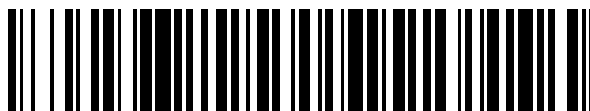


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 758 250**

51 Int. Cl.:

F24S 10/13 (2006.01)

B01D 3/02 (2006.01)

C01D 3/06 (2006.01)

B01D 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.06.2016 PCT/US2016/036812**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.12.2016 WO16201175**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.06.2016 E 16808337 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.08.2019 EP 3308083**

54 Título: **Un sistema y un método para reformar la zona no convectiva en un estanque solar de gradiente salino**

30 Prioridad:

11.06.2015 US 201514736451

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

04.05.2020

73 Titular/es:

**GOOD EARTH MECHANICS LLC (100.0%)
15 Andrew Drive
New Ipswich, NH 03071, US**

72 Inventor/es:

**NITSCHKE, GEORGE SAMUEL P. E. y
LU, HUANMIN**

74 Agente/Representante:

BUENO FERRÁN , Ana María

ES 2 758 250 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

Un sistema y un método para reformar la zona no convectiva en un estanque solar de gradiente salino

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

CAMPO DE LA INVENCION

El presente sistema y método se refiere generalmente a la práctica de mantener el gradiente salino en un estanque solar de gradiente salino (SGSP), y más particularmente, a un sistema y un método para reformar la zona no convectiva en un SGSP.

DESCRIPCION DE LA TECNICA RELACIONADA

15 Un SGSP es un estanque poco profundo de gradiente salino que permite la recolección y el almacenamiento de energía solar térmica (véase la FIG. 1). En el SGSP, la energía solar se absorbe por el fondo del estanque, que a su vez calienta el fluido adyacente saturado de sal (la "zona convectiva inferior", o LCZ, en la FIG. 1). Dado que la LCZ es más pesada que las capas superiores debido a su mayor salinidad, el fluido calentado no puede subir y enfriarse en el estanque, como un estanque normal, sino que permanece en el fondo, calentándose a medida que almacena 20 más energía solar térmica. Con el tiempo, típicamente varios meses desde la construcción inicial, a medida que la LCZ almacena cada vez más energía solar térmica, la temperatura de la salmuera se acercará a ebullición. Esta energía termosolar recolectada y almacenada puede extraerse (salmuera caliente bombeada) como calor de proceso, que puede usarse para generar electricidad utilizando un motor de calor de baja temperatura existente.

25 El SGSP puede recoger y almacenar calor, y suministrar potencia a una tasa uniforme promedio (carga base), o puede suministrar potencia según sea necesario (bajo demanda) dando control de distribución de la salida de potencia en lugar de forzarse a producir potencia únicamente cuando el viento sople o brille el sol, haciendo que los sistemas SGSP sean muchas veces más eficaces que las energías renovables intermitentes. Los sistemas SGSP pueden construirse fácilmente en grandes áreas.

30 El documento US 2004/098998 divulga un método para reformar un SGSP.

RESUMEN DE LA INVENCION

35 El presente sistema y método, como se ilustra en el presente documento, claramente no se anticipa, se hace obvio, o incluso está presente en cualquiera de los mecanismos de la técnica anterior, ya sea en solitario o en cualquier combinación de los mismos. Por lo tanto, las varias realizaciones del presente sistema y método se ilustran en el presente documento.

40 El presente sistema y método, un método de balanceo de estanque, proporciona un medio eficiente para poner en práctica el mantenimiento de gradiente en un sistema de energía de estanque solar de gradiente salino (SGSP). El método de balanceo de estanque es más eficiente que los métodos practicados previamente para el mantenimiento de gradientes de SGSP, por ejemplo, el método de lavado superficial, y esa mejora en la eficiencia es esencial para la práctica comercial de los sistemas de energía SGSP. La comercialización de la tecnología SGSP es vital para la 45 industria de las energías renovables, particularmente porque las energías renovables intermitentes están generando problemas de gestión de la red y mayores costes. Los sistemas SGSP recogen y almacenan calor, y pueden suministrar potencia a una tasa uniforme promedio (carga base), o según sea necesario (bajo demanda) dando control de distribución de la salida de potencia en lugar de forzarse a producir potencia únicamente cuando el viento sople o brille el sol. Esta característica, junto con otros beneficios sinérgicos que Good Earth Mechanics, LLC (GEM) ha desarrollado (por ejemplo, colector de sal a gran escala para la descontaminación ambiental), hace que los sistemas SGSP sean muchas veces más eficaces que las energías renovables intermitentes. El equipo de GEM se dedica actualmente al lanzamiento comercial de su tecnología SGSP y la invención divulgada en el presente documento es crucial para ese lanzamiento comercial. El método de balanceo de estanque, junto con el sistema de estanque de caída previamente divulgado y la práctica para permitir el método de estanque de caída, le da a GEM 50 un control positivo del gradiente salino para la práctica comercial de la tecnología SGSP.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un método para reformar una zona no convectiva en un estanque solar de gradiente salino que comprende las etapas de:

60 drenar una zona convectiva superior y una zona convectiva inferior de un estanque solar de gradiente salino utilizando una pluralidad de unidades de transferencia, almacenar la zona convectiva superior y la zona convectiva inferior en una zona correspondiente de al menos un

estanque circundante;
 reformar la zona no convectiva del estanque solar de gradiente salino; y
 devolver la zona convectiva superior y la zona convectiva inferior de la al menos un estanque circundante al
 estanque solar de gradiente salino a través de la pluralidad de unidades de transferencia.

5 Good Earth Mechanics, LLC (GEM) está comercializando la tecnología SGSP. El equipo SGSP de GEM está
 compuesto por los directores que operaron el desarrollo de ingeniería SGSP y la demostración piloto de más larga
 duración en el mundo hasta la fecha (Universidad de Texas, El Paso) desde 1985 hasta 2002 (*Advancements in*
 10 *Salinity Gradient Solar Pond Technology Based on 16 Years of Operational Experience*, Huanmin Lu, Andrew H. P.
 Swift, Herbert D. Hein, Jr., John C. Walton; J. Solar Energy Eng., v.126, pág. 759-767, mayo de 2004). GEM
 construirá y desplegará los sistemas SGSP utilizando su módulo comercial de 250 kW, que utiliza dos unidades de
 estanque para cada módulo (véase la FIG. 2). Los estanques son embalses con berma frente a agujeros excavados,
 donde la sujeción de los centros de estanque se usa para formar las bermas. Los sistemas SGSP de GEM son
 15 modularmente extensibles: el sitio del sistema de energía SGSP de GEM puede ser tan pequeño como 250 kW, o
 aumentarse a cientos de MW, simplemente añadiendo más módulos SGSP. Un corte del sistema SGSP de GEM en
 la FIG. 2 muestra cómo un motor térmico típico del ciclo orgánico de Rankine (ORC) de baja temperatura existente
 hace circular tanto la salmuera de la parte inferior caliente del estanque como el agua fría de la superficie. La
 salmuera caliente es la fuente térmica y el agua fría sirve como disipador de calor ORC; es la diferencia de
 temperatura entre la parte inferior y la parte superior del sistema SGSP lo que impulsa el motor térmico.

20 Debido a la estratificación de salinidad en el SGSP, la difusión ascendente de la sal es una consecuencia natural. Se
 ha encontrado que esta difusión ascendente de la sal está en el intervalo de 60-80 g/m²/día (Tabor, H.; *Solar Ponds*,
Solar Energy, v.27 (3), págs. 181-194, 1981 y v.30 (1), págs. 85-86, 1983).

25 Controlar el gradiente de salinidad en los sistemas de SGSP es vital para su funcionamiento fiable y eficiente. El
 método para controlar el gradiente de salinidad que se divulga en esta solicitud, acuñado como "método de balanceo
 de estanque" por los autores, permite que las zonas superior e inferior del estanque solar se drenen rápidamente y
 se almacenen en las zonas correspondientes de los estanques circundantes en la disposición de SGSP (véase la
 FIG. 2); esto minimiza la pérdida de calor y agua mientras se utiliza de manera eficiente el terreno designado para la
 30 disposición de SGSP. El francobordo disponible en los estanques de la disposición está diseñado para permitir este
 volumen añadido periódicamente, por ejemplo, el francobordo dentro de la disposición está diseñado para 1/3 extra
 del volumen de cada una de las zonas superior e inferior, además del francobordo nominal para conservar la acción
 de las olas inducida por el viento (es decir, para el caso donde las zonas superior e inferior del estanque en
 reparación se almacenen en los tres estanques circundantes, o 1/5 del volumen añadido si se almacena en los cinco
 35 estanques circundantes, etc.). La modularidad de la disposición de SGSP, propuesta por la práctica comercial por
 GEM, es la clave para la práctica del método de balanceo de estanque.

Una vez que las zonas superior e inferior del estanque se han bombeado fuera, dejando solamente la zona de
 gradiente en el estanque en reparación, la zona de gradiente se puede reformar (procedimientos para hacer esta
 40 reforma se analizan en "Divulgación de la invención"). Después de que la zona de gradiente se ha reformado, se
 devuelven los volúmenes para las zonas inferior y superior desde los estanques circundantes. Al almacenar la zona
 inferior del estanque en reparación en las zonas inferiores calientes de los estanques circundantes, se minimizan las
 pérdidas de calor. Asimismo, almacenar la zona superior en los estanques circundantes minimiza la pérdida de
 agua.

45 En el método de balanceo de estanque, se permite que la sal en el estanque se difunda hacia arriba con el tiempo y
 el método se utiliza como sea necesario para restaurar el gradiente. Otros métodos utilizados para controlar el
 gradiente de SGSP incluyen el método de lavado superficial que se representa en la FIG. 3.

50 En el método de lavado superficial, se permite que la sal se difunda hacia arriba a la capa superficial. A medida que
 la capa superficial se hace más salada, se reemplaza con agua dulce, o se "lava". El agua superficial salada
 desplazada se evapora en salmuera de sal concentrada en un estanque de evaporación separado y después se
 devuelve al fondo del SGSP. Este método, mientras es viable para el trabajo de demostración de SGSP y la práctica
 de mantenimiento de gradiente típica hasta ahora, no es práctico para la comercialización de SGSP a gran escala
 55 debido al requisito de terreno adicional y las pérdidas mayores de agua y calor requeridas para la práctica del
 método. El método de balanceo de estanque es superior ya que minimiza la pérdida de agua, de calor, el terreno
 requerido, y los costes en comparación con el método de lavado superficial.

Por lo tanto, se ha descrito, muy ampliamente, un sistema y método que se refieren generalmente a la práctica de
 60 mantenimiento del gradiente de salinidad en un estanque solar de gradiente salino (SGSP), y más particularmente a
 un sistema y método para reformar la zona no convectiva en un SGSP con el fin de que la descripción detallada del
 mismo a continuación se pueda entender mejor, y con el de que la presente contribución a la técnica se pueda

apreciar mejor. Hay características adicionales de la invención que se describirán en lo sucesivo en el presente documento y que formarán la materia objeto de las reivindicaciones adjuntas a la presente.

A este respecto, antes de explicar en detalle al menos una realización de la invención, se debe entender que la invención no se limita en su aplicación a los detalles de construcción y a las disposiciones de los componentes que se exponen en la siguiente descripción o se ilustran en los dibujos. La invención es apta para otras realizaciones y de practicarse y para ponerse en práctica y realizarse de diversas maneras. Además, se debe entender que la fraseología y la terminología empleadas en el presente documento son con fin de descripción y no se deben considerar como limitativas.

Estas junto con otros objetivos de la invención, junto con las diversas características de novedad, que caracterizan la invención, se señalan con particularidad en las reivindicaciones adjuntas y forman parte de esta divulgación. Para un mejor entendimiento de la invención, sus ventajas operativas y los objetivos específicos alcanzados por sus usos, se debe hacer referencia a los dibujos adjuntos y a la materia descriptiva donde se ilustran las realizaciones preferidas de la invención.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La **FIG. 1** ilustra un diagrama en perspectiva de los trabajos básicos de un estanque solar de gradiente salino (SGSP) ejemplar.

Las **FIGS. 2A-2C** ilustran una realización del módulo de SGSP comercial de 250 kW de Good Earth Mechanics (GEM), que puede utilizar al menos dos unidades de estanque por cada módulo.

La **FIG. 3** ilustra un método practicado ejemplar conocido en la técnica para controlar un gradiente de SGSP denominado "método de lavado superficial".

La **FIG. 4** ilustra una realización de un Dispositivo de estanque de caída en operación con un sistema SGSP para mantener el gradiente salino.

La **FIG. 5** ilustra una vista en corte de una realización del presente sistema SGSP, que muestra las dimensiones típicas para las tres capas del estanque: la zona convectiva superior; la capa no convectiva; y la zona convectiva inferior.

Las **FIGS. 6A-6C** ilustran varias realizaciones de un esquema teórico para transferir la LCZ caliente de un estanque individual en la disposición de SGSP a las LCZ correspondientes en los siete estanques circundantes.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS VARIAS REALIZACIONES

La descripción detallada que se expone a continuación en relación con los dibujos adjuntos pretende ser una descripción de las realizaciones actualmente preferidas de la invención y no representa las únicas formas donde se puede construir y/o utilizar la presente invención. La descripción expone las funciones y la secuencia de etapas para construir y operar la invención en relación con las realizaciones ilustradas.

GEM ha desarrollado dos prácticas para mantener de manera eficiente el gradiente de SGSP en operación comercial, cualquiera de las cuales por sí misma sería teóricamente suficiente para mantener el gradiente de SGSP, mientras que ambos métodos juntos aseguran la capacidad de GEM para controlar el gradiente de SGSP. La primera práctica, un dispositivo de estanque de caída para habilitar el método de estanque de caída, se divulgó en una Solicitud anterior.

El método de estanque de caída se representa en la FIG. 4, donde el dispositivo hace que el gradiente "caiga" a la misma tasa en que la sal se difunde hacia arriba en el estanque. La segunda práctica, acuñada como el "método de balanceo de estanque" por los autores, es el objeto de esta Solicitud.

Se puede mostrar que la velocidad de la difusión ascendente natural de la sal es:

$$[1] \quad V = \frac{1}{s} \left(\kappa_s \frac{\partial s}{\partial z} \right)$$

donde s = concentración de sal

ES 2 758 250 T3

k_s = difusividad de la sal (~1,55E-09 m²/s)

z = profundidad (m)

V = velocidad (m/s)

- 5 Para un "módulo" de SGSP comercial de 250 kW de GEM típico, como se representa en la FIG. 2, la velocidad de difusión es de aproximadamente 1,29E-09 m/s, o ~1,6 pulgadas por año.

El método de balanceo de estanque permite que la difusión natural de la sal tenga lugar incesante y, con el tiempo, requerirá que el gradiente de salinidad se reforme. Esta reforma del gradiente se hará "a condición", es decir, según sea necesario. Nominalmente, el gradiente necesitará reformarse cada tres años más o menos (por ejemplo, propagación ascendente de ~5 pulgadas del gradiente). Cabe apreciar que el dispositivo de estanque de caída de GEM está diseñado para mantener el gradiente en su lugar y, si funciona perfectamente, se negará la necesidad del método de balanceo de estanque. Sin embargo, se anticipan efectos perjudiciales extraños al gradiente en operaciones comerciales (por ejemplo, eventos de fuertes vientos que erosionan el gradiente superior, eventos de biota que llevan a inestabilidad del gradiente, etc.) y el método de balanceo de estanque proporciona un plan de respaldo para el método de estanque de caída para el mantenimiento del gradiente salino de GEM. Adicionalmente, el método de balanceo de estanque también permite que GEM drene y vuelva a llenar eficientemente los estanques solares para realizar el mantenimiento en el estanque o revestimiento.

20 Para ilustrar el método de balanceo de estanque (PRM), véase la sección transversal de un SGSP típico en la FIG. 5, que muestra las tres zonas distintas del sistema SGSP: [1] la zona convectiva superior (UCZ), que es la capa superior homogénea dulce a ligeramente salobre a temperatura ambiente; [2] la zona no convectiva (NCZ), que es la capa de gradiente a reformar (por ejemplo, gradiente sesgado debido a la difusión, mezcla, etc.); y [3] la zona convectiva inferior (LCZ), que es la capa inferior de alta salinidad, caliente, que almacena la energía térmica solar. El PRM se utiliza para reformar la NCZ en un estanque individual drenando primero la LCZ y la UCZ del estanque de tal forma que se minimice el calor y la pérdida de agua y el terreno requerido. Después, la NCZ se reforma *in situ*, después de lo cual la LCZ y UCZ se reemplazan para completar el PRM.

Para hacer este drenaje y reforma optimizados de un estanque individual, el PRM incorpora el diseño modular de GEM (FIG. 2). La LCZ y UCZ del estanque en reparación se bombean a las zonas correspondientes de los estanques circundantes, como se teoriza en la FIG. 6. El gráfico a la izquierda en la FIG. 6 ilustra la transferencia de la LCZ para el caso general de un estanque interno dentro de la disposición de SGSP (cabe apreciar que los ocho estanques mostrados en el gráfico generalmente equivaldrán a un sistema SGSP de carga base de 1 MW, es decir, cuatro motores térmicos de 250 kW como se muestra en la FIG. 2).

35 Una unidad simple compuesta por mangueras y una bomba se utiliza para transferir dos veces el flujo de circulación de LCZ nominal desde el estanque en reparación, indicado por las flechas "2x" en la FIG. 6. Generalmente hay tres de estas unidades de bomba y manguera, para bombear un total de seis veces el flujo de LCZ nominal a los tres estanques circundantes. Después, cada uno de los tres estanques circundantes redistribuye la mitad de esa afluencia, es decir, una vez el flujo de LCZ nominal, a su estanque equivalente en el módulo de 250 kW; no se necesita fontanería adicional para esta distribución de "1x", ya que los módulos de SGSP de 250 kW de GEM están equipados para permitir la retirada de un estanque y devolver el flujo de LCZ al equivalente (por ejemplo, frente a recircular el mismo estanque como es la práctica nominal). Asimismo, el estanque en reparación bombea su flujo de LCZ a su equivalente. Este esquema de transferencia de LCZ del PRM permite la redistribución de la LCZ del estanque en reparación a siete LCZ calientes en los estanques circundantes, conservando de esta manera la mayor parte de la energía térmica en la LCZ del estanque en reparación. La UCZ del estanque en reparación se redistribuye asimismo a las UCZ de los estanques circundantes, pero en aproximadamente 1/3 de la tasa de circulación de la LCZ ya que hay menos volumen por transferir. Para un estanque de SGSP típico de 6,25 acres (área inferior plana, 50 acres para una carga base de MW) y tasa de circulación de LCZ de 1000 gpm (por ejemplo, para la unidad PureCycle de 250 kW de Pratt & Whitney que utiliza refrigerante R134a), la tasa de transferencia de "7x" requerirá aproximadamente 26 h para transferir los 33,1 acres-pies de la LCZ del estanque. En esta ocasión, la UCZ se transfiere, asimismo, dejando la NCZ a reformar que permanece en solitario en el estanque de reparación. Tal esquema de transferencia de LCZ-UCZ requiere aproximadamente 10" de francobordo temporalmente disponible en los siete estanques circundantes, bien dentro del francobordo incorporado de la disposición (véase la FIG. 5). Los gráficos a la derecha de la FIG. 6 muestran el esquema de redistribución para un estanque de extremo (gráfico superior) y para un estanque de esquina (gráfico inferior) dentro de la disposición de SGSP. Si el tamaño de la disposición era menor que la carga base de 1 MW (ocho estanques), entonces el francobordo adicional se requerirá en el diseño de disposición de estanques para acomodar el esquema de transferencia del PRM (por ejemplo, para el mismo aislamiento solar que requiere 50 acres de colector de estanque de fondo plano para MW de SGSP de una carga base), un diseño de dos estanques (es decir, un solo módulo de 250 kW de GEM) requerirá 5,5' adicionales de francobordo temporal.

Una vez que la NCZ a reformar es el único material restante en el estanque en reparación, está disponible para reformarse *in situ*. Un método para hacer esto es utilizar evaporadores mecánicos para concentrar la salmuera restante a casi la saturación. El uso de evaporadores típicos (por ejemplo, utilizando un evaporador mecánico SMI 420F (boquilla de pulverización incidiendo en impulsor giratorio) en un entorno de humedad nominal, requerirá 5 unidades de evaporador para concentrar la NCZ en cinco días (aproximadamente 0,4 acres de área de evaporación por unidad). Con el fluido restante en la salmuera concentrada del estanque de reparación, la NCZ se puede entonces reconstruir por medio de agua dulce de inyección de contraste (por ejemplo, como se analiza en la bibliografía (Advancements in Salinity Gradient Solar Pond Technology Based on 16 Years of Operational Experience, Huanmin Lu, Andrew H. P. Swift, Herbert D. Hein, Jr., John C. Walton; J. Solar Energy Eng., v.126, pág. 10 759-767, mayo de 2004), u otro fluido de salinidad que se utiliza para la UCZ en el área operativa (por ejemplo, descarga de salobre de una instalación de desalinización). El volumen de inyección de contraste para el caso nominal que se considera aquí es de aproximadamente 14,6 acres-pies que requieren aproximadamente 1,65 días para establecer el gradiente (a una tasa de inyección de contraste nominal de 2000 gpm en total). La LCZ caliente se reforma entonces de los estanques circundantes (es decir, invertir las flechas de flujo/equipo en la FIG. 6), así como 15 la UCZ, reforzando de esta manera el gradiente de SGSP. Las mejoras al PRM, por ejemplo, a determinar en la práctica temprana de SGSP de GEM, incluyen la evaporación de la NCZ a menos de completamente saturada de manera que, cuando entra en contacto con la LCZ caliente tras el relleno, el límite superior de la LCZ saturada "asienta" la interfaz entre las dos capas a través de la mezcla localizada promovida por la gran diferencia de temperatura y el momento del fluido inyectado.

20 Al permitir el tiempo de configuración (equipo a diseñar, por ejemplo, bombas de transferencia y unidades de manguera, difusores, inyectores de contraste, manejo de equipo, etc.), toda la reconstrucción para un solo estanque tardará aproximadamente 10 días (2,2 días de drenaje/relleno, 5 días de concentrado, 1,6 días de inyección de contraste, 1,2 días de configuración y desmontaje). Junto con la energía requerida para la evaporación y 25 transferencia de fluido, el PRM de GEM da como resultado ~1,1 % pasivo, considerado muy viable desde un punto de vista de comercialización de SGSP.

La **FIG. 1** muestra los trabajos básicos de un estanque solar de gradiente salino (SGSP). Un SGSP es un estanque poco profundo, de gradiente salino que permite la recogida y almacenamiento de energía térmica solar, como se 30 observa en la figura. En el SGSP, la energía solar se absorbe por el fondo del estanque, que a su vez calienta el fluido adyacente saturado de sal (la "zona convectiva inferior", o LCZ, en la FIG. 1). Dado que la LCZ es más pesada que las capas superiores debido a su mayor salinidad, el fluido calentado no puede subir y enfriarse en el estanque, como un estanque normal, sino que permanece en el fondo, calentándose a medida que almacena más energía solar térmica. Con el tiempo, típicamente varios meses desde la construcción inicial, a medida que la LCZ almacena 35 cada vez más energía solar térmica, la temperatura de la salmuera se acercará a ebullición. Esta energía termosolar recolectada y almacenada puede extraerse (salmuera caliente bombeada) como calor de proceso, que puede usarse para generar electricidad utilizando un motor de calor de baja temperatura existente. Actuando como una batería térmica solar a gran escala, el SGSP puede recoger y almacenar calor, y suministrar potencia a una tasa uniforme promedio (carga base), o puede suministrar potencia según sea necesario (bajo demanda) dando control de 40 distribución de la salida de potencia en lugar de forzarse a producir potencia únicamente cuando el viento sople o brille el sol, haciendo que los sistemas SGSP sean muchas veces más eficaces que las energías renovables intermitentes.

Las **FIGS. 2A-2C** representan el módulo de SGSP comercial de 250 kW de Good Earth Mechanics (GEM), que 45 utiliza dos unidades de estanque por cada módulo. Los estanques son embalses con berma frente a agujeros excavados, donde la suciedad de los centros de estanque se usa para formar las bermas. Los sistemas SGSP de GEM son modularmente extensibles: el sitio del sistema de energía SGSP de GEM puede ser tan pequeño como 250 kW, o aumentarse a cientos de MW, simplemente añadiendo más módulos SGSP. Un corte del sistema SGSP de GEM en la figura muestra cómo un motor térmico típico del ciclo orgánico de Rankine (ORC) de baja temperatura 50 existente hace circular tanto la salmuera de la parte inferior caliente del estanque como el agua fría de la superficie. La salmuera caliente es la fuente térmica y el agua fría sirve como disipador de calor ORC; es la diferencia de temperatura entre la parte inferior y la parte superior del sistema SGSP lo que impulsa el motor térmico.

La **FIG. 3** muestra el método convencionalmente en práctica para controlar el gradiente de SGSP denominado 55 "método de lavado superficial". En el método de lavado superficial, se permite que la sal se difunda hacia arriba a la capa superficial. A medida que la capa superficial se hace más salada, se reemplaza con agua dulce, o se "lava". El agua superficial salada desplazada se evapora en salmuera de sal concentrada en un estanque de evaporación separado y después se devuelve al fondo del SGSP. Este método, mientras es viable para el trabajo de demostración de SGSP y la práctica de mantenimiento de gradiente típica hasta ahora, no es práctico para la 60 comercialización de SGSP a gran escala debido al requisito de terreno adicional y las pérdidas mayores de agua y calor requeridas para la práctica del método. El método de balanceo de estanque es superior ya que minimiza la pérdida de agua, de calor, el terreno requerido, y los costes en comparación con el método de lavado superficial.

La **FIG. 4** representa la operación básica de un dispositivo de estanque de caída genérico en operación con un sistema SGSP para mantener el gradiente salino. Debido a la estratificación de salinidad en el SGSP, la difusión ascendente de la sal es una consecuencia natural. Controlar el gradiente de salinidad en los sistemas de SGSP es vital para su funcionamiento fiable y eficiente. Un método propuesto para controlar el gradiente salino es el método de estanque de caída que se representa en la figura. Un "dispositivo de estanque de caída" mostrado en la figura pretende mantener continuamente el gradiente salino en su lugar extrayendo agua de la salmuera saturada en el fondo del estanque y moviéndola a la parte superior; esta acción hace que las capas del estanque se ciclen continuamente hacia abajo, o "caigan". Esta tasa de caída, o velocidad descendente, se puede controlar para coincidir con la tasa de difusión ascendente de la sal en el SGSP, manteniendo de esta manera el gradiente en su lugar. GEM ha divulgado previamente un sistema y práctica para aplicar el método de estanque de caída.

La **FIG. 5** es una vista en corte de un sistema SGSP de GEM, que muestra las dimensiones típicas para las tres capas del estanque: la zona convectiva superior (zona superior homogénea dulce a baja salinidad); la capa no convectiva (sal, temperatura, y zona de densidad estratificada que actúa como una barrera para el transporte de masa de calor dentro del sistema SGSP); y la zona convectiva inferior (zona inferior homogénea saturada de sal que recoge y almacena la energía térmica solar). La figura también muestra el francobordo disponible para una disposición típica de sistema SGSP de GEM, que se utiliza como almacenamiento temporal compartido cuando se reconstruyen los gradientes de estanques individuales dentro de la disposición de SGSP de GEM.

Las **FIGS. 6A-6C** muestran un esquema teórico para transferir la LCZ caliente de un estanque individual en la disposición de SGSP de GEM a las LCZ correspondientes en los siete estanques circundantes. Este esquema permite retener la mayor parte del calor en la LCZ del estanque en reparación mientras se minimiza el trabajo sucio dentro de la disposición (por ejemplo, una disposición típica de SGSP de GEM utilizará temporalmente menos de 10" del francobordo disponible en la FIG. 5 para almacenar la UCZ y LCZ de un estanque en que se está reformando su NCZ).

La presente invención, un método de balanceo de estanque, proporciona un medio eficiente para poner en práctica el mantenimiento de gradiente del sistema de energía de SGSP. El método de balanceo de estanque es más eficiente que los métodos practicados previamente para el mantenimiento de gradientes de SGSP, por ejemplo, el método de lavado superficial, y esa mejora en la eficiencia es esencial para la práctica comercial de los sistemas de energía SGSP. La comercialización de la tecnología SGSP es vital para la industria de las energías renovables, particularmente porque las energías renovables intermitentes están generando problemas de gestión de la red y mayores costes. Los sistemas SGSP recogen y almacenan calor, y pueden suministrar potencia a una tasa uniforme promedio (carga base), o según sea necesario (bajo demanda) dando control de distribución de la salida de potencia en lugar de forzarse a producir potencia únicamente cuando el viento sopla o brille el sol. Esta característica, junto con otros beneficios sinérgicos que GEM ha desarrollado (por ejemplo, colector de sal a gran escala para la descontaminación ambiental), hace que los sistemas SGSP sean muchas veces más eficaces que las energías renovables intermitentes. El equipo de GEM se dedica actualmente al lanzamiento comercial de su tecnología SGSP y la invención divulgada en el presente documento es crucial para ese lanzamiento comercial. El método de balanceo de estanque, junto con el sistema de estanque de caída previamente divulgado y la práctica para permitir el método de estanque de caída, le da a GEM un control positivo del gradiente salino para la práctica comercial de la tecnología SGSP.

En conclusión, en el presente documento se presenta un sistema y un método para mantener el gradiente salino en un estanque solar de gradiente salino (SGSP). La invención se ilustra a modo de ejemplo en los diagramas de flujo y figuras, y a lo largo de la descripción escrita.

REIVINDICACIONES

1. Un método para reformar una zona no convectiva en un estanque solar de gradiente salino (SGSP) que comprende las etapas de:

5

drenar completamente una zona convectiva superior y una zona convectiva inferior de un estanque solar de gradiente salino utilizando una pluralidad de unidades de transferencia, donde cada unidad de transferencia comprende una pluralidad de mangueras y una pluralidad de bombas, donde solo la zona no convectiva permanece en el estanque solar de gradiente salino;

10

almacenar la zona convectiva superior drenada en una zona convectiva superior correspondiente de al menos un estanque circundante y la zona convectiva inferior drenada en una zona convectiva inferior correspondiente de al menos un estanque circundante que reformar la zona no convectiva del estanque solar de gradiente salino; y devolver la zona convectiva superior y la zona convectiva inferior de la al menos un estanque circundante al estanque solar de gradiente salino a través de la pluralidad de unidades de transferencia.

15

2. El método de la reivindicación 1, que comprende además la etapa de:

20

acondicionar una parte inferior de la zona no convectiva reformada para permitir una interfaz de gradiente preferida entre la zona convectiva inferior y la zona no convectiva una vez que la zona convectiva inferior caliente se devuelve al estanque que se está reformando y se mezcla parcialmente con la zona no convectiva reformada más fría.

3. El método de la reivindicación 1, que comprende además la etapa de:

25

crear una disposición de SGSP que comprende: al menos dos estanques solares de gradiente salino, donde uno o más de los estanques solares circundantes en la disposición de SGSP sirven para almacenar la zona convectiva inferior y superior del estanque solar que se está reformando.

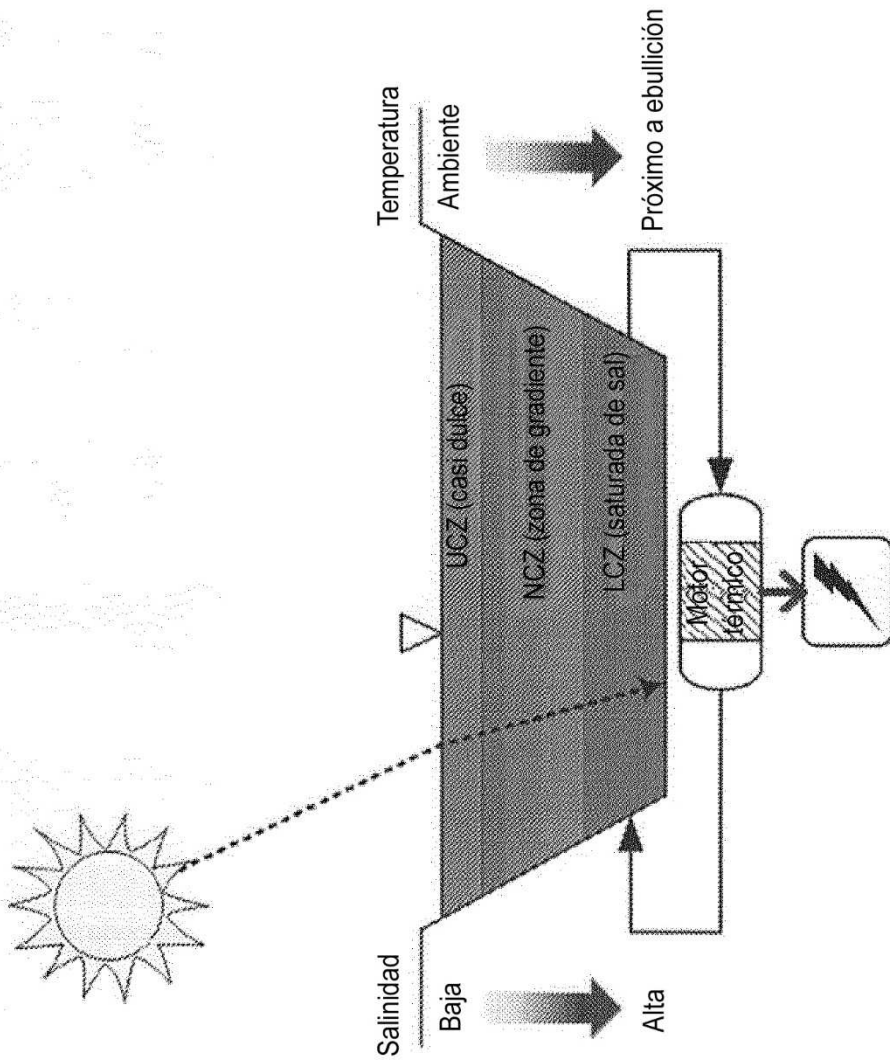


FIG. 1

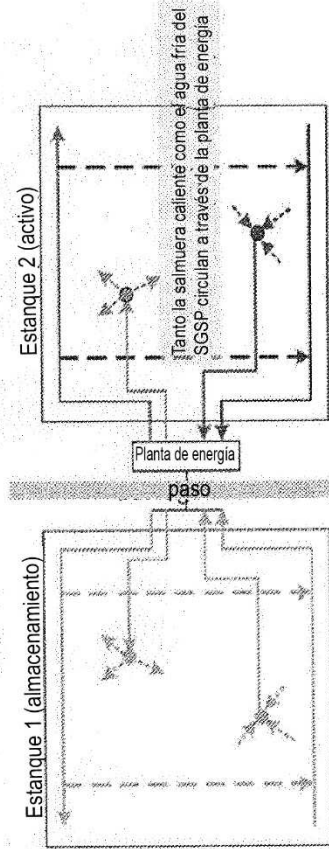


FIG. 2A

"Módulo" comercial 250 kW de GEM

- Modular (2 estanques por motor térmico de 250 kW)
- Añadir módulos para construir a escala la instalación

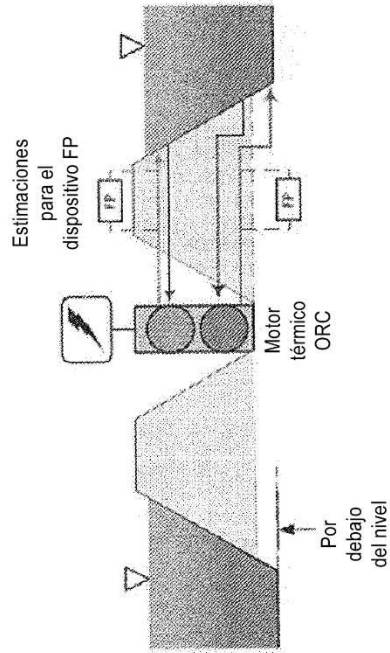
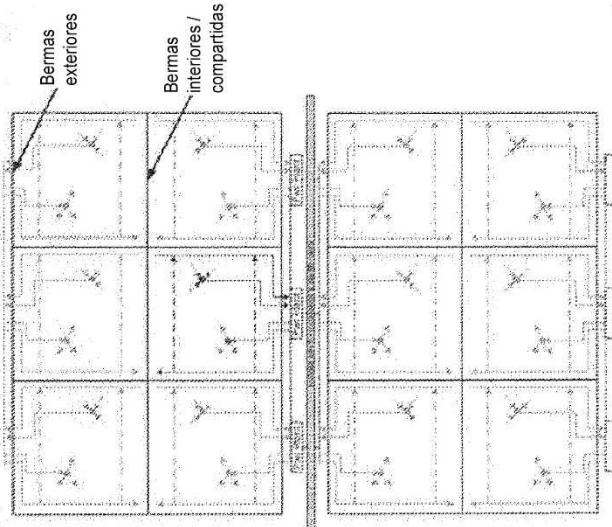


FIG. 2B



Extensible modularmente

FIG. 2C

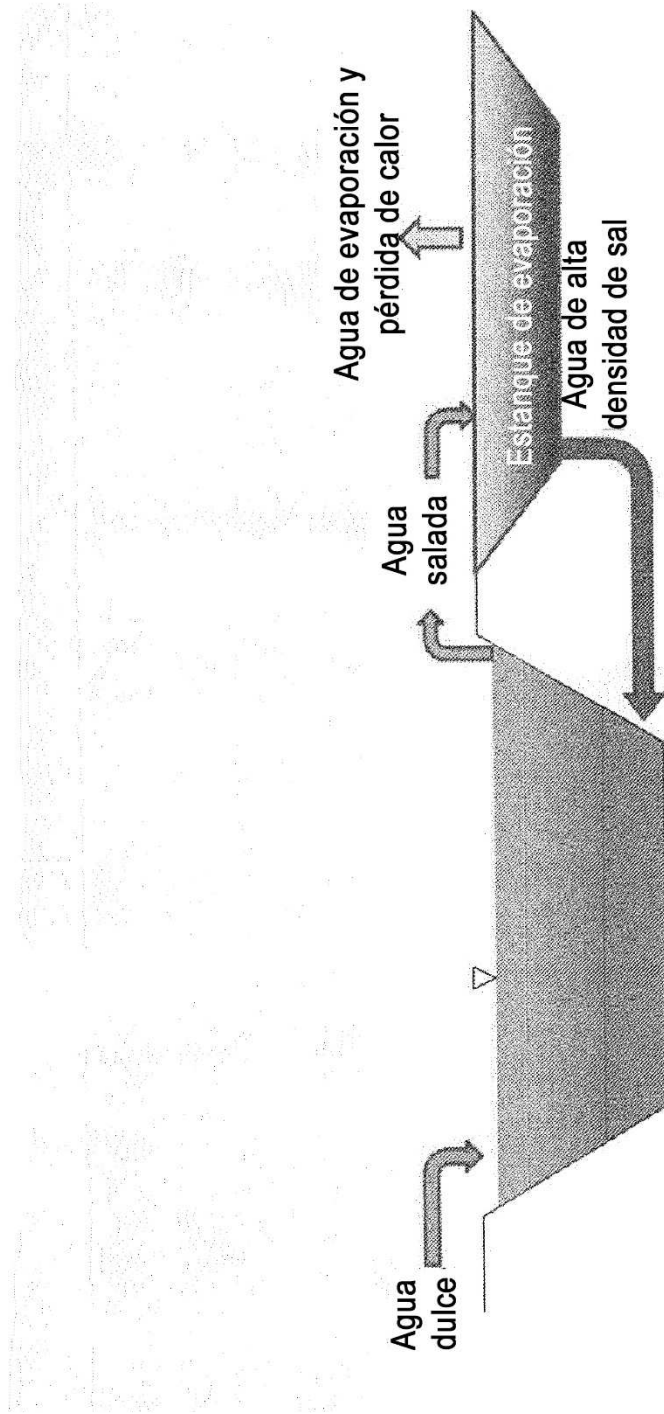


FIG. 3

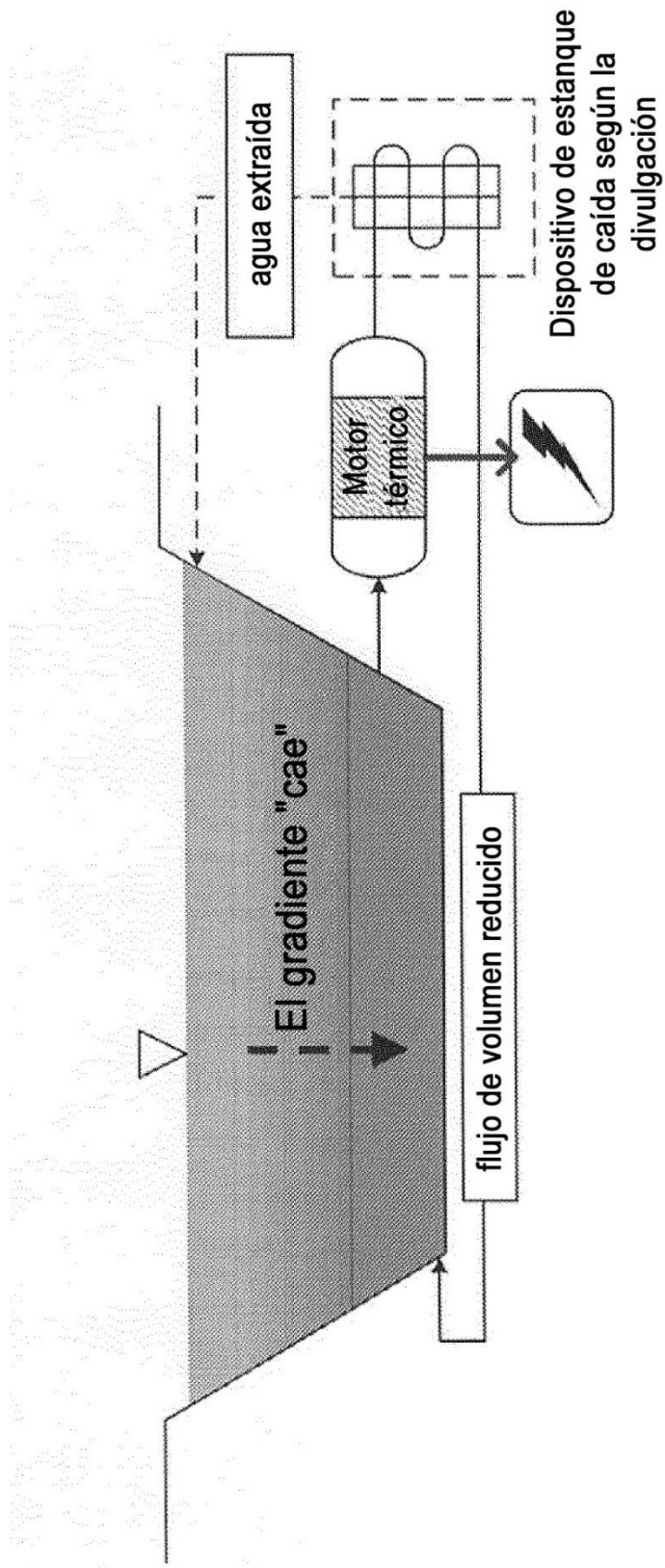


FIG. 4

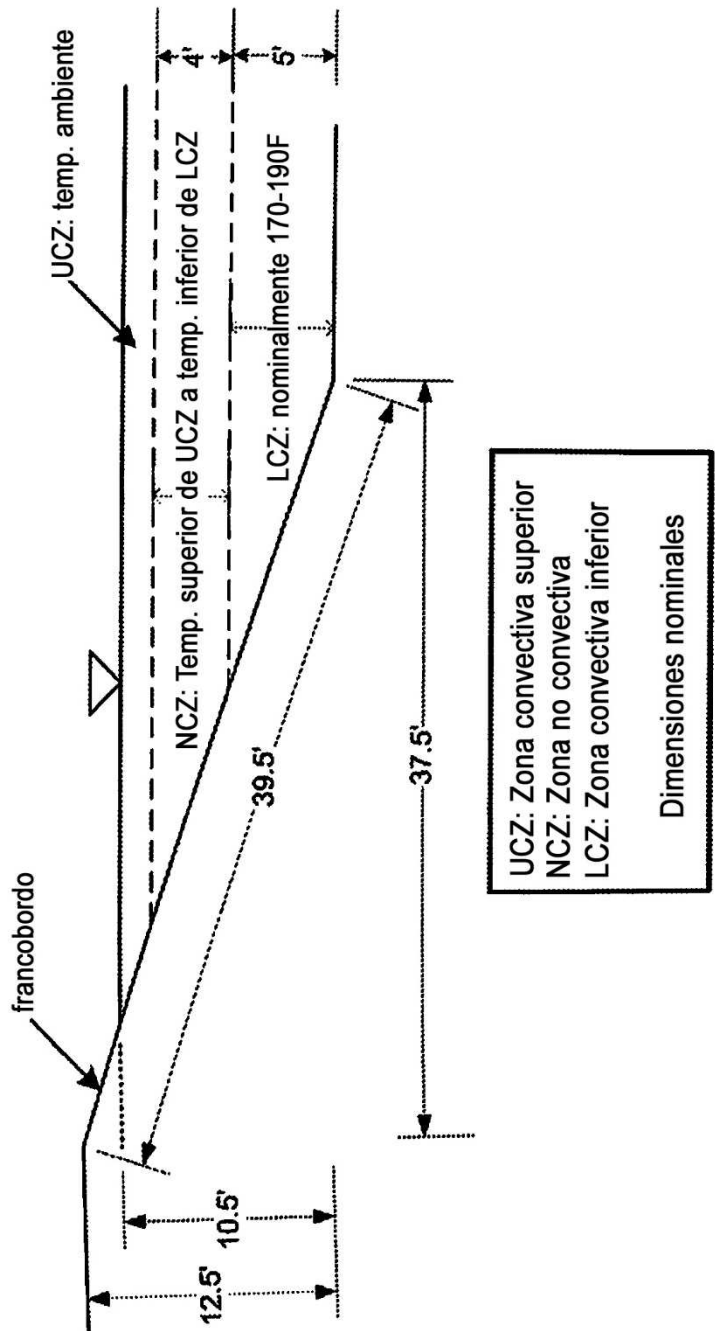


FIG. 5

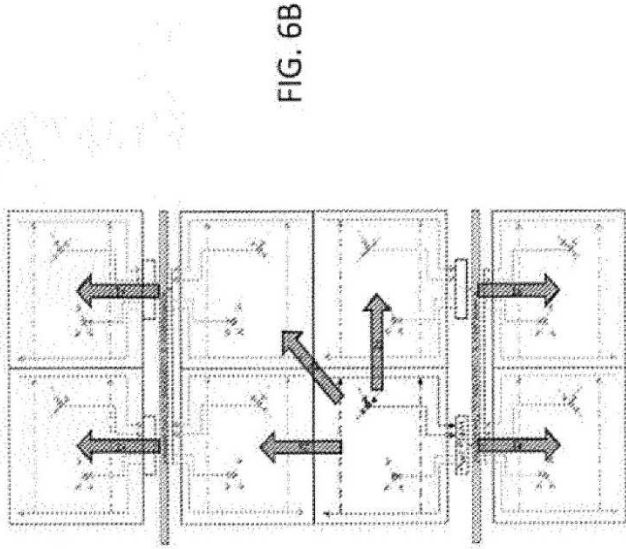


FIG. 6B

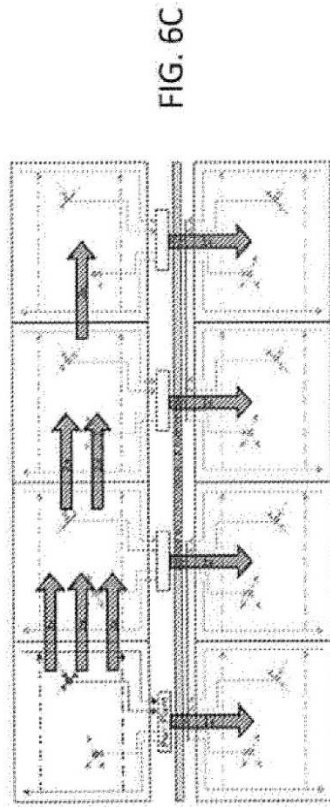


FIG. 6C

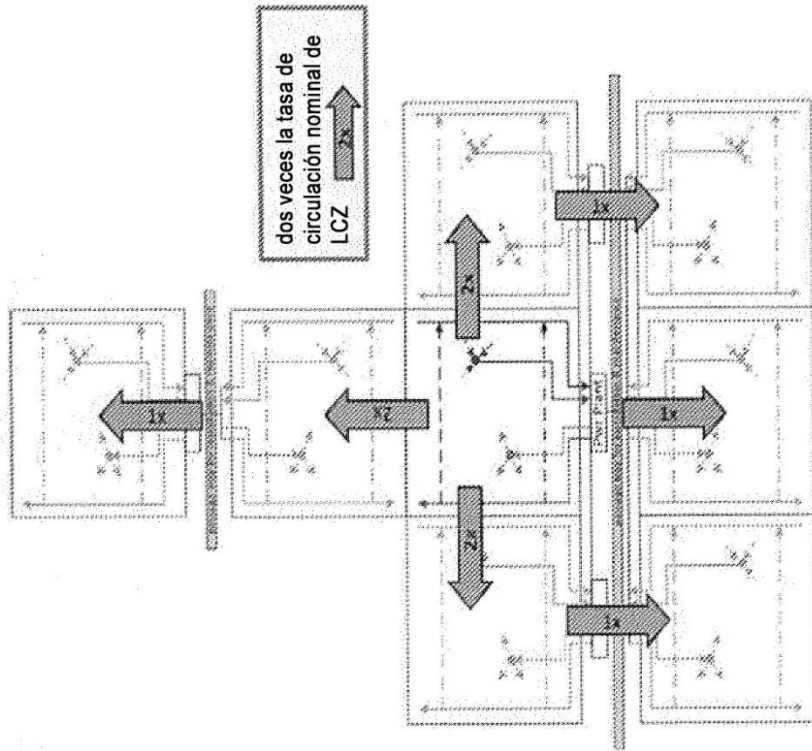


FIG. 6A