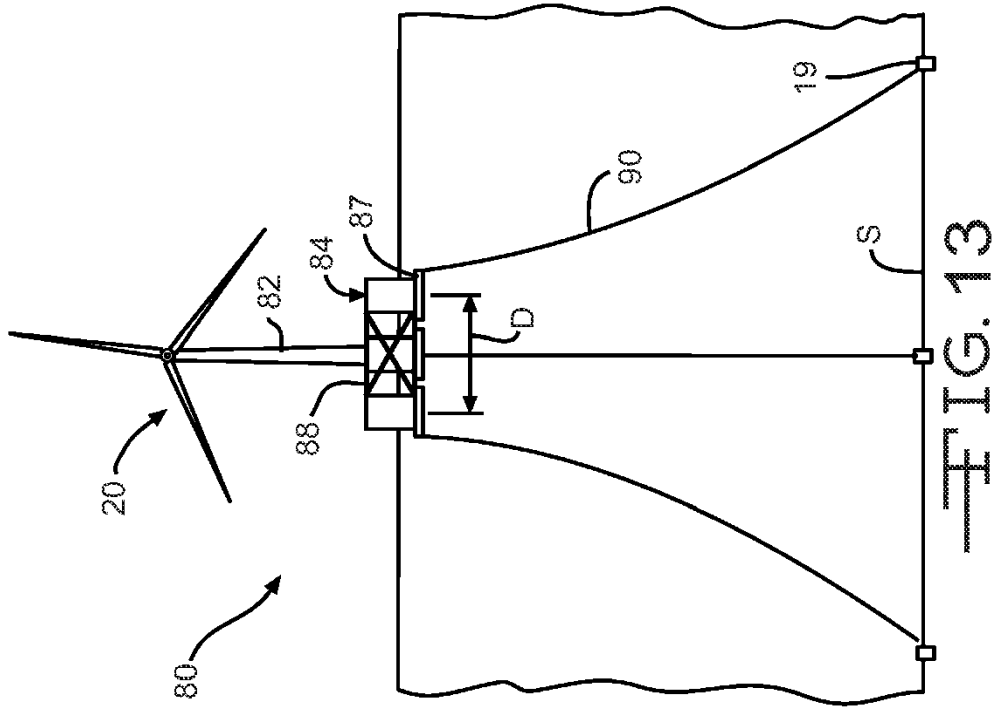


FIG. 10



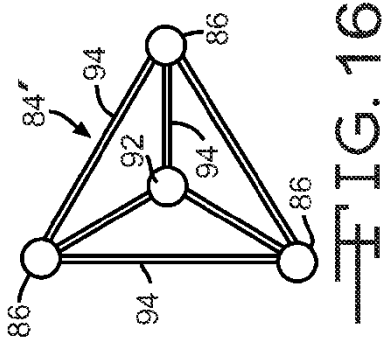


FIG. 16

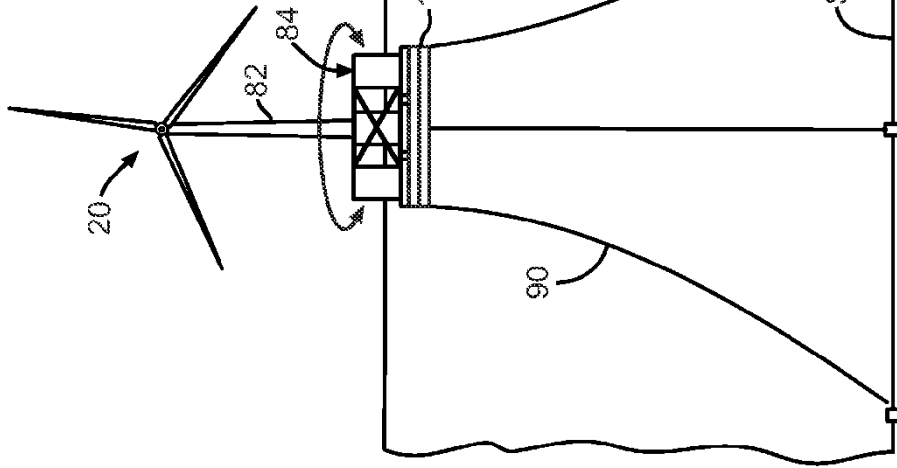


FIG. 15

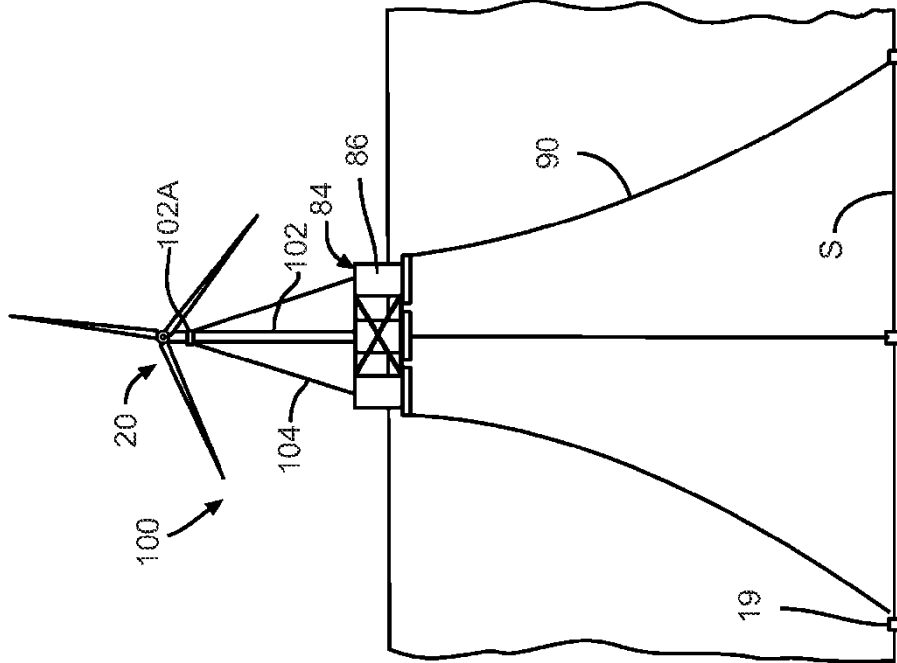


FIG. 14



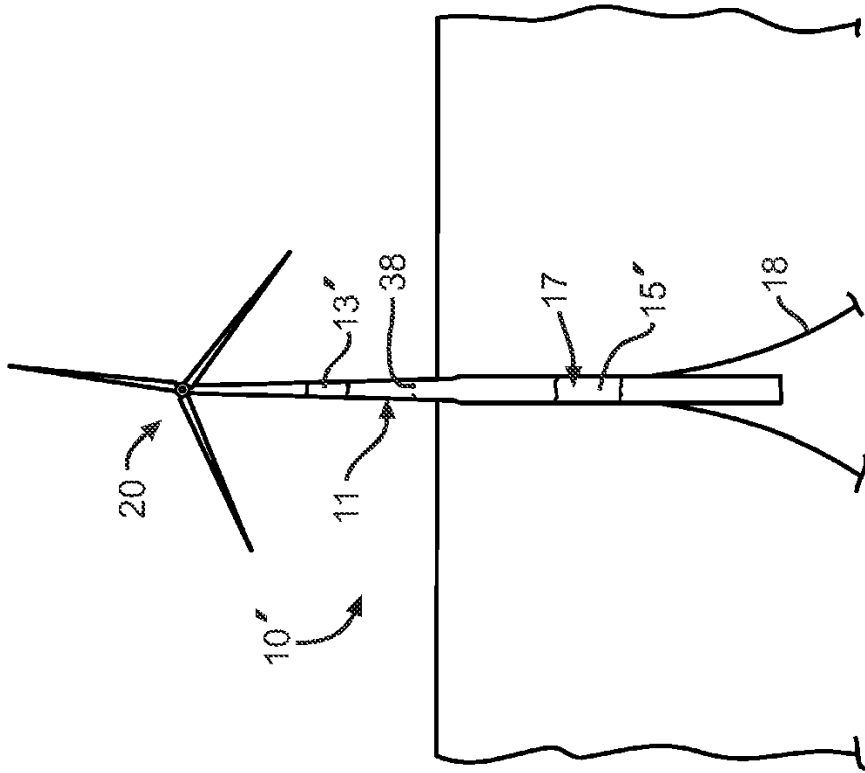


FIG. 19

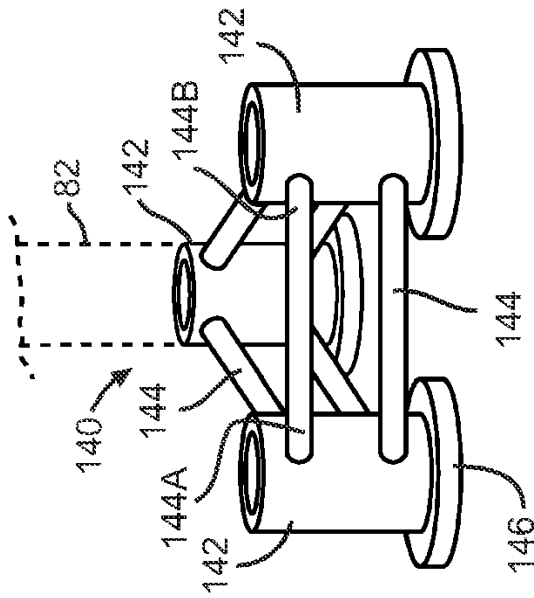


FIG. 17

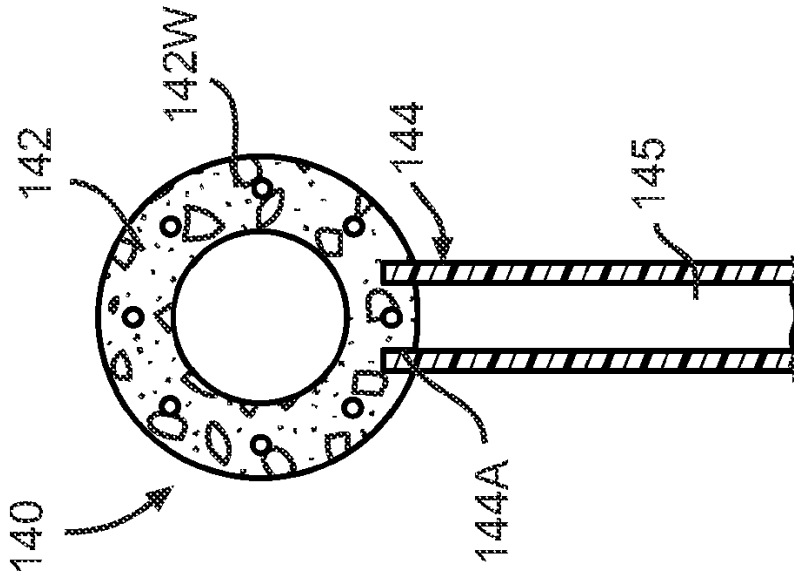


FIG. 18B

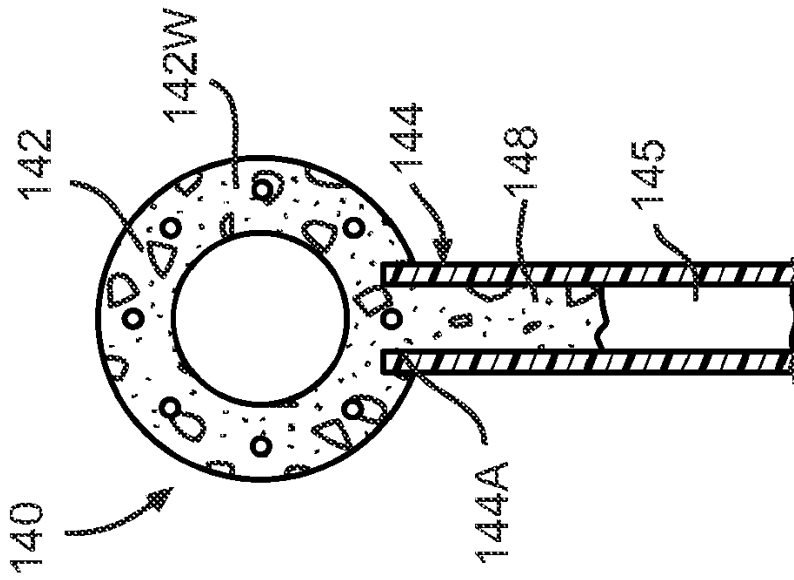


FIG. 18A

