

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 989 248**

51 Int. Cl.:

H02S 20/00 (2014.01)

H02S 20/32 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.02.2020 PCT/EP2020/053634**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.08.2020 WO20165272**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.02.2020 E 20705904 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2024 EP 3925069**

54 Título: **Seguidor solar flotante**

30 Prioridad:
12.02.2019 US 201962804250 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.11.2024

73 Titular/es:
**HELIOSLITE (100.0%)
Savoie Technolac, 17, avenue du Lac Léman,
Bâtiment Lama
73370 Le Bourget du Lac, FR**

72 Inventor/es:
MENARD, ETIENNE

74 Agente/Representante:
LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 989 248 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

Seguidor solar flotante

5 CAMPO DE LA INVENCION

Esta invención pertenece al campo general de la generación de potencia solar.

10 Más específicamente, una aplicación particularmente importante, aunque no exclusiva, de la invención es en el campo de los sistemas de seguidores solares fotovoltaicos flotantes capaces de seguir el sol durante el transcurso del día para maximizar el rendimiento energético de los módulos fotovoltaicos.

ANÁLISIS DE LA TÉCNICA ANTERIOR

15 Los sistemas de seguidores solares fotovoltaicos proporcionan medios para rotar un conjunto de módulos solares fotovoltaicos alrededor de uno o múltiples ejes para orientar estos módulos solares hacia el sol.

20 En el caso específico de los sistemas solares fotovoltaicos flotantes que están diseñados para instalarse en la superficie de cuerpos de agua, hasta la fecha hay un número muy limitado de sistemas de seguidores que se han instalado. La mayoría de los sistemas solares flotantes que se han desplegado dependen del uso de flotadores simples que están diseñados para soportar uno o múltiples módulos solares en un ángulo de inclinación fijo.

25 Hay pocos ejemplos que se han informado en la literatura de sistemas de seguimiento solar flotantes de un solo eje que proporcionan un medio para rotar un conjunto de flotadores alrededor de un eje vertical. Las solicitudes de patente US4771764, US4786795, US20160087573A1, WO2014/005626A1, WO2016/185267A1, KR101028944B1, US20170040926A1 presentan diferentes variantes de sistemas de seguimiento solar flotantes de eje vertical.

30 Para instalaciones de granjas solares a escala de servicios públicos que comprenden miles de módulos solares, estos tipos de sistemas de seguimiento de eje vertical normalmente comprenden varias unidades de seguimiento que rotan alrededor de un eje vertical separado.

35 A medida que varias unidades de seguimiento rotan múltiples conjuntos de módulos solares alrededor de diferentes puntos fijos separados por una distancia horizontal, esta configuración induce restricciones desafiantes para anclar cada bloque individualmente y se requieren longitudes adicionales de cables eléctricos bajo el agua para interconectar múltiples conjuntos de bloques de módulos solares giratorios.

40 Además, los sistemas de seguidores flotantes de eje vertical son más complejos de instalar y su configuración geométrica no permite trayectorias de acceso simple para realizar operaciones de mantenimiento en módulos solares o en los componentes mecánicos de las unidades de seguidores.

45 Además, ya que la trayectoria de seguimiento de los sistemas de seguidores de eje vertical está lejos de ser ideal, la ganancia de producción de energía adicional lograda por esta clase de sistema de seguimiento es normalmente inferior al 10 %. Se puede lograr una mayor ganancia de energía mediante seguidores de un solo eje vertical si los módulos solares están inclinados en un ángulo de inclinación pronunciado (es decir, > 30 °), pero esta configuración es altamente indeseable ya que los coeficientes de resistencia al viento aumentan considerablemente y se requieren grandes distancias de separación entre filas de módulos para evitar pérdidas por sombreado transversal.

50 Se conoce a partir del documento CN105227103A (JIANGSU BLUE SKY PHOTOVOLTAIC TECHNOLOGY CO LTD) un montaje de seguimiento solar que flota en una superficie de agua con una bomba de agua para cambiar la orientación de los paneles fotovoltaicos. Pero un sistema de este tipo tiene inconvenientes.

55 De hecho, la técnica anterior no propone un producto fácil de instalar lo suficientemente rentable como para hacer que los sistemas de seguimiento solar flotantes a escala de servicios públicos sean más competitivos que las instalaciones solares flotantes instaladas en flotadores básicos que soportan módulos solares en un ángulo fijo.

Por lo tanto, un objeto de la presente invención es reducir aún más los costes de fabricación, envío, instalación y mantenimiento de las instalaciones solares fotovoltaicas flotantes, a través de un diseño de seguidor flotante a modo de ejemplo que aborda muchas de las limitaciones de los diseños de la técnica anterior.

60 Con este fin, la presente invención propone principalmente un sistema de seguidor solar fotovoltaico flotante que minimiza el uso de material, reduce el volumen de envío, simplifica el montaje en campo, proporciona una configuración geométrica con trayectorias de acceso simple para realizar operaciones de mantenimiento en los módulos solares, y capaz de orientar los módulos solares a lo largo de una trayectoria de seguimiento más óptima para mejorar la producción de energía y mejorar la competitividad de las plantas solares flotantes.

65 De acuerdo con estos objetivos, un objeto de la invención es principalmente proponer un montaje de seguidor solar

flotante, también denominado a continuación en el presente documento montaje de flotador de seguidor solar, de acuerdo con la reivindicación 1. Por la posición máxima dirigida a la derecha o la posición máxima dirigida a la izquierda, debe entenderse una dirección en la que la periferia superior de dicho conjunto de módulo solar fotovoltaico está más alta que el plano horizontal que incluye dicho eje principal a la derecha o a la izquierda de dicha posición dirigida, también denominada posición dirigida de punto cardinal máximo (es decir, por ejemplo, este/oeste o norte/sur).

En otras palabras, el sistema de control (que incluye el activador del movimiento) está dispuesto para rotar el conjunto del montaje de seguidor flotante a lo largo de su eje principal y ajustar el ángulo de dicho conjunto de módulos solares fotovoltaicos entre una posición de ángulo de inclinación baja cerca de o por debajo del plano horizontal y una posición de ángulo alto por encima del plano horizontal.

En algunas realizaciones ventajosas, también se propone y/o además se propone un montaje de flotador de seguidor solar que incluye una o más de las siguientes características:

- el eje principal está orientado a lo largo de una dirección este/oeste;
- el eje principal está orientado a lo largo de una dirección sur/norte;
- el ángulo de dichos módulos solares fotovoltaicos con respecto a dicho eje principal es $< 20^\circ$;
- el ángulo de dichos módulos solares fotovoltaicos con respecto a dicho eje principal es igual a 0° ;
- comprende una pluralidad de elementos de tubos dispuestos simétrica y longitudinalmente a lo largo de dicho eje principal;
- comprende dos planos paralelos de dos elementos de tubo paralelos, estando dichos planos conectados rígidamente entre sí y estando dichos elementos de tubo paralelos dispuestos simétricamente a lo largo del eje principal y en desviación con respecto a los elementos de tubo del otro plano;
- comprende un elemento de tubo inferior y dos elementos de tubo paralelos superiores dispuestos simétricamente con respecto a dicho eje principal;
- dicho elemento de tubo inferior está conectado rígidamente a dichos elementos de tubo paralelos superiores a través de dos partes transversales disimétricas, soportando dichas partes transversales el conjunto en su respectiva periferia superior con un ángulo inclinado con respecto al plano horizontal;
- los elementos de tubo son tubos parcial o completamente huecos que tienen al menos una cavidad interna para llenarse o vaciarse con agua y/o aire para rotar sobre dicho eje principal entre dichas posiciones máximas;
- el elemento de tubo flotante comprende múltiples (por ejemplo, tres) cavidades dispuestas radialmente (y/o regularmente) alrededor de dicho eje principal para llenarse o vaciarse con agua y/o aire para rotar sobre dicho eje principal entre dichas posiciones máximas;
- los conjuntos de módulos solares fotovoltaicos comprenden cuatro módulos solares fotovoltaicos en serie;
- los elementos de tubo son tubos parcial o completamente huecos que tienen al menos una cavidad interna para llenarse o vaciarse con agua y/o aire y que comprenden una estructura flotante adicional para hacer que el montaje de seguidor flotante no sea sumergible;
- la estructura flotante adicional comprende elementos flotantes proporcionados en un núcleo interno en forma de anillo de dicho elemento de tubo correspondiente;
- la estructura flotante adicional comprende una pluralidad de recipientes flotantes huecos que tienen una forma esférica o equivalente, por ejemplo, de veinte a treinta recipientes para un elemento de tubo, por ejemplo con una longitud de 4 o 5 metros;
- cada elemento de tubo flotante está parcialmente lleno con uno o una pluralidad de recipientes llenos de aire o con otro material que flota;
- en posición de flotar en el agua, el conjunto está configurado para tener algunas de sus cavidades para ubicarse normalmente debajo de la superficie del agua, en donde se llenan de forma natural con agua por gravedad;
- comprende bombas de aire para empujar el agua fuera de al menos algunas de las cavidades;
- el eje principal está orientado a lo largo de una dirección este/oeste, y dicho sistema de control inyecta o retira agua

dentro de dichas cavidades internas para rotar el montaje de seguidor flotante a lo largo de su eje principal y ajustar el ángulo de inclinación de dicho conjunto de módulos solares fotovoltaicos entre una posición de ángulo de inclinación mínimo y una posición de ángulo de inclinación máximo, dirigida hacia el sur o el norte;

- 5 - comprende además un sistema de calentamiento para precalentar el agua para llenar las cavidades;
- el sistema de control está dispuesto para calcular la posición del sol durante el transcurso del día y ajustar el volumen de agua inyectado o retirado dentro de cada cavidad de los elementos de tubo, para orientar los módulos solares hacia el sol;

10 - cada elemento de tubo flotante comprende una superficie externa, un núcleo en forma de anillo y una superficie interna, siendo dicho núcleo en forma de anillo de material ligero tal como poliestireno o espuma de poliuretano, y/o lleno con latas o esferas cilíndricas llenas de aire u otro material que flota.

15 Ventajosamente, otro objeto de la invención es proporcionar un sistema de seguidor flotante que comprende una pluralidad de montajes de flotador de seguidor solar como se ha descrito anteriormente.

Ventajosamente, el sistema comprende los siguientes elementos:

20 un conjunto lineal de columnas paralelas de montajes de flotador alargados que rotan a lo largo de su eje principal que está orientado a lo largo de una dirección norte-sur paralela a la superficie del agua,

cada montaje de flotador soporta un conjunto de módulos solares fotovoltaicos orientados en un ángulo inclinado pequeño (es decir, $< 20^\circ$),

25 cada montaje de flotador comprende uno o múltiples elementos de tubo que tienen una o múltiples cavidades internas,

30 un sistema de control que comprende un grupo de bombas y un controlador electrónico que controla el volumen de agua y/o aire inyectado dentro de las diferentes cavidades internas de los tubos de flotador para ajustar el ángulo de rotación de cada columna de conjuntos de flotador a lo largo de su respectivo eje principal.

En realizaciones ventajosas, el sistema está de acuerdo con cualquiera de las siguientes características:

35 - el sistema comprende una pluralidad de montajes de flotador de seguidor solar como se ha descrito anteriormente, en donde comprende medios de anclaje para anclarse sobre el terreno;

- cada uno de dichos montajes de flotador de seguidor solar está conectado longitudinalmente a uno adyacente;

40 - comprende además un sistema de seguridad para llenar o vaciar automáticamente los elementos de tubo para proporcionar un ángulo de rotación de 45° o más hacia el este u oeste en caso de nieve, y/o de vuelta a una posición horizontal (0°) en caso de viento fuerte;

45 - comprende además un sistema de seguridad para llenar automáticamente las cavidades de los elementos de tubo de manera simétrica para hundir parcialmente en el agua los montajes de flotador y reducir sus coeficientes de resistencia al viento en caso de viento fuerte;

- cada tubo flotante está conectado a una línea de agua en serie con al menos otro tubo flotante, en sus partes inferiores;

50 - cada tubo flotante está conectado a una línea de aire en serie con los otros tubos flotantes, por ejemplo, en sus partes superiores.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

55 Las anteriores y otras características y ventajas de la presente invención se harán evidentes tras la revisión de las siguientes descripciones resumidas y detalladas tomadas junto con los dibujos adjuntos en los que:

las Figuras 1A y 1B muestran diagramas de vista en 3D de un montaje de flotador de seguidor solar flotante de acuerdo con una realización de la invención que está dispuesto para soportar un conjunto de 4 módulos solares.

60 Las Figuras 2A y 2B muestran la posición máxima dirigida a la derecha o la posición máxima dirigida a la izquierda, a la derecha o a la izquierda de dicho eje principal, también denominado posición dirigida de punto cardinal máximo, es decir, este/oeste para la Figura 2A y norte/sur para la Figura 2B.

65 Las Figuras 3A, 3B y 3C muestran diagramas de vista en sección transversal en 2D de elementos de flotador de forma tubular alargada, también designados a continuación en el presente documento por elementos de tubo flotantes, de

diferentes realizaciones de un montaje de flotador de seguidor solar de la invención que están parcialmente llenos de agua.

5 La Figura 3D muestra un diagrama de vista lateral en 2D de una tapa de extremo de un elemento de flotador de forma tubular alargada de un montaje de flotador de seguidor solar de la invención.

Las Figuras 4A, 4B y 4C muestran diagramas de vista transversal en 2D de un conjunto de otra realización de montajes de flotador de seguidor solar de la invención que se rotan en diferentes ángulos alrededor de su eje principal.

10 La Figura 5 muestra filas de vista en 3D de montajes de flotador de seguidor solar, de acuerdo con una realización de la invención que se rotan en diferentes ángulos alrededor de su eje principal.

Las Figuras 6A y 6B muestran diagramas de vista superior y lateral de una realización de una solución de cimentación para anclar un conjunto de montajes de flotador de seguidor solar de acuerdo con la invención en un cuerpo de agua.

15 La Figura 7 muestra un diagrama esquemático de un ejemplo no cubierto por la invención reivindicada de un sistema de control del sistema de seguidor solar flotante.

20 La Figura 8 muestra una vista lateral de otra realización de la invención, con dos elementos de tubo superiores y un elemento de tubo inferior completamente sumergido.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

25 La invención proporciona esencialmente un sistema de seguidor solar fotovoltaico flotante que minimiza el uso de material, reduce el volumen de envío, simplifica el montaje en campo, proporciona una configuración geométrica con trayectorias de acceso simple para realizar operaciones de mantenimiento y capaz de orientar los módulos solares a lo largo de una trayectoria de seguimiento más óptima para lograr una mayor producción de energía y mejorar la competitividad de las plantas solares flotantes.

30 Las Figuras 1A y 1B muestran diagramas de vista en 3D de un montaje de flotador de seguidor solar flotante de acuerdo con una realización de la invención que está dispuesto para soportar un conjunto de 4 módulos solares. Esta realización del conjunto de flotador de seguidor solar **1000** comprende 4 elementos de tubo hueco **101-104** que están conectados operativamente entre sí con 5 montajes de marco **200**.

35 En esta realización preferida de la invención, un conjunto de 4 módulos solares fotovoltaicos **300** se conectan operativamente a los montajes de marco utilizando apoyos de soporte del módulo **210** que están diseñados para sujetar los módulos solares **300** en un ángulo inclinado hacia el sur o el norte. En el hemisferio norte, los módulos solares están inclinados hacia el sur y hacia el norte en el hemisferio sur.

40 En una realización preferida de la invención, el ángulo de inclinación de los módulos solares es inferior a 20° para minimizar los coeficientes de resistencia al viento. En realizaciones alternativas de la invención, cada montaje de flotador de seguidor solar flotante puede estar equipado con un número diferente (N) de módulos solares **300**. En estas realizaciones alternativas, N+1 montajes de marco **200** se utilizan para soportar N módulos solares **300**. El montaje de flotador de seguidor **1000** y elementos de tubo hueco **101-104** tienen su eje principal orientado a lo largo de una dirección norte-sur.

45 En una realización preferida de la invención, los elementos de tubo hueco **101-104** tienen una forma cilíndrica. En otras realizaciones de la invención, los tubos huecos pueden tener una forma de sección transversal diferente, tal como un cuadrado, rectángulo, hexágono o cualquier perfil poligonal de forma cerrada. Los elementos de tubo hueco **101-104** están conectados operativamente a los montajes de marco **200** utilizando pegamento estructural o fijaciones mecánicas estándar tales como pernos, remaches, tornillos o correas. Los apoyos de soporte del módulo **210** están conectados operativamente a cada montaje de marco **200** utilizando pegamento estructural o fijaciones mecánicas estándar tales como pernos, remaches o tornillos.

55 Las Figuras 2A y 2B muestran en perspectiva la rotación del montaje de seguidor flotante a lo largo de su eje principal y, más precisamente, la rotación del plano general P formado por los dos elementos de tubo flotantes superiores **101** y **104** (en el caso de la realización de la Figura 1) hacia el este o hacia el oeste, en el caso de un eje principal orientado sur/norte (Figura 2A) o hacia el sur o hacia el norte, en el caso de un eje principal orientado oeste/este (Figura 2B).

60 Las Figuras 3A, 3B y 3C muestran diagramas de vista en sección transversal de elementos de flotador de tubo de forma cilíndrica alargada de una realización de un montaje de flotador de seguidor solar de la invención que comprende cavidades internas que están parcialmente llenas de agua **140**. El volumen restante de la cavidad interna **113** no llena de agua **140** se llena con aire inyectado directamente o eyectado llenando con agua la cavidad del elemento de tubo.

65 En una realización de la invención, cada elemento de flotador de tubo comprende una superficie externa **110**, un núcleo en forma de anillo **111** y una superficie interna **112**.

El núcleo en forma de anillo **111** puede fabricarse utilizando un material ligero, tal como poliestireno expandido o espuma de poliuretano.

5 En otra realización de la invención, se pueden utilizar latas o esferas cilíndricas llenas de aire **114** para llenar parcial o completamente el núcleo en forma de anillo **111**. La superficie exterior **110** del núcleo en forma de anillo **111** puede reforzarse con una capa resistente a los arañazos, tal como una capa de caucho, carcasa de plástico duro o una lámina metálica delgada. La superficie interior **112** del núcleo en forma de anillo **111** puede protegerse con una capa resistente al agua, tal como caucho, una película de plástico o una lámina metálica delgada.

10 La Figura 3C es una sección transversal de otra realización de un elemento de tubo cilíndrico flotante con una superficie externa **110** que tiene una cavidad interna **113** que contiene una pluralidad de recipientes **115**, por ejemplo, latas esféricas, que flotan en el agua interna **140**, presente en el interior de dicho elemento de tubo, teniendo cada una de dichas latas una sección transversal, por ejemplo, de una dimensión comprendida entre 1/2 y 9/10 de la sección transversal del elemento de tubo.

Más precisamente, los recipientes flotantes pueden tener una forma esférica, una forma oblonga o equivalente.

20 En una realización preferida de la invención, se pueden insertar de veinte a treinta recipientes flotantes **115** dentro de un elemento de tubo con una longitud de 5 metros para asegurar que se conservará una flotabilidad mínima si algunos de los recipientes flotantes **115** se perforan. El volumen restante de la cavidad interna **113** no llena de agua **140** se llena con aire inyectado directamente o eyectado llenando con agua la cavidad del elemento de tubo.

25 Otra realización utiliza (también y/o en sustitución) líneas de aire para interconectar en serie múltiples elementos de tubo flotantes de diferentes montajes de flotador a través de su conector de líneas de aire de tapas de extremo, por ejemplo, en la parte superior de dichas tapas de extremo.

30 Ambos extremos de cada tubo de flotador están cerrados por una tapa de extremo **120** que se ilustra en la Figura 3D. Cada tapa de extremo **120** puede comprender un orificio de ventilación o un conector de línea de aire **121** ubicado en el lado superior de la tapa de extremo.

35 Si el elemento de tubo comprende un núcleo en forma de anillo, los conectores de línea de aire **121** y línea de agua **122** están ubicados respectivamente inmediatamente debajo e inmediatamente encima del perímetro de la superficie interna **112** del núcleo en forma de anillo del elemento de tubo de flotador. Las líneas de agua cortas se utilizan para interconectar en serie múltiples tubos de flotador (o elementos de tubo flotantes) de diferentes montajes de flotador a través de sus conectores de línea de agua de tapa de extremo **122**.

40 Una otra realización utiliza (también y/o en sustitución) líneas de aire para interconectar en serie múltiples elementos de tubo flotantes de diferentes montajes de flotador a través de sus conectores de línea de aire de tapas de extremo **121**, por ejemplo, en la parte superior de dichas tapas de extremo.

45 La realización preferida de un montaje de flotador de seguidor solar **1000** de la invención ilustrada en la Figura 1A comprende 4 elementos de tubo hueco **101-104**. En otras realizaciones de la invención, el montaje de flotador de seguidor solar puede comprender un número diferente de tubos con un mínimo de 2 elementos de tubo hueco o 1 elemento de tubo hueco que tiene un mínimo de 2 cavidades internas (véase también la Figura 8 a continuación en el presente documento).

50 La Figura 4 muestra diagramas de vista lateral en 2D de un conjunto de otra realización de montajes de flotador de seguidor solar de la invención que se rotan en diferentes ángulos alrededor de su respectivo eje principal. En esta realización preferida de la invención, cada montaje de flotador de seguidor solar comprende un elemento de tubo hueco **100** que tiene 3 cavidades internas **115**, **116** & **117**.

55 La Figura 5 muestra diagramas de vista en 3D de un conjunto de montajes de flotador de seguidor solar de una realización de la invención que se rotan en diferentes ángulos alrededor de su eje principal (en este caso, un eje sur/norte).

60 Los elementos de tubo hueco que están ubicados en el lado oeste de cada montaje de flotador de seguidor se evacúan (llenar de aire) y los elementos de tubo hueco ubicados en el lado este de cada montaje de flotador de seguidor se llenan parcialmente con agua para orientar los módulos solares hacia la dirección este.

65 De manera opuesta, los elementos de tubo hueco que están ubicados en el lado este de cada montaje de flotador de seguidor se evacúan (llenar de aire) y los elementos de tubo hueco ubicados en el lado oeste de cada montaje de flotador de seguidor se llenan parcialmente con agua para orientar los módulos solares hacia la dirección oeste. El volumen de agua inyectado en cada elemento de tubo hueco se ajusta continuamente durante el transcurso de un día para orientar los módulos solares hacia el sol.

En una realización preferida de la invención, los montajes de flotador de seguidor están diseñados para seguir el sol con un intervalo de rotación angular de -45° a $+45^{\circ}$. En otras realizaciones de la invención, el intervalo de rotación angular puede extenderse a un intervalo de -60° a $+60^{\circ}$, o en una realización menos preferida de la invención reducirse a un intervalo de -30° a $+30^{\circ}$.

5 Las Figuras 6A y 6B muestran diagramas de vista superior y lateral de una realización de una solución de cimentación para anclar un conjunto de montajes de flotador de seguidor solar **1000** de la invención en un cuerpo de agua. En una realización preferida de la invención, los montajes de flotador **1000** están conectados mecánicamente a un conjunto lineal de cables horizontales **510**.

10 En una realización preferida de la invención, los cables horizontales **510** se colocan a una profundidad de al menos 0,5 m por debajo de la superficie del agua para proporcionar trayectorias de servicio claras entre las columnas de los montajes de flotador. En esta configuración, los cables o cadenas verticales cortos **511** se utilizan para conectar mecánicamente los montajes de flotador **1000** a los cables horizontales **510**. Con esta configuración, las operaciones de mantenimiento, tal como la sustitución de módulos solares defectuosos, se pueden realizar fácilmente utilizando una pequeña embarcación de servicio motorizada. Para reducir el número de cables horizontales necesarios para una gran planta solar, uno o múltiples montajes de flotador pueden conectarse mecánicamente entre sí en serie a lo largo de la dirección norte-sur y solo su extremo superior e inferior se conectan mecánicamente a los cables horizontales **510**. El lado este y oeste de cada cable horizontal **510** están conectados mecánicamente a cables verticales **520**.

20 Un par de cables horizontales **510** y verticales **520** forma un bloque de montajes de flotador de seguidor que se aseguran con cables de anclaje **540** unido a una de múltiples cimentaciones fijas **550** que se instalan en la orilla o en el fondo del cuerpo de agua **700**. Los anclajes de tierra clavados en el suelo **710** o bloques de balasto pueden utilizarse como cimentaciones fijas **550**. Las boyas **530** se puede añadir en el extremo de los cables horizontales **510** para compensar las fuerzas verticales inducidas por los cables de anclaje **540** conectando los cables horizontales **510** y verticales **520** a las cimentaciones **550**. Los cables de anclaje **540** pueden estar equipados con dispositivos sensores para adaptarse a las variaciones de la altura del agua.

30 La Figura 7 muestra un diagrama esquemático de un ejemplo no cubierto por la invención reivindicada de un sistema de control **600** del sistema de seguidor solar flotante. El sistema de control comprende un grupo de bombas primarias **610** y válvulas **621** & **622**, **631** & **632** que están conectadas a través de líneas de agua **602** a los diferentes tubos de los montajes de flotador **1000**.

35 El sistema de control **600** pueden instalarse en la orilla para facilitar las operaciones de mantenimiento. Las líneas de agua **603** conectadas a los tubos de los montajes de flotador deben estar aisladas térmicamente y, preferentemente, encaminadas dentro de una zanja sobre el terreno y luego debajo de la superficie del agua para protegerlos de la congelación. Para mejorar la fiabilidad general del sistema, múltiples bombas de agua primarias **610** pueden conectarse en paralelo para proporcionar cierta redundancia.

40 La dirección del flujo de agua puede invertirse utilizando un par de válvulas de 4 direcciones **621** & **622** o en una realización alternativa utilizando 2 bombas de agua conectadas en direcciones opuestas. En esta última configuración, se deben agregar válvulas unidireccionales en serie con cada bomba de agua para impedir el refluo a través de la otra bomba conectada en dirección opuesta.

45 De acuerdo con la invención, el llenado con agua o el vaciado del agua se obtiene inyectando o retirando aire a través de un circuito adecuado, por ejemplo, un grupo de bombas de aire, introduciéndose el agua por gravedad o expulsándose por la presión del aire.

50 Para instalaciones en sitios que están expuestos a largos períodos de hielo, el sistema de control puede estar equipado con un sistema de calentamiento opcional que puede utilizarse para precalentar el agua inyectada dentro de los tubos de los montajes de flotador. El agua ubicada a una profundidad de unos pocos metros debajo de la superficie de grandes cuerpos de agua nunca se congela y, por consiguiente, las calorías contenidas en el agua profunda pueden recuperarse para precalentar el agua inyectada dentro de los tubos de los montajes de flotador. En una realización preferida de la invención, el sistema comprende un bucle de inyección de agua primario que está aislado hidráulicamente de un bucle de calentamiento secundario.

55 En esta configuración, una o múltiples bombas de agua secundarias **640** están configuradas para bombear agua profunda desde el cuerpo de agua. Las calorías del agua profunda se transfieren al bucle de inyección primario a través de un intercambiador de calor **642**. Para sitios muy fríos sujetos a largos períodos de hielo, el intercambiador de calor **642** puede reemplazarse por un sistema de bomba de calor de agua a agua para aumentar aún más la temperatura del agua inyectada dentro de los tubos de los montajes de flotador.

60 El puerto de suministro de agua profunda puede estar equipado con un filtro grueso **644** y se pueden instalar filtros más finos en el lado de entrada de las bombas de agua. En otra realización de la invención, el bucle de inyección primario puede configurarse como un sistema de bucle cerrado con la bomba o bombas primarias conectadas directamente al puerto de suministro de agua profunda. En otra realización preferida más de la invención, un depósito

de agua **642** puede utilizarse para aislar parcialmente el bucle de inyección primario del bucle de precalentamiento secundario.

5 En esta última configuración, no se requiere intercambiador de calor ya que el depósito de agua actúa como una botella de mezcla y un tanque de sedimentos. En todas las realizaciones de la invención, el sistema de control comprende un sistema de control electrónico **601** que controla las bombas de agua y las válvulas de manera automatizada.

10 El sistema de control electrónico **601** calcula la posición del sol durante el transcurso del día y ajusta el volumen de agua inyectada dentro de cada tubo de los montajes de flotador para orientar los módulos solares hacia el sol. En una realización preferida de la invención, el sistema de control **601** utiliza un algoritmo de bucle abierto para ajustar el volumen de agua inyectada dentro de los tubos de los montajes de flotador de acuerdo con la función de transferencia cinética del sistema.

15 Se pueden instalar sensores de flujo en las líneas de agua para medir el volumen de agua inyectado o evacuado de cada tubo. En otra realización de la invención, se puede montar un sensor de inclinación en un montaje de flotador para medir el ángulo de rotación y operar el sistema de control electrónico **601** en una configuración de control de bucle cerrado.

20 En otra realización preferida más de la invención, las cavidades internas de los tubos de los montajes de flotador pueden configurarse para ubicarse normalmente debajo de la superficie del agua y, por consiguiente, llenarse de forma natural con agua por las fuerzas de gravedad.

25 La Figura 8 muestra un ejemplo de dicha realización de la invención. En este ejemplo, los dos elementos de tubo superiores **101** & **104** están flotando sobre el cuerpo de agua **700** y el elemento de tubo inferior **102** está completamente sumergido en agua.

30 Para esta realización de la invención, el sistema de control está equipado con bombas de aire en lugar de bombas de agua para llenar los tubos de los montajes de flotador con aire y expulsar el agua.

35 En el ejemplo ilustrado en la Figura 8, el montaje de flotador rota hacia la dirección sur a medida que la flotabilidad del elemento de tubo inferior **102** aumenta cuando está parcial o totalmente lleno de aire. En dicha realización de la invención, se pueden conectar tubos cortos de extremo abierto a los conectores de línea de agua **122** que están ubicados abajo de las tapas de extremo de tubo de los tubos de flotador. Estos tubos de extremo abierto permiten que el agua entre y salga de los tubos de flotador cuando el sistema de control ajusta la presión del aire dentro de la cavidad interna del tubo.

40 En una realización preferida de la invención, el sistema de control está conectado a sensores de temperatura para monitorizar la temperatura exterior del aire y la temperatura superficial del agua. Cuando estas temperaturas medidas caen por debajo de umbrales predefinidos, el sistema de control activa un modo de funcionamiento especial de mitigación de hielo para impedir la formación de hielo en las líneas de agua y en las cavidades internas de los tubos de los montajes de flotador.

45 En el caso específico del diseño de flotador a modo de ejemplo ilustrado en la Figura 1A, se puede utilizar el siguiente modo de funcionamiento de mitigación de hielo: etapa 1) vaciar los 2 tubos superiores, etapa 2) activar el sistema de precalentamiento, etapa 3) bombear continuamente agua precalentada en los 2 tubos inferiores de los montajes de flotador. Este modo de funcionamiento de mitigación de hielo se puede adaptar fácilmente dependiendo del número de tubos utilizados en cada montaje de flotador utilizando un enfoque similar.

50 En otra realización preferida más de la invención, el sistema de control también puede activar un modo de funcionamiento diferente para evacuar mecánicamente la nieve de la superficie de los módulos solares. El sistema de control puede estar equipado con un sensor de nieve o puede recibir una orden de un operador o un servidor externo para activar este modo especial de gestión de nieve.

55 Cuando este modo especial de gestión de nieve está activo, el sistema de control puede rotar rápidamente los montajes de flotador hasta su límite de rotación angular extremo (izquierdo o derecho). Las capas gruesas de nieve normalmente caen de forma natural por la fuerza de gravedad cuando los módulos solares se inclinan en un ángulo superior a ~30°. Este modo especial de gestión de la nieve permite de forma única la instalación segura del sistema solar flotante de la invención en cuerpos de agua que están expuestos a nevadas.

60 En una realización preferida de la invención, el sistema de control está conectado a un instrumento sensor de viento y cuando la velocidad del viento medida supera un umbral definido, los montajes de flotador se mueven a una posición de ángulo de rotación de 0 grados (horizontal a lo largo de la dirección este-oeste).

65 Para mejorar más la resistencia del sistema a vientos extremos, algunos o todos los tubos de los montajes de flotador pueden llenarse parcial o totalmente con agua de manera simétrica. En esta configuración específica, los montajes de

flotador se mantienen en una posición de ángulo de rotación de 0 grados y se hunden parcialmente en el agua, lo que induce una reducción de sus coeficientes de resistencia al viento y limita las fuerzas transferidas por las líneas de anclaje del sistema a las cimentaciones.

5 En otra realización preferida más de la invención, el sistema de control puede estar equipado con otro modo de funcionamiento especial para llenar completamente todos los tubos de los montajes de flotador y luego parar las bombas. Este modo de funcionamiento especial puede utilizarse para instalaciones en sitios tales como depósitos de retención de agua. Cuando el depósito de retención de agua está vacío, este modo de funcionamiento especial puede activarse para lastrar sobre el terreno los montajes de flotador y continuar haciendo funcionar la planta en una posición
10 fija.

La Figura 8 muestra una vista lateral de un montaje de flotador de seguidor flotante de acuerdo con otra realización de la invención dispuesto para soportar un conjunto de módulos solares fotovoltaicos **300**. Comprende tres elementos de tubo hueco, es decir, dos elementos de tubo superiores **101** y **104** (que forma el plano general **P**), y un elemento
15 de tubo inferior **102**. Los elementos de tubo **101**, **102** y **104** están conectados entre sí por $N + 1$ montajes de marco **200** que tiene una forma disimétrica (con respecto al eje principal) para sujetar los módulos solares con un ángulo inclinado α , por ejemplo, con una forma de ángulo sustancialmente en "V", estando los tubos superiores fijados a dichas ramificaciones, por ejemplo, para uno (**101**) en una parte externa intermedia de una primera ramificación de la "V" y para el otro (**104**) en la parte de extremo de la segunda ramificación de la "V". Debido a la disimetría con respecto
20 al punto central **M**, y cuando el tubo inferior está lleno de aire, por ejemplo, la presión de la fuerza **F** genera la rotación (flecha en la figura) y, por lo tanto, la variación de la inclinación del panel fotovoltaico **300**.

La invención se ha descrito con referencia a diversas realizaciones y técnicas específicas y preferidas. Sin embargo, debe entenderse que pueden realizarse variaciones y modificaciones permaneciendo dentro del alcance de la
25 invención. Esta invención no debe estar limitada por las realizaciones divulgadas, incluyendo cualquiera mostrada en los dibujos o ejemplificada en la memoria descriptiva, que se dan a modo de ejemplo o ilustración y no de limitación. El alcance de la invención solo estará limitado por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un montaje de flotador de seguidor solar (1000) que tiene un soporte que se extiende a lo largo de un eje principal de rotación longitudinal y que comprende al menos un elemento de tubo flotante alargado (101-104) que se extiende a lo largo de y/o paralelo a dicho eje principal de rotación longitudinal, teniendo dicho elemento de tubo flotante al menos una cavidad interna,
- 10 al menos un conjunto de módulos solares fotovoltaicos (300) orientado en un ángulo con respecto a dicho eje principal de rotación longitudinal y conectado rígidamente a dicho soporte del montaje de flotador de seguidor,
- 15 en donde el montaje de seguidor solar comprende una pluralidad de elementos de tubos flotantes (101-104) dispuestos simétrica y longitudinalmente a lo largo de dicho eje principal de rotación longitudinal o en donde dicho elemento de tubo flotante comprende múltiples cavidades (113) dispuestas radial y/o regularmente alrededor de dicho eje principal de rotación longitudinal que se va a llenar o vaciar con aire para introducir o expulsar agua para su rotación sobre dicho eje principal de rotación longitudinal y
- 20 un sistema de control (600) que comprende medios de bombeo de aire y un controlador electrónico dispuesto para controlar dichos medios de bombeo de aire,
- 25 obteniéndose el llenado y vaciado del agua mediante inyección o retirada de aire a través de dichos medios de bombeo de aire, introduciéndose el agua por gravedad o siendo expulsada por la presión del aire para rotar el montaje de seguidor solar flotante sobre dicho eje principal de rotación longitudinal entre una posición máxima dirigida a la derecha y una posición máxima dirigida a la izquierda.
- 30 2. El montaje de flotador de seguidor solar de la reivindicación 1, en donde los módulos solares fotovoltaicos (300) están orientados en un pequeño ángulo inclinado $< 20^\circ$ con respecto a dicho eje principal de rotación longitudinal.
- 35 3. El montaje de flotador de seguidor solar flotante de la reivindicación 1, en donde los módulos solares fotovoltaicos (300) están orientados en un ángulo igual a 0° con respecto a dicho eje principal de rotación longitudinal.
- 40 4. El montaje de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde comprende dos planos paralelos de dos elementos de tubo paralelos (101-104), estando dichos planos conectados rígidamente entre sí y estando dichos elementos de tubo paralelos dispuestos simétricamente a lo largo del eje principal de rotación longitudinal y en desviación con respecto a los elementos de tubo del otro plano.
- 45 5. El montaje de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde algunos de los elementos de tubo (101-104) son tubos parcial o completamente huecos que tienen al menos una cavidad interna (113, 115, 116, 117) para llenarse o vaciarse con aire para introducir o expulsar agua para rotar sobre dicho eje principal de rotación longitudinal entre dicha posición máxima dirigida a la derecha y dicha posición máxima dirigida a la izquierda.
- 50 6. El montaje de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde, en posición de flotar en el agua, el montaje está configurado para tener algunas de sus cavidades (113) para ubicarse normalmente debajo de la superficie del agua, en donde están dispuestos para llenarse de forma natural con agua por gravedad en ausencia de suficiente contrapresión de aire en dichas cavidades debido a la retirada de aire a través de dichos medios de bombeo de aire.
- 55 7. El montaje de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 6, en donde comprende además bombas de agua (610) para inyectar y/o retirar agua dentro de al menos algunas de dichas cavidades internas.
- 60 8. El montaje equipado con un número (N) de módulos solares (300), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde comprende dos elementos de tubo superiores (101, 104) dispuestos simétricamente con respecto a dicho eje principal de rotación longitudinal y un elemento de tubo inferior (102), estando dichos elementos de tubo conectados rígidamente entre sí a través de N+1 montajes de marco (200) que tienen una forma disimétrica con respecto a dicho eje principal de rotación longitudinal para sujetar los módulos solares con un ángulo y generar la rotación de dichos paneles fotovoltaicos cuando el tubo inferior está lleno o no está lleno de aire.
- 65 9. El montaje de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde comprende además un sistema de calentamiento (642) para precalentar el agua para llenar las cavidades.
10. El montaje de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el sistema de control (600) está dispuesto para calcular la posición del sol durante el transcurso del día y ajustar el volumen de aire inyectado o retirado dentro de cada cavidad de los elementos de tubo, para orientar los módulos solares hacia el sol.
11. El montaje de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde cada elemento de tubo flotante comprende una superficie externa (110), un núcleo en forma de anillo (111) y una superficie interna (112), siendo dicho núcleo en forma de anillo de material ligero tal como poliestireno o espuma de poliuretano, y/o lleno con latas o esferas

cilíndricas llenas de aire (114) u otro material que flota.

- 5 12. El montaje de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde cada elemento de tubo flotante está parcialmente lleno con uno o múltiples recipientes llenos de aire (115) u otro material que flota.
13. Un sistema de seguidor solar flotante que comprende una pluralidad de montajes de flotador de seguidor solar de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde comprende medios de anclaje (540, 550) para anclarse sobre el terreno.
- 10 14. El sistema de acuerdo con la reivindicación 13, en donde cada uno de dichos montajes de flotador de seguidor solar está conectado longitudinalmente a uno adyacente.
- 15 15. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 13 y 14, en donde comprende además un sistema de seguridad para llenar o vaciar automáticamente los elementos de tubo para proporcionar un ángulo de rotación de 45° o más hacia la derecha o izquierda en caso de nieve, y/o de vuelta a una posición horizontal (0°) en caso de viento fuerte.
- 20 16. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 13 a 15, en donde comprende además un sistema de seguridad para autorizar el llenado automático con agua de las cavidades internas de los elementos de tubo de manera simétrica para hundir parcialmente en el agua los montajes de flotador y reducir sus coeficientes de resistencia al viento en caso de viento fuerte.
- 25 17. El sistema de seguidor solar flotante de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 13 a 16, en donde cada tubo flotante (101 - 104) está conectado a una línea de agua (122) en serie con al menos uno otro de dichos tubos flotantes en su parte inferior.
18. El sistema de seguidor solar flotante de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 13 a 17, en donde cada tubo flotante está conectado a una línea de aire (121) en serie con los otros tubos flotantes en su parte superior.

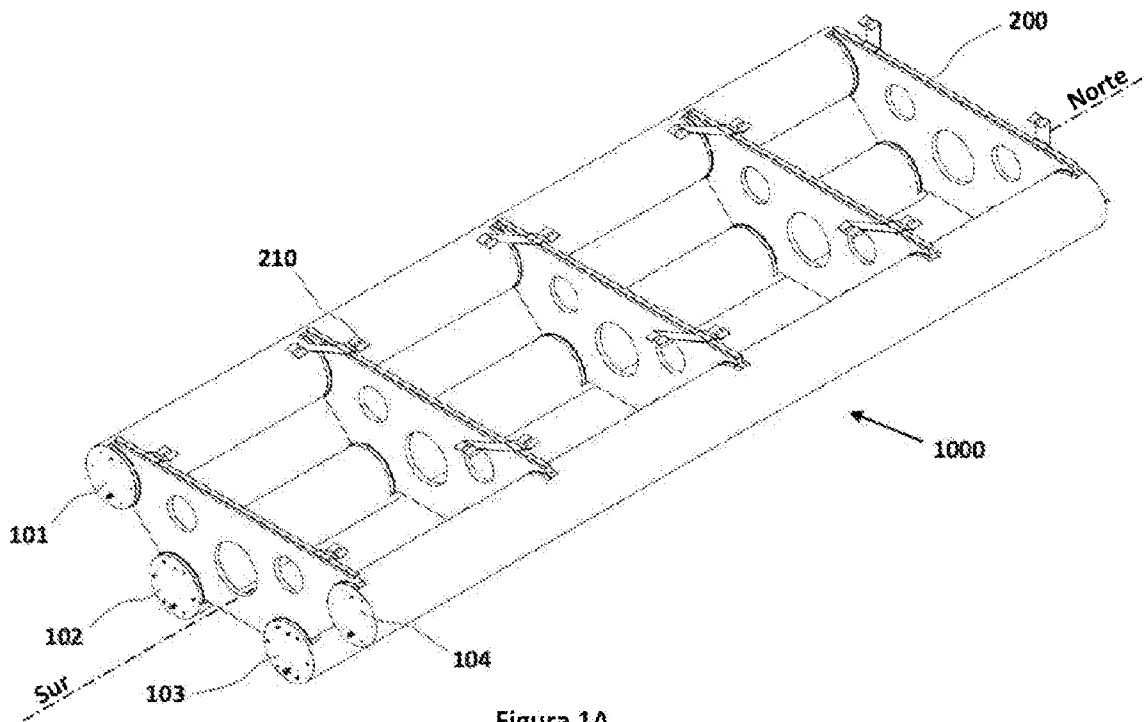


Figura 1A

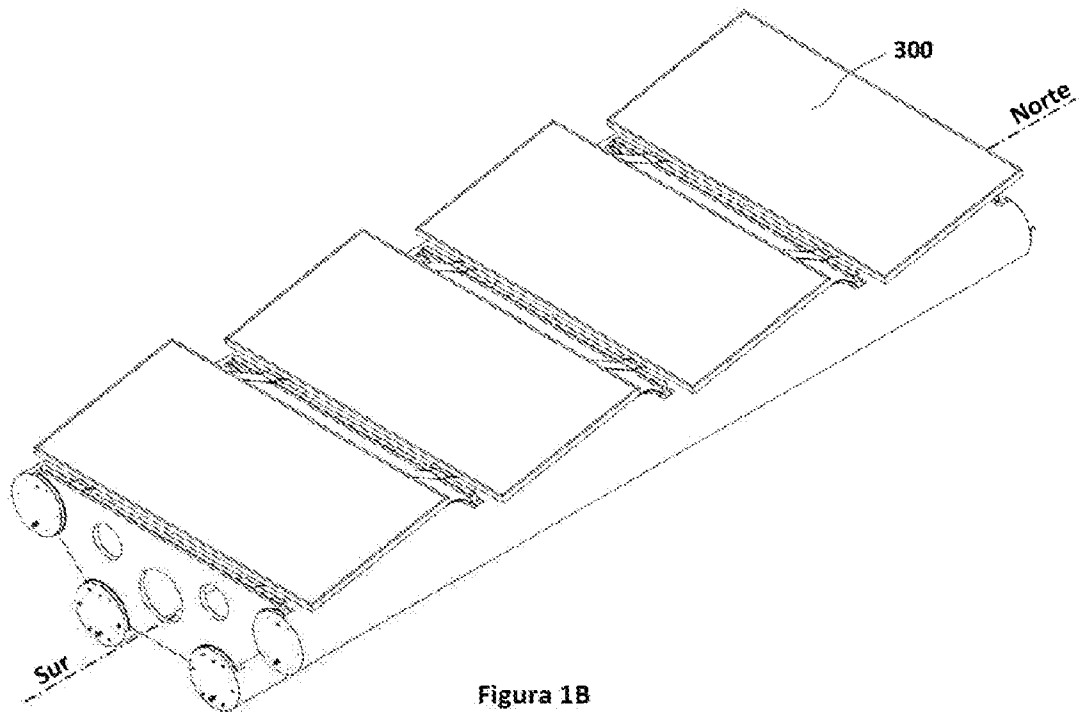


Figura 1B

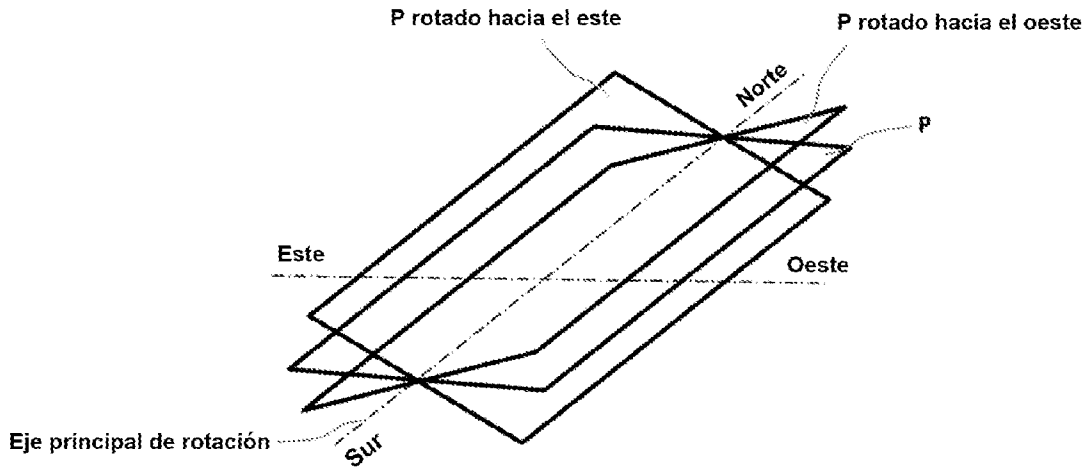


Figura 2A

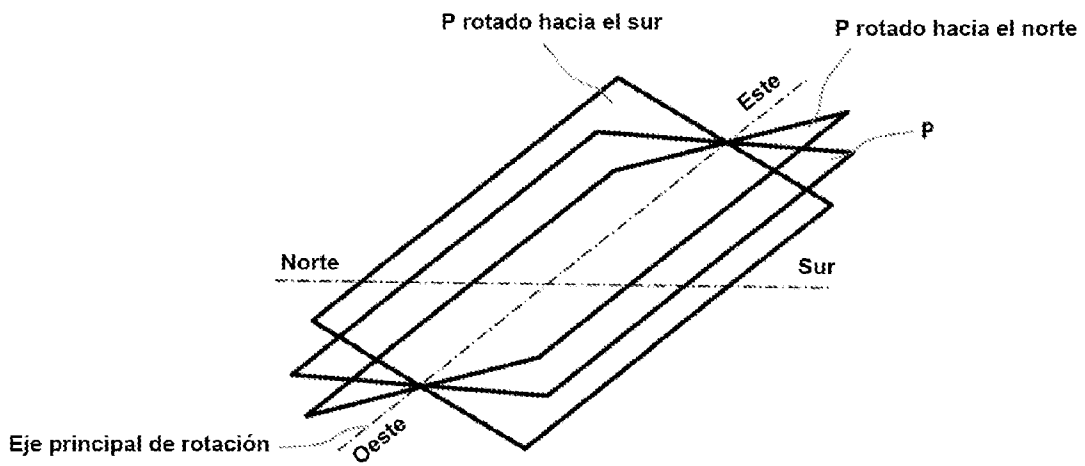


Figura 2B

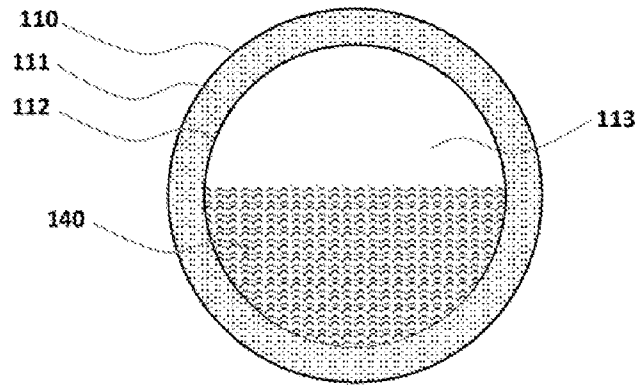


Figura 3A

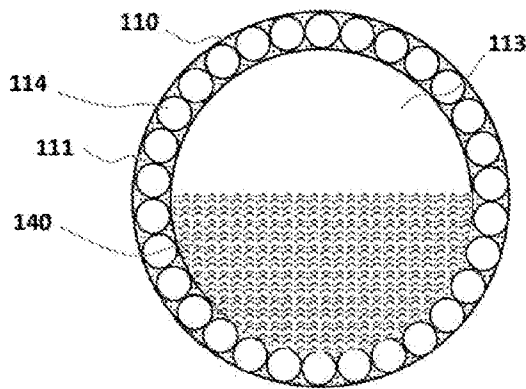


Figura 3B

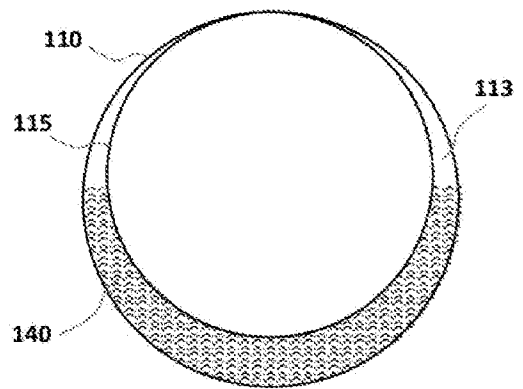


Figura 3C

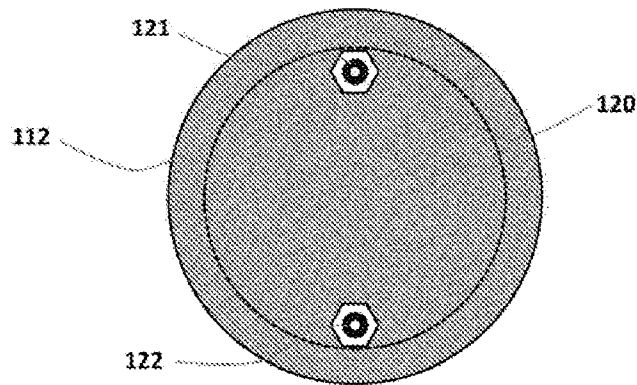


Figura 3D

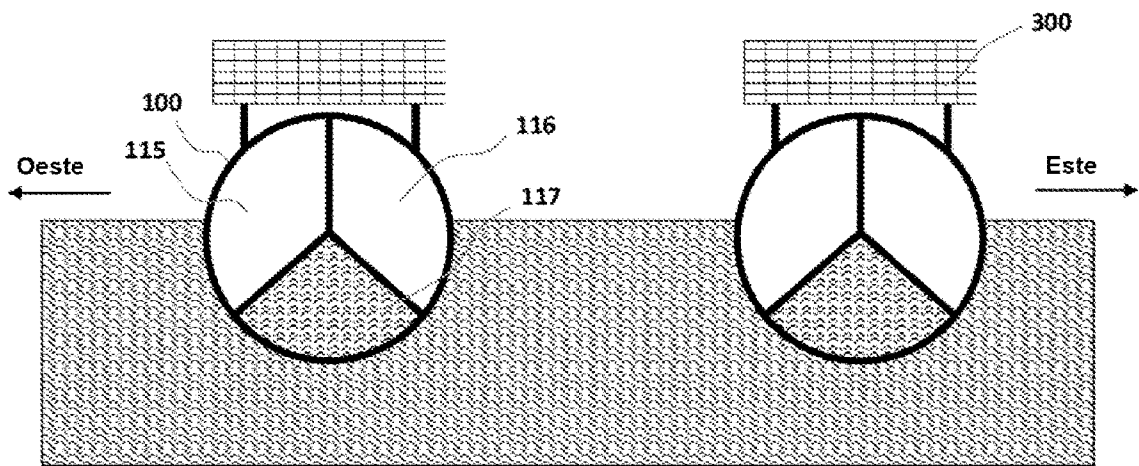


Figura 4A

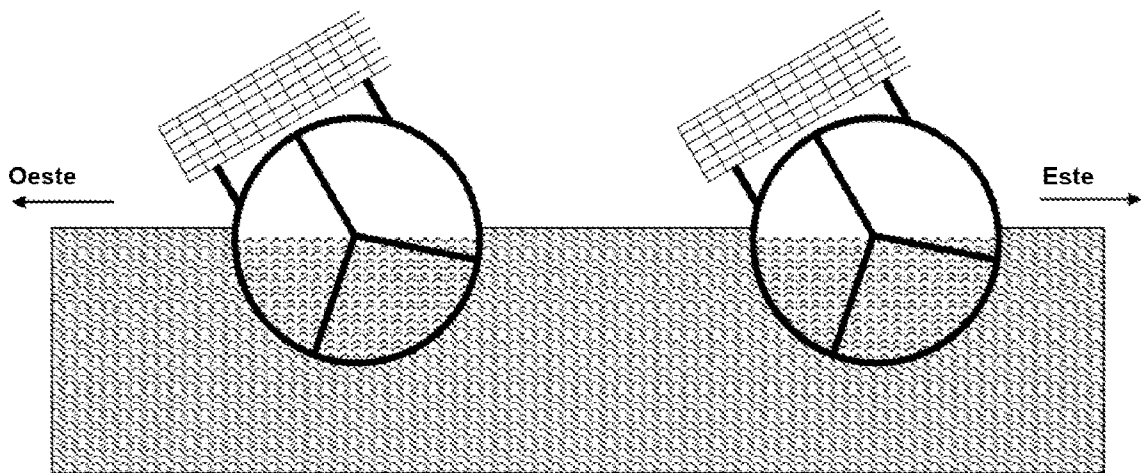


Figura 4B

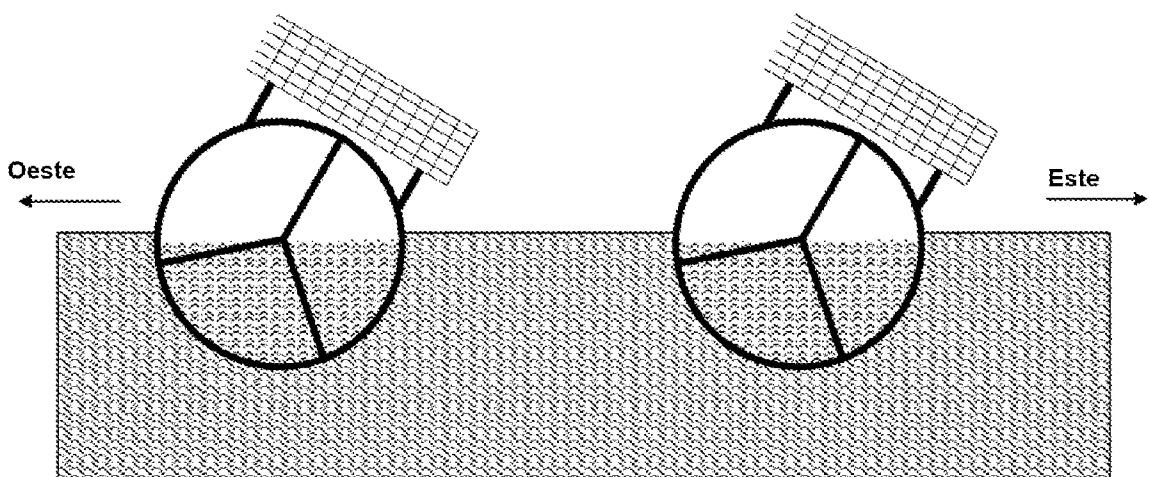


Figura 4C

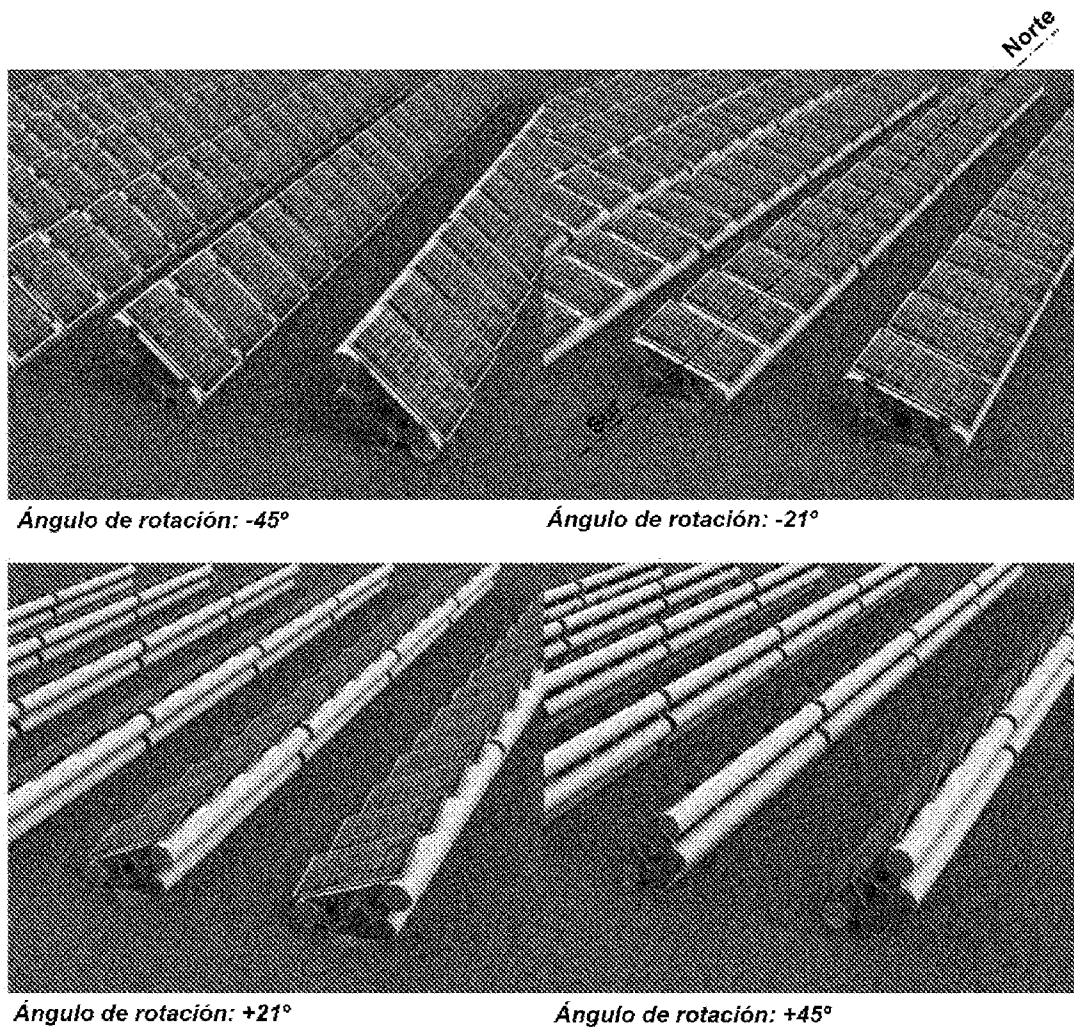
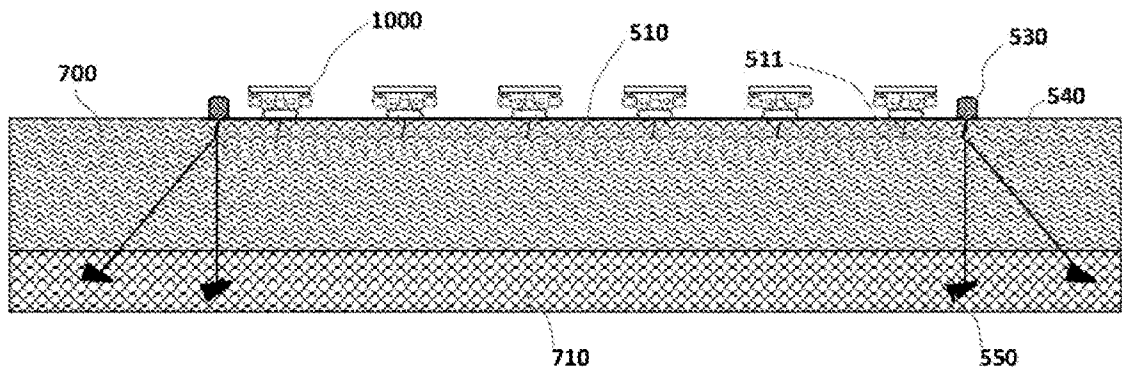
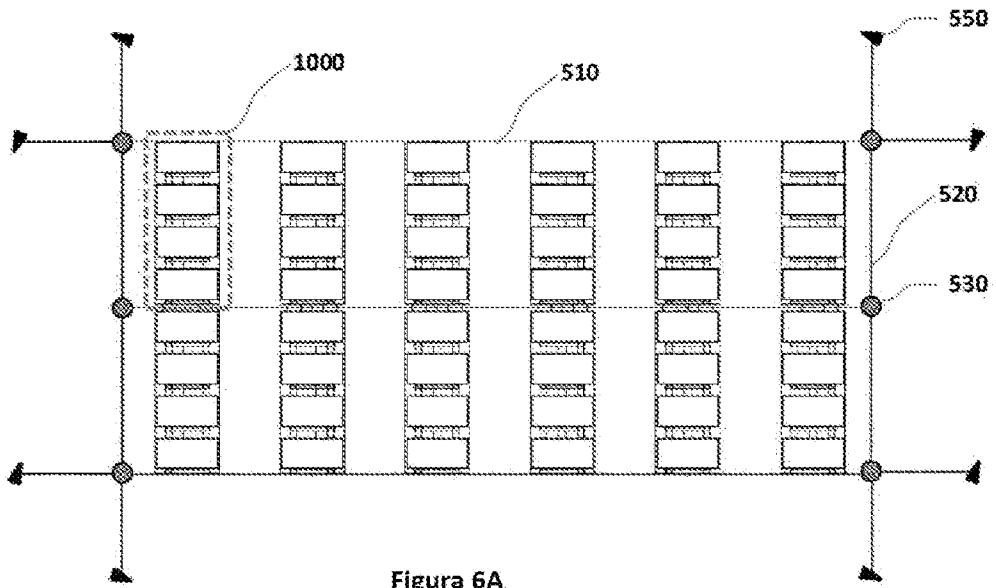
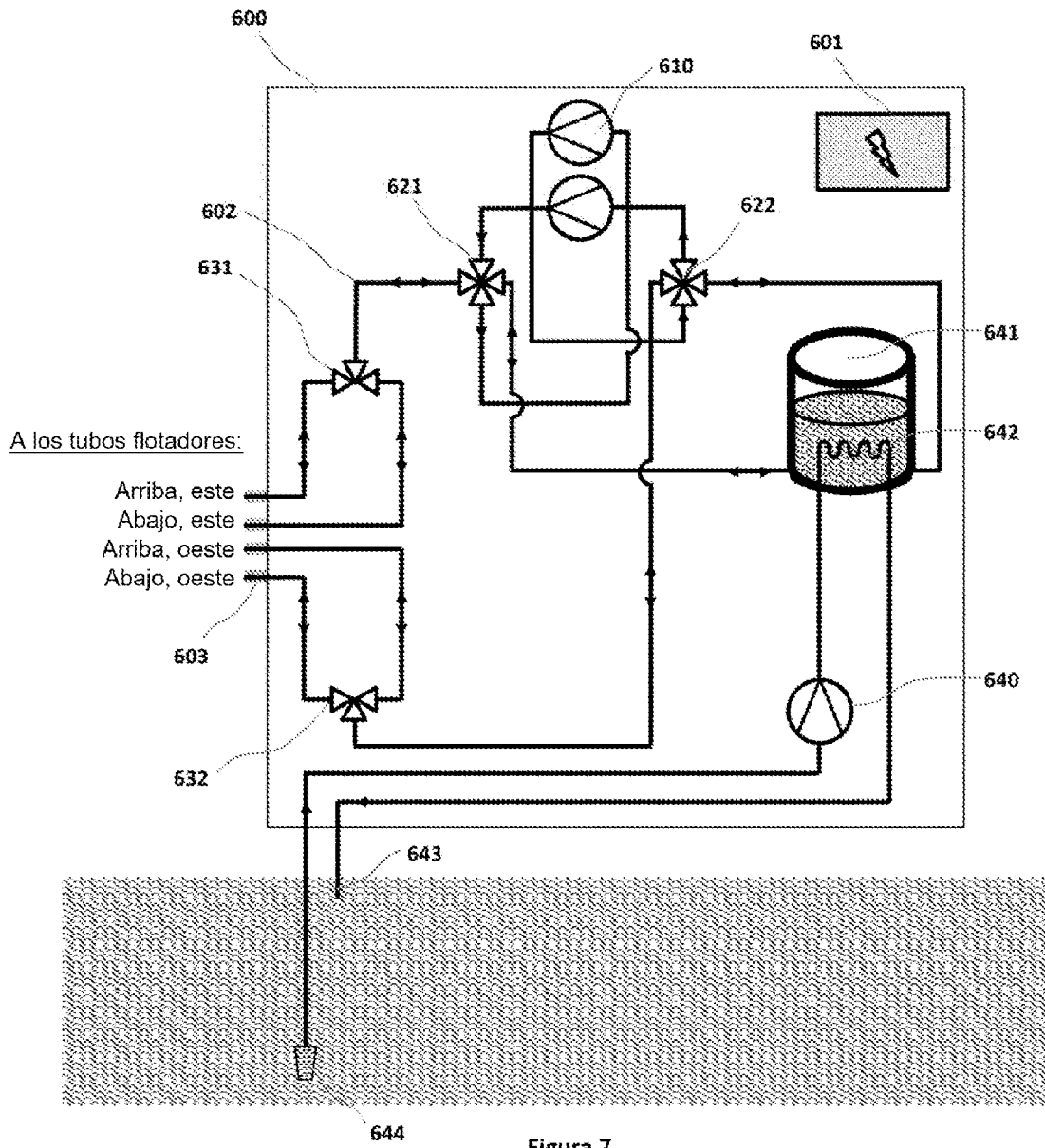


Figura 5





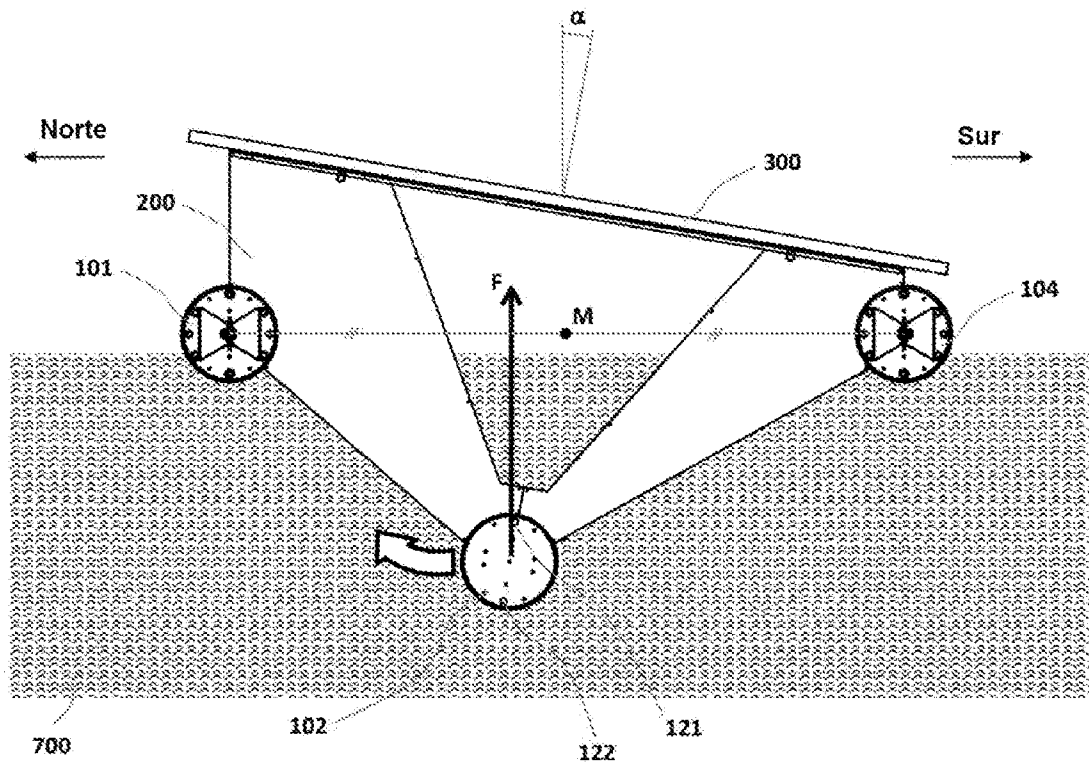


Figura 8