

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 685 073**

51 Int. Cl.:

F03G 7/00 (2006.01)

B01D 61/06 (2006.01)

B01D 61/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.12.2010 PCT/US2010/059233**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.06.2011 WO11071882**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.12.2010 E 10830934 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.08.2018 EP 2510232**

54 Título: **Método y aparato para generación de potencia osmótica**

30 Prioridad:

07.12.2009 US 267146 P
07.12.2010 US 961776

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.10.2018

73 Titular/es:

**FLUID EQUIPMENT DEVELOPMENT COMPANY,
LLC (100.0%)**
800 Ternes Drive
Monroe, Michigan 48162, US

72 Inventor/es:

OKLEJAS, ELI

74 Agente/Representante:

TEMIÑO CENICEROS, Ignacio

ES 2 685 073 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

Método y aparato para generación de potencia osmótica

5 Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

La presente solicitud reivindica la prioridad de la solicitud de Estados Unidos n.º 12/961.776 presentada el 7 de diciembre de 2010, y reivindica el beneficio de la solicitud provisional de Estados Unidos n.º 61/267.146 presentada el 7 de diciembre de 2009.

10 Campo técnico

La presente divulgación se refiere, en general, a sistemas de generación de potencia de ósmosis y, más específicamente, a un método y un aparato para mejorar la eficiencia de un sistema de generación de potencia osmótica.

Antecedentes

Las declaraciones en esta sección simplemente proporcionan una información de antecedentes relacionada con la presente divulgación y puede que no constituyan la técnica anterior. Producir formas alternativas de energía que no dependan de los combustibles fósiles continúa siendo un objetivo importante para los productores de energía. La energía eólica, solar e hidroeléctrica son importantes fuentes de energía alternativa. La generación de potencia osmótica es otra forma de producción de energía alternativa que se ha vuelto más interesante últimamente. La generación de potencia osmótica usa principios osmóticos que se producen a través de una membrana semipermeable. Cuando un fluido bajo en sólidos disueltos totales (TDS), tal como agua de río, se coloca en un lado de la membrana y un segundo fluido más alto en sólidos disueltos totales, tal como agua de mar, se coloca en el segundo lado de la membrana, el flujo a través de la membrana continuará hasta que se haya igualado la cantidad de sólidos disueltos totales en cada lado de la membrana. Es decir, el flujo del fluido bajo en sólidos disueltos totales en la membrana aumenta la presión a través de la membrana. La presión a través de la membrana es igual a la diferencia en la presión osmótica. Para permitir que se produzca un flujo a través de la membrana, la diferencia de presión debe ser menor que la presión osmótica. Para obtener un caudal razonable, la diferencia de presión debe ser sustancialmente menor que la presión osmótica.

En el estado de la técnica se conocen bien los sistemas de generación de potencia osmótica, que comprenden una cámara de membrana que tiene una membrana semipermeable en la misma que define una primera parte y una segunda parte en la misma. En estos, una primera bomba envía un primer fluido a la primera parte, una segunda bomba envía un segundo fluido a la segunda parte, teniendo dicho segundo fluido una concentración más alta de sólidos disueltos totales que el primer fluido. Un dispositivo de recuperación de energía de segunda parte está en comunicación de fluidos con la segunda parte y un generador de potencia está en comunicación con el dispositivo de recuperación de energía de segunda parte y genera potencia eléctrica en respuesta al dispositivo de recuperación de energía de segunda parte y la presión en la segunda parte. Los sistemas de generación de potencia osmótica con estas características se describen, por ejemplo, en los documentos WO 2007/134226 A1, WO 00/47303, WO 2007/033675 A1, US 4.177.146 y JP 2003-176775 A.

Sumario

Esta sección proporciona un sumario general de la divulgación.

La presente divulgación proporciona sistemas usados para recuperar la energía hidráulica del flujo osmótico con mínimos costes de equipo para maximizar la eficiencia del proceso.

En un aspecto de la invención, un sistema de generación de potencia osmótica incluye una cámara de membrana que tiene una membrana semipermeable en la misma que define una primera parte y una segunda parte en la misma. El sistema también incluye una primera bomba que envía un primer fluido a la primera parte y una segunda bomba que envía un segundo fluido a la segunda parte. El segundo fluido tiene una concentración más alta de sólidos disueltos totales que el primer fluido. Un dispositivo de recuperación de energía de segunda parte está en comunicación de fluidos con la segunda parte. Un generador de potencia está en comunicación con el dispositivo de recuperación de energía de segunda parte que genera potencia eléctrica en respuesta al dispositivo de recuperación de energía de segunda parte y la presión en la segunda parte.

En otro aspecto de la invención, un método de generación de potencia osmótica en una cámara de membrana con una membrana semipermeable en la misma que define una primera parte y una segunda parte en la misma incluye enviar un primer fluido a la primera parte y enviar un segundo fluido a la segunda parte. El segundo fluido tiene una concentración más alta de sólidos disueltos totales que el primer fluido. El método también incluye generar presión osmótica en la segunda parte, enviar fluido desde la segunda parte a un dispositivo de recuperación de energía de segunda parte en respuesta a la presión osmótica y generar potencia en un generador de potencia en respuesta al envío del fluido desde la segunda parte a un dispositivo de recuperación de energía de segunda parte.

Otras áreas de aplicabilidad serán evidentes a partir de la descripción proporcionada en el presente documento. La descripción y los ejemplos específicos en este sumario están destinados solo a fines ilustrativos y no pretenden limitar el alcance de la presente divulgación.

5 Dibujos

Los dibujos descritos en el presente documento solo tienen fines de ilustración y no pretenden limitar el alcance de la presente divulgación de ninguna manera.

- 10 La figura 1 es una vista en diagrama de bloques de un primer sistema de acuerdo con una primera realización de la presente divulgación.
 La figura 2 es un diagrama de flujo de un método para operar el sistema de la figura 1.
 La figura 3 es una vista en diagrama de bloques de una realización de la técnica anterior de un sistema respectivo útil para la comprensión de la presente invención.
 15 La figura 4 es un diagrama de flujo de un método para operar el sistema ilustrado en la figura 3.

Descripción detallada

20 La siguiente descripción es de naturaleza meramente ejemplar. Con fines de claridad, se usarán los mismos números de referencia en los dibujos para identificar elementos similares. Tal como se usa en el presente documento, la frase al menos uno de entre A, B y C debe interpretarse en el sentido de una lógica (A o B o C) que usa un OR lógico no exclusivo. Debe entenderse que las etapas dentro de un método pueden ejecutarse en diferente orden sin alterar los principios de la presente divulgación.

25 Haciendo referencia ahora a la figura 1, se ilustra un sistema de generación de potencia osmótica 10. Una cámara de membrana 12 incluye una membrana 14 en la misma. La membrana 14 divide la cámara de membrana 12 en una primera parte 16 y una segunda parte 18. La primera parte 16 es una parte de sólidos disueltos totales en agua dulce o baja. La segunda parte 18 es una parte de sólidos disueltos totales en agua de mar o más alta. La concentración de sólidos disueltos totales en la segunda parte 18 es más alta que la de los sólidos disueltos totales en la primera parte 16. La membrana 14 permite que el fluido bajo en sólidos disueltos totales pase a través de la membrana en la dirección de las flechas 20 y aumente la presión dentro de la segunda parte 18. En la presente divulgación, el agua dulce se usará indistintamente con un fluido bajo en sólidos disueltos totales y el agua de mar se usará indistintamente con un fluido más alto en sólidos disueltos totales.

35 La primera parte 16 de la cámara de membrana 12 incluye una entrada 22 y una salida 24. La segunda parte 18 de la cámara de membrana 12 incluye una entrada 26 y una salida 28.

40 Un depósito de agua dulce 30 se usa para proporcionar agua dulce a la entrada 22 de la primera parte 16. Una bomba 32 se usa para bombear agua dulce desde el depósito de agua dulce 30 a través de un filtro de pretratamiento 34 y a la entrada 22 de la primera parte 16. El filtro de pretratamiento 34 puede filtrar al menos algo de suciedad u otras impurezas que entran en la primera parte 16 de la cámara 12. Cabe señalar que no toda la suciedad e impurezas pueden eliminarse usando el filtro de pretratamiento 34 como se describe a continuación.

45 Se proporciona agua de mar a la segunda parte 18 de la cámara de membrana 12 desde un depósito de agua de mar 40. Una bomba 42 bombea el agua desde el depósito de agua de mar a través de un filtro de pretratamiento 44 y en la entrada 26 de la segunda parte 18 de la cámara de membrana 12.

50 El exceso de agua dulce desde la primera parte 16 de la cámara de membrana 12 se elimina a través de la salida 24. La salida 24 puede estar en comunicación con un dispositivo de recuperación de energía tal como una turbina 50. La turbina 50 puede usarse para convertir parte de la energía hidráulica en el fluido de agua dulce procedente de la salida 24 en energía mecánica. El fluido de salida de la turbina 50 puede enviarse a un drenaje 52.

55 Una parte del agua procedente de la salida 24 puede hacerse recircular por una bomba de recirculación 82 de vuelta a la entrada 22 para mejorar la velocidad del flujo en la primera parte 16 para reducir la acumulación de impurezas en la membrana 14. El flujo de la bomba 82 puede controlarse por una válvula 84. El flujo también puede controlarse por el tamaño de tubería u otro dispositivo de restricción. La bomba 82 también puede estar en el árbol común 80.

60 El agua de mar puede extraerse de la segunda parte 18 de la cámara 12 a través de la salida 28 que está en comunicación de fluidos con un dispositivo de recuperación de energía, tal como una turbina 60. Por lo tanto, la energía hidráulica del agua de mar puede convertirse en energía mecánica. La salida de la turbina 60 puede enviarse a un drenaje 62.

65 Un motor 70 que está en comunicación con una unidad de frecuencia variable regenerativa (REG VFD) 72 puede usarse para accionar el motor 70 que también puede actuar como un generador. Este puede denominarse motor/generador. Un controlador 74 puede controlar el funcionamiento del motor 70 y controlar la conmutación a un generador en función de la velocidad del motor. Puede generarse una señal de velocidad en el motor o un sensor en

el mismo o en el árbol 80 para usarlo como una determinación de cuándo conmutar el motor a un modo general.

Un árbol común 80 puede extenderse entre al menos algunos de los diversos componentes 32, 42, 50, 60, 70. Por ejemplo, el árbol 80 puede extenderse entre todos los componentes, incluyendo la bomba 32, la bomba 42, la turbina 50, la turbina 60 y el motor 70.

Durante el funcionamiento, el motor 70 puede activarse para hacer que giren el árbol 80 y las bombas 32, 42 y las turbinas 50, 60. Se proporciona agua dulce del depósito en la primera parte 16 de la cámara de membrana 12 mientras que, simultáneamente, se proporciona agua de mar desde el depósito de agua de mar 40 a la segunda parte 18 de la cámara de membrana 12. Parte del agua dulce en la primera parte 16 permea a través de la membrana 14 en la segunda parte 18. El exceso de agua dulce acciona la turbina 50. El flujo procedente de la salida 28 es igual al flujo a través de la entrada 26 más el flujo de membrana 20. Este flujo combinado acciona la turbina 60. Las turbinas 50 y 60 hacen girar el árbol 80.

El flujo de agua dulce a través de la bomba 32 supera el flujo a través de la membrana 14 de manera que la suciedad y otras impurezas pueden arrastrarse a través de la salida 24.

El motor 70 hace funcionar el árbol 80 hasta que ha alcanzado una velocidad predeterminada. Después de que se ha alcanzado la velocidad predeterminada, la energía hidráulica en la salida de agua de mar 28 supera los requisitos de potencia de las bombas 32 y 42. El motor 70 se convierte así en un generador para absorber el exceso de potencia del árbol y convertir la energía de rotación en energía eléctrica usando la unidad de frecuencia variable regenerativa 72. La turbina 60 y la bomba 44 se ajustan para proporcionar la presión en la segunda parte 18 según sea necesario para obtener el flujo de membrana deseado 20.

Aspectos del uso de un árbol común incluyen la capacidad de transferir potencia entre todos los componentes hidráulicos para eliminar las pérdidas de energía de la conversión a electricidad y de nuevo a potencia mecánica para cada bomba o turbina. La unidad de frecuencia variable regenerativa permite que el motor arranque el sistema pero, a continuación, se convierte en un generador tan pronto como la salida de las turbinas 50, 60 supera la absorción de potencia de las bombas 32, 42.

Haciendo referencia ahora a la figura 2, se establece un método para operar el sistema. En la etapa 210, se envía agua dulce con baja concentración de sólidos disueltos totales al primer lado de la membrana en respuesta al árbol 80 que gira bajo el control del motor que actúa como un motor. En la etapa 212, se envía agua de mar con alta concentración de sólidos disueltos totales al segundo lado de la membrana en respuesta al árbol 80 que gira bajo el control del motor que actúa como un motor. El permeado de la primera parte de la cámara a la segunda parte de la cámara se produce a través de la membrana en la etapa 214. En la etapa 216, el exceso de agua dulce (que está por encima de la cantidad que pasa a través de la membrana) se envía a la turbina de agua dulce 32. En la etapa 218, el agua de mar se envía a la turbina de agua de mar 60 ilustrada en la figura 1. En la etapa 220, puede monitorizarse la velocidad de árbol del árbol 80 de la figura 1 para determinar si la cantidad de entrada de potencia en las turbinas es mayor que la cantidad de potencia requerida por las bombas. Esto puede hacerse monitorizando la velocidad del árbol 80. En la etapa 222, la energía se recupera en las turbinas haciendo girar el árbol 80. Cuando la velocidad de árbol aumenta más allá de los requisitos de potencia de las bombas, el motor 70 se convierte para funcionar como un generador que usa la unidad de frecuencia variable regenerativa cuando aumenta la velocidad de árbol.

Haciendo referencia ahora a la figura 3, se ilustra una técnica anterior de un sistema de generación de potencia osmótica 10'. En esta realización, la cámara de membrana 12 tiene los mismos componentes ilustrados con los mismos números de referencia. El sistema 10' es un sistema de funcionamiento discontinuo. El sistema también incluye el depósito de agua dulce 30 y el depósito de agua salada 40 ilustrados en la figura 1.

El depósito de agua dulce 30 está en comunicación con una bomba 310. La bomba 310 bombea fluido desde el depósito de agua dulce 30 a través del filtro de pretratamiento 34. La salida de la primera parte 16 de la cámara de membrana 12 se envía a través de un dispositivo de recuperación de energía tal como una turbina 312. La turbina 312 y la bomba 310 pueden tener un árbol común 314 que se extiende a su través. Puede usarse un motor 316 dispuesto en el árbol 314 para iniciar el proceso de bombeo 310. El motor 316 puede proporcionar una cantidad de energía para aumentar la salida de la bomba 310. Es decir, el motor 316 suministra suficiente energía para compensar la diferencia de potencia entre la turbina 312 y la entrada a la bomba 310. El agua de la turbina puede drenarse a través de un drenaje 317.

Una parte del agua procedente de la salida 24 de la primera parte 24 puede hacerse recircular usando una bomba de recirculación 318. La salida de la bomba de recirculación 318 se envía con la entrada 22 de la primera parte 16. La cantidad de flujo a la bomba puede regularse por una válvula 319 o a través del dimensionamiento de tuberías. La bomba 318 puede accionarse por el árbol 314.

El depósito de agua de mar 40 está en comunicación con una bomba 320 que se acciona por un motor 322. La bomba 320 envía agua de mar desde el depósito de agua de mar 40 a través del filtro de pretratamiento 44 a una

válvula discontinua 330. La bomba 320 elimina la salmuera del tanque 340 y, por lo tanto, proporciona una baja presión al tanque 340. La válvula discontinua 330 está en comunicación con la entrada 26 de la segunda parte 18 de la cámara de membrana 12 y un drenaje 370. El fluido de la segunda parte 18 y del tanque discontinuo 340 puede retirarse a través del drenaje 370.

5 La salida 28 de la segunda parte 18 de la cámara de membrana 12 está en comunicación de fluidos con un tanque discontinuo 340. El tanque discontinuo 340 está en comunicación de fluidos con una bomba de circulación 342 que puede accionarse por un motor 344. La válvula discontinua 330 puede cerrarse después de que se haya introducido una cantidad predeterminada de agua de mar en la segunda parte 18 de la cámara de membrana 12. Tras cerrar la
10 válvula discontinua que aísla el proceso discontinuo del depósito de agua de mar 40, la bomba de circulación 342 hace circular agua de mar del tanque discontinuo 340 en la dirección ilustrada por la flecha 346.

15 La salida 28 de la segunda parte 18 de la cámara de membrana 12 también está en comunicación con un dispositivo de recuperación de energía tal como una turbina 350. La turbina 350 convierte el exceso de energía provocado por el flujo de permeado a través de la membrana en energía (de rotación) mecánica. La turbina 350 puede accionar el motor 352 que actúa como un generador para generar electricidad a partir de la energía de rotación. Una unidad de frecuencia variable regenerativa 354 puede estar en comunicación con el motor 352 para convertir el motor 352 en un generador para generar potencia eléctrica.

20 Un caudalímetro 360 puede generar una señal de flujo que se comunica a la unidad de frecuencia variable regenerativa 354. La presión en el tanque discontinuo 340 y la segunda parte de membrana 18 será inicialmente alta debido a la elevada diferencia de sólidos disueltos totales (TDS) entre la primera parte de membrana 16 y la segunda parte de membrana 18. El agua dulce cruza la membrana 20 y un mismo volumen de agua sale a través de la salida 28 y pasa a través de la turbina 350. En consecuencia, la disminución de los sólidos disueltos totales en el
25 tanque discontinuo 340 y la segunda parte de membrana 18 da como resultado una reducción de presión. Cuando la presión en el tanque discontinuo 340 disminuye hasta el punto de que la turbina 350 no genera más energía útil, el caudalímetro 360 genera una señal que indica baja presión y el proceso puede iniciarse de nuevo con agua de mar fresca. La unidad de frecuencia variable regenerativa 354 puede reducir la velocidad de rotación de la turbina 350 para mantener el flujo desde la segunda parte 28 en respuesta a la señal de caudalímetro. El fluido que pasa a
30 través de la turbina 350 y el caudalímetro 360 puede pasar a través del drenaje 372.

Haciendo referencia ahora a la figura 4, el sistema opera en las dos primeras etapas de una manera similar a la figura 2 en la que se envía agua dulce a la primera parte de la cámara de membrana y se envía agua de mar a la
35 segunda parte de la cámara de membrana en la etapa 212. Las etapas 210 y 212 se realizan en respuesta a la operación de los motores 316 y 322 y las bombas 310 y 320, respectivamente. Durante la etapa 410, las válvulas 330 se colocan para permitir que el agua de mar fluya desde el filtro de pretratamiento a la segunda parte 18. En la etapa 410, el tanque discontinuo 340 ilustrado en la figura 3 se llena usando el motor 322 y la bomba 320 mientras purga agua del ciclo discontinuo anterior a través de la válvula 330 al drenaje 370. Después del llenado del tanque discontinuo, la válvula discontinua 330 se cierra en la etapa 412. En la etapa 414, se proporciona permeado a través de la membrana 14 en la segunda parte 18 de la cámara de membrana 12. El fluido procedente de la salida 24 se envía a la turbina 312 para proporcionar algo de potencia hidráulica para alimentar la bomba 310 en la etapa 416. La presión en la alimentación de agua dulce de la bomba de agua dulce 310 se aumenta usando la energía procedente de la turbina 312 en la etapa 418.

45 El fluido de salmuera procedente de la salida 28 se envía a la turbina 350 en la etapa 420. La energía puede recuperarse en la segunda turbina 350 usando el motor 352 como un generador en la etapa 422. Por lo tanto, la energía se recupera en la segunda turbina 350. En la etapa 424, se monitoriza el flujo de fluido a través de la turbina 350. La presión disminuye de manera constante en el tanque discontinuo 340 y cuando el flujo no es menor que un umbral de flujo en la etapa 426, el sistema continúa procesando el sistema. En la etapa 426, cuando el flujo es menor que un umbral, el tanque discontinuo se drena abriendo la válvula discontinua y enviando el agua de mar diluida a través del drenaje 370 ilustrado en la figura 3. Después de drenar el tanque discontinuo, el proceso puede repetirse desde la etapa 210. Cabe señalar que el proceso descrito anteriormente puede hacerse continuo añadiendo un segundo tanque discontinuo que se conmuta con el primer tanque discontinuo para permitir que un
50 tanque se purgue y se llene mientras el otro tanque se usa en la producción.

55 Los expertos en la materia pueden apreciar ahora, a partir de la descripción anterior, que las amplias enseñanzas de la divulgación pueden implementarse en una diversidad de formas. Por lo tanto, aunque la presente divulgación incluye ejemplos específicos, el verdadero alcance de la divulgación no debería ser tan limitado, ya que otras modificaciones resultarán evidentes para los expertos en la materia tras el estudio de las siguientes reivindicaciones.

60

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de generación de potencia osmótica que comprende:

5 una cámara de membrana (12) que tiene una membrana semipermeable (14) en la misma que define una primera parte (16) y una segunda parte (18) en la misma;
 una primera bomba (32, 310) que envía un primer fluido a la primera parte (16);
 una segunda bomba (42, 320) que envía un segundo fluido a la segunda parte (18), teniendo dicho segundo fluido una concentración más alta de sólidos disueltos totales que el primer fluido;
 10 un dispositivo de recuperación de energía de segunda parte (60, 350) en comunicación de fluidos con la segunda parte (18); y
 un generador de potencia (72, 354) en comunicación con el dispositivo de recuperación de energía de segunda parte (60, 350) que genera potencia eléctrica en respuesta al dispositivo de recuperación de energía de segunda parte (60, 350) y la presión en la segunda parte (18), **caracterizado por** un dispositivo de recuperación de energía de primera parte (50) en comunicación de fluidos con la primera parte (16), en el que el generador de potencia (72) comprende un árbol (80) acoplado al dispositivo de recuperación de energía de primera parte (50), el dispositivo de recuperación de energía de segunda parte (60), la primera bomba (32) y la segunda bomba (42).

20 2. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el dispositivo de recuperación de energía de segunda parte (60) comprende una turbina y el dispositivo de recuperación de energía de primera parte (50) comprende una turbina.

25 3. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende, además, una bomba de recirculación (82) que hace recircular el primer fluido desde una salida de primera parte (24) a una entrada de primera parte (22), y en el que el generador de potencia (72) comprende un árbol (80) acoplado a un dispositivo de recuperación de energía de primera parte (50), el dispositivo de recuperación de energía de segunda parte (60), la primera bomba (32), la segunda bomba (42) y la bomba de recirculación (82).

30 4. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el generador de potencia (72) está acoplado a una unidad de frecuencia variable regenerativa (72).

35 5. Un método para generar potencia osmótica en una cámara de membrana (12) que tiene una cámara con una membrana semipermeable (14) en la misma que define una primera parte (16) y una segunda parte (18) en la misma, comprendiendo dicho método:

enviar un primer fluido a la primera parte (16) con una primera bomba (32, 310);
 enviar un segundo fluido a la segunda parte (18) con una segunda bomba (42, 320), teniendo dicho segundo fluido una concentración más alta de sólidos disueltos totales que el primer fluido;
 generar presión osmótica en la segunda parte (18);
 40 enviar el segundo fluido desde la segunda parte (18) a un dispositivo de recuperación de energía de segunda parte (60, 320) en respuesta a la presión osmótica; y
 generar potencia en un generador de potencia (72) en respuesta al envío del fluido desde la segunda parte (18) al dispositivo de recuperación de energía de segunda parte (60), **caracterizado por** enviar el primer fluido desde la primera parte (16) a un dispositivo de recuperación de energía de primera parte (50), en el que la primera bomba (32), la segunda bomba (42), el dispositivo de recuperación de energía de primera parte (50), el dispositivo de recuperación de energía de segunda parte (60) y el generador de potencia (72) giran en un árbol común (80).

50 6. Un método de acuerdo con la reivindicación 5, en el que enviar fluido desde la segunda parte (18) a un dispositivo de recuperación de energía de segunda parte (60) comprende enviar el segundo fluido desde la segunda parte (18) a una turbina, y en el que enviar el primer fluido desde la primera parte (16) a un dispositivo de recuperación de energía de primera parte (50, 312) comprende enviar el primer fluido desde la primera parte (16) a una turbina.

55 7. Un método de acuerdo con la reivindicación 5, que comprende, además, hacer recircular fluido desde una salida de la primera parte (16) a una entrada (22) de la primera parte (16) usando una bomba de recirculación (82).

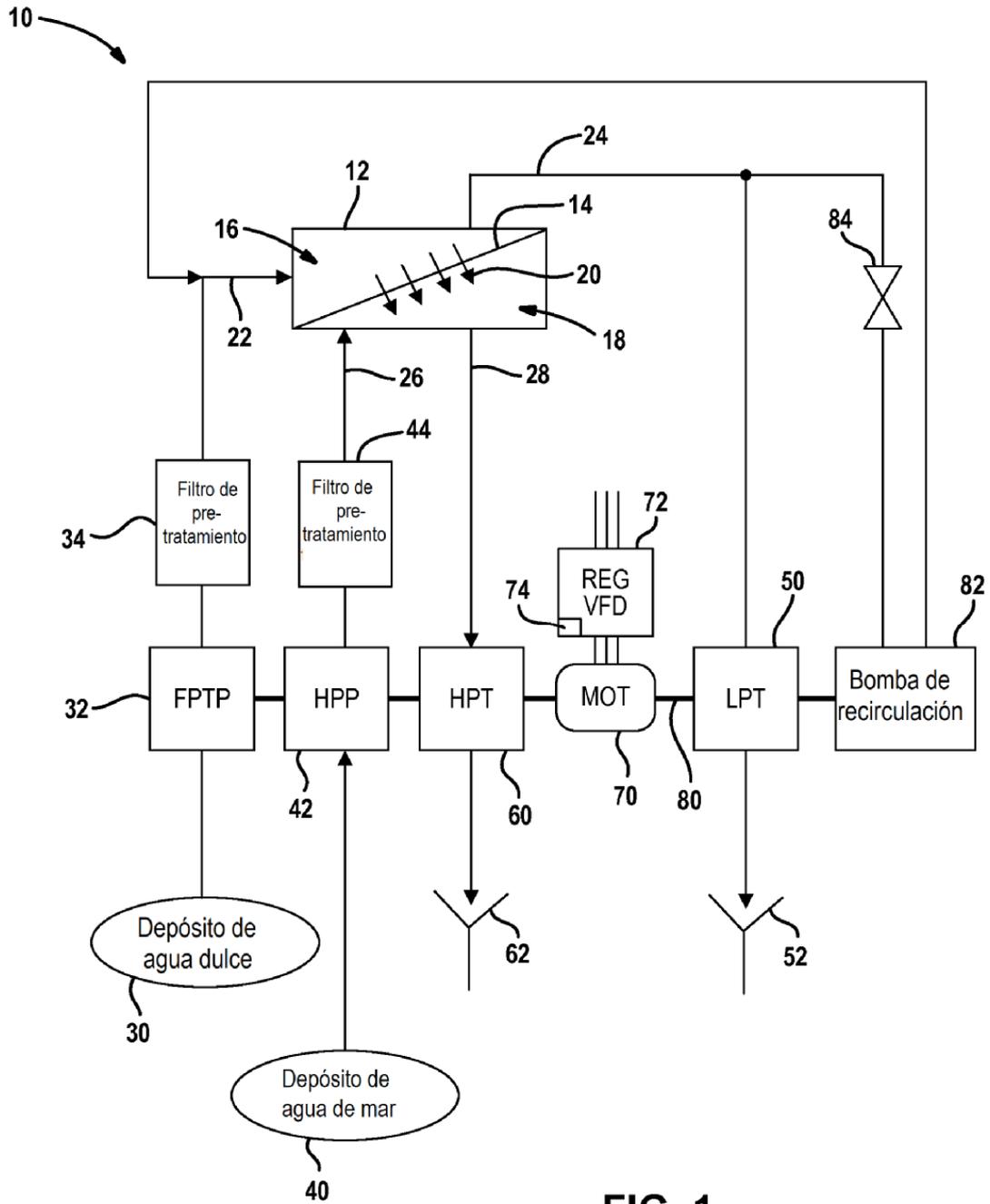


FIG. 1

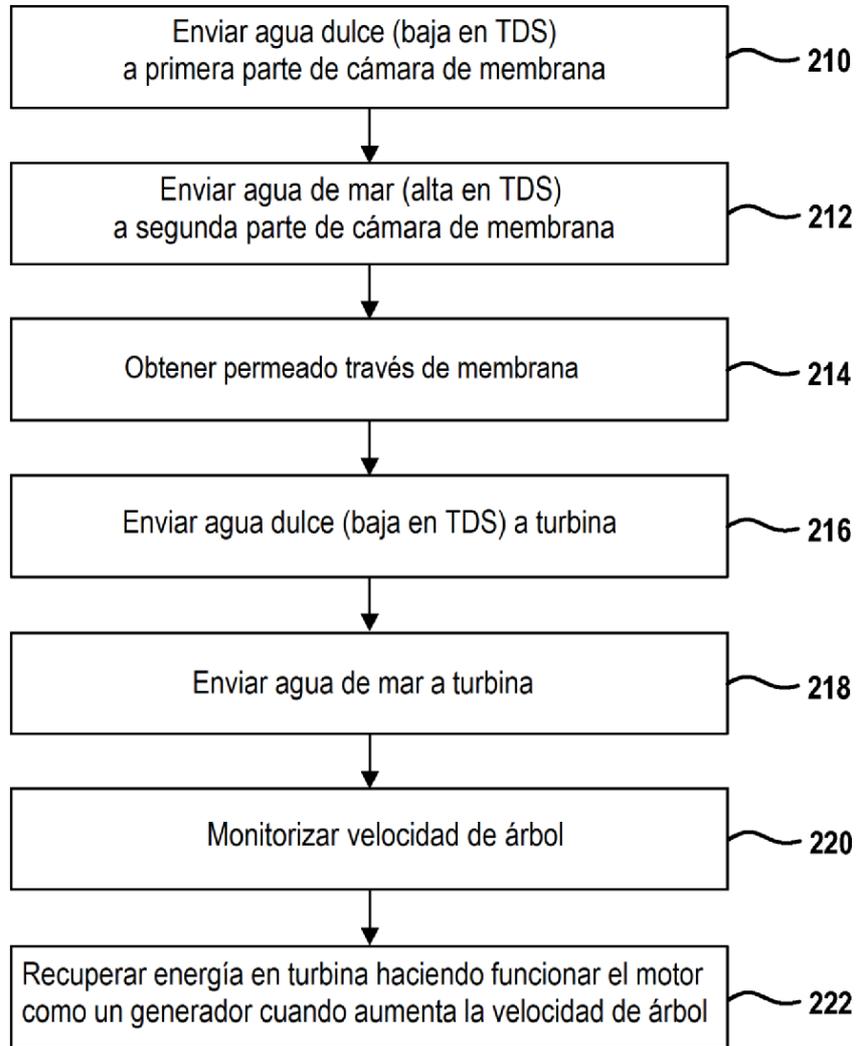


FIG. 2

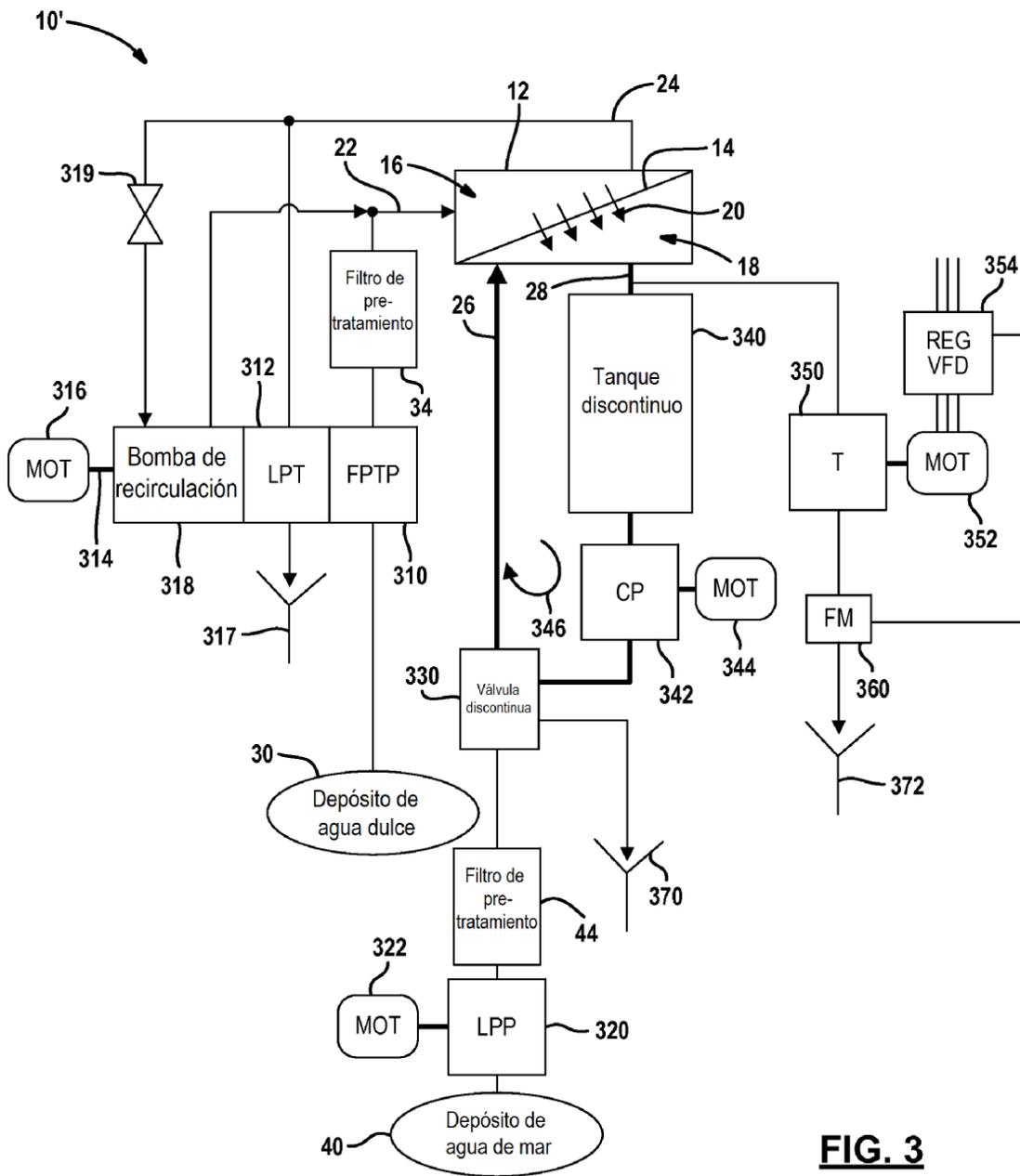


FIG. 3

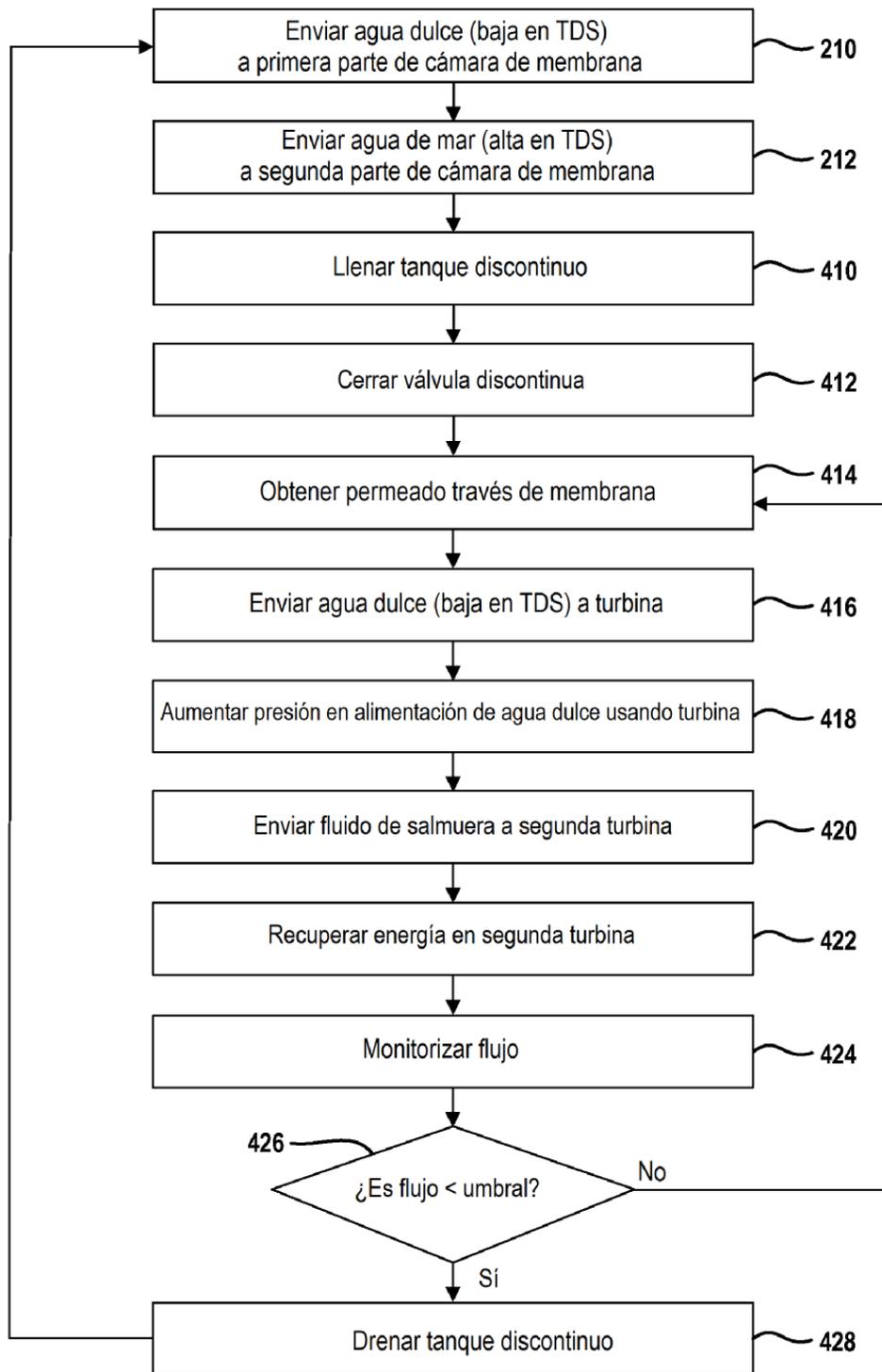


FIG. 4