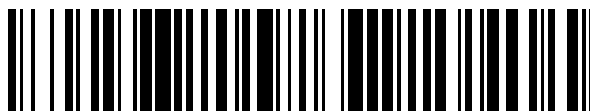


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 586 768**

51 Int. Cl.:

F24J 2/07 (2006.01)
F22B 21/02 (2006.01)
F03G 6/00 (2006.01)
F22B 1/00 (2006.01)
F22B 37/10 (2006.01)
F24J 2/10 (2006.01)
F24J 2/26 (2006.01)
F28F 1/40 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.04.2009** **E 09732027 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.05.2016** **EP 2289149**

54 Título: **Generador de vapor solar**

30 Prioridad:

16.04.2008 US 45361 P
09.04.2009 US 421047

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
18.10.2016

73 Titular/es:

GENERAL ELECTRIC TECHNOLOGY GMBH
(100.0%)
Brown Boveri Strasse 7
5400 Baden, CH

72 Inventor/es:

PALKES, MARK y
TEIGEN, BARD

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 586 768 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

Generador de vapor solar

Campo técnico

- 5 La presente descripción se refiere en general a un generador de vapor, y más en concreto, a un generador de vapor solar que tiene un receptor que incluye paredes de agua de caldera compuestas de paneles verticales de tubos que tienen un perfil interno rayado.

Antecedentes

- 10 Es conocido en la técnica anterior utilizar energía solar para alimentar un sistema de generación de energía eléctrica, como se muestra en la solicitud de patente 2005/0126170, en el documento de patente US 4.387.574 y en la solicitud de patente FR 2438804. Un sistema de generación de energía eléctrica alimentado con energía solar 10 de este tipo, como se muestra en la figura 1, proporciona una pluralidad de espejos o helióstatos 12 que reflejan la energía solar radiante del sol 14 sobre un receptor solar 16 dispuesto en una torre 18. El receptor solar 16 incluye tubos de serpentina por los que circula el fluido caloportador. El fluido caloportador se suministra desde la torre 18 a un generador de vapor 20, en el que la energía térmica se intercambia entre el fluido caloportador y el agua que 15 circula por un circuito de fluido independiente 22. El fluido caloportador se enfría de este modo en el generador de vapor 20 y puede entonces ser recirculado de nuevo al receptor 16 para ser recalentado. El agua calentada en el generador de vapor 20 forma vapor que es recirculado hacia un turbogenerador 24, es decir, hacia una turbina 26 acoplada a un generador eléctrico 28. El vapor se expande y hace girar la turbina 26 y el generador 28, y por tanto produce electricidad. El vapor se puede hacer pasar a través de un condensador 30 que, en combinación con una 20 torre de enfriamiento 32, condensa el vapor para formar agua caliente que se calienta adicionalmente en un precalentador 34 y se puede hacer circular de vuelta al generador de vapor 20 mediante una bomba 36 para su reutilización. Se pueden utilizar bombas 38 para hacer circular el fluido caloportador, y se pueden utilizar tanques 40, 42 respectivamente para almacenar el fluido caloportador antes y después de su calentamiento mediante el receptor solar 16.

- 25 La presente invención proporciona características y configuraciones para mejorar la eficiencia energética de un receptor solar y de una central de generación de vapor a partir de la energía solar.

Breve descripción de la invención

- 30 De acuerdo con los aspectos ilustrados en el presente documento, se proporciona un receptor solar de acuerdo con la reivindicación 1, para un sistema de generación de energía solar. El receptor solar comprende un panel de tubos por los que circula un fluido para dirigir la energía solar sobre los tubos para calentar el fluido. Cada uno de los tubos tiene una superficie interna rayada.

- 35 De acuerdo con los demás aspectos ilustrados en el presente documento, se proporciona un sistema de generación de energía solar que incluye un receptor solar de acuerdo con la reivindicación 1, dispuesto sobre una torre para recibir la energía solar. El receptor solar incluye al menos un panel de tubos para recibir un fluido que circula por los mismos. Cada uno de los tubos de evaporador tiene una superficie interna rayada. Al menos un reflector solar refleja calor radiante procedente del sol sobre el evaporador para calentar el fluido.

Las características descritas anteriormente y otras características se ejemplifican mediante las siguientes figuras y la descripción detallada.

Breve descripción de los dibujos

- 40 Con referencia ahora a las figuras, que son realizaciones ejemplares, y en las que los elementos que son similares se identifican con números de referencia similares:

la figura 1 es un diagrama esquemático de un sistema de generación de vapor solar de la técnica anterior;

la figura 2 es un diagrama esquemático de una parte de receptor solar de un sistema de generación de energía solar de acuerdo con la presente invención;

- 45 la figura 3 es un diagrama de bloques de un sistema de generación de vapor solar de acuerdo con la presente invención;

la figura 4 es una vista en planta de un panel de un evaporador del sistema de generación de vapor solar de las figuras 2 y 3 formado por un haz de tubos rayados dispuestos verticalmente;

la figura 5 es una vista en sección transversal de un tubo rayado de la figura 4, tomada por la línea A-A; y

la figura 6 es una vista en sección transversal de un tubo rayado de la figura 4, tomada a lo largo de la línea B-B.

Descripción detallada

Con referencia a la figura 2, un receptor solar 100, de acuerdo con la presente invención, se muestra dispuesto sobre una torre 102 entre un campo de captadores solares 104, tales como espejos o helióstatos. Los captadores solares 104 están dispuestos cerca de la torre para dirigir la energía solar o la radiación solar procedente del sol 106 al receptor solar. Los helióstatos 104 pueden tener una configuración curvada o plana. Cada helióstato puede ajustarse de manera independiente en respuesta a la posición relativa del sol. Por ejemplo, los helióstatos pueden estar dispuestos en haces, por lo que los helióstatos de cada haz son controlados por separado o en combinación con los otros helióstatos del haz por uno o más dispositivos de control (no mostrados) configurados para detectar y realizar un seguimiento de la posición relativa del sol. Por tanto, los helióstatos 104 pueden ser ajustados de acuerdo con la posición del sol 106 para reflejar la luz solar sobre el receptor 100, calentando así el fluido caloportador que circula por el receptor.

En una realización de la invención, en la figura 3 se muestra un sistema de generación de vapor solar 110, mediante el cual se calienta agua en el receptor solar para producir vapor destinado a hacer girar un turbogenerador de vapor 112. El receptor solar 110 comprende al menos un panel de tubos (o conjunto de tubos) que reciben agua (u otro fluido) de un conducto de entrada 112. Como se describe en mayor detalle más adelante, el receptor solar 110 puede incluir una pluralidad de paneles que realizan diferentes funciones para transferir el calor radiante del sol al agua y/o al vapor que circula a través de los tubos.

Como se muestra en la figura 2, los helióstatos 104 dirigen la radiación solar del sol sobre el receptor solar 100 y, más en concreto, sobre el panel de tubos por los que circula agua y/o vapor. El calor radiante aumenta la temperatura del agua que circula para generar vapor a alta temperatura. El vapor se proporciona después a un sistema de generación de energía, por ejemplo un turbogenerador 112, a través del conducto de salida 114. En concreto, como se muestra en la figura 3, el vapor se proporciona a una turbina de vapor 126, que acciona un generador 128 para producir electricidad 146.

La figura 3 ilustra esquemáticamente la parte de generación de energía 110 de la presente invención, mediante la cual el receptor solar 100 se muestra con mayor detalle. Según se muestra, el receptor solar comprende tres componentes principales: un economizador 116, un evaporador 118 y un recalentador 120. Cada uno de estos componentes comprende al menos un panel 122 formado por al menos un tubo 124 (véanse las figuras 4 a 6) que recibe agua y sirve para aumentar la temperatura del agua que circula a través de los tubos respectivos. Típicamente, cada componente 116, 118, 120 incluye una pluralidad de paneles, incluyendo cada panel una pluralidad de tubos 124 de manera similar a la mostrada en las figuras 4 a 6, que se describirá en mayor detalle más adelante.

El economizador 116 recibe agua reciclada procedente de la turbina de vapor 126. El agua pasa a través de al menos un panel de tubos, como se muestra en la figura 4. El calor radiante proporcionado por los captadores solares 104 es dirigido sobre el panel de tubos del economizador, lo que precalienta el agua alimentada a través de los tubos del economizador.

El flujo de agua del economizador es dirigido a un tanque de vapor 130. En el tanque de vapor, el agua entrante es distribuida por toda la longitud del tanque por los colectores de distribución de agua (no mostrados). Unas boquillas (no mostradas) en los colectores de distribución dirigen el agua entrante en la dirección hacia abajo con el fin de minimizar las turbulencias y facilitar la circulación. El agua se mezcla con el agua 132 en el tanque 130 y es dirigida a los tubos de bajada 134. Los tubos de bajada 134 se originan en el tanque de vapor y terminan en la entrada de evaporador 136, dirigiendo el agua al evaporador 118.

Una bomba de circulación 138 bombea el agua recirculada 132 desde el tanque de vapor 130 dispuesto en la parte superior del panel o paneles de evaporador (es decir, la pared de agua) hasta la entrada inferior del panel o paneles de evaporador. Esta bomba de circulación 138 proporciona un flujo constante de agua de refrigeración al panel o paneles de evaporador para todas las condiciones de carga. Esto permite una respuesta rápida a los cambios de carga.

Una mezcla de vapor saturado/agua procedente del evaporador 118 entra en el tanque de vapor 130 en 137 y es dirigida hacia dos filas de separadores (no mostrados). El vapor sale de la parte superior del tanque de vapor a través de una salida de vapor saturado 140 antes de entrar en la sección de recalentador 120. El tanque 130 está equipado con válvulas de seguridad, válvulas de ventilación, un transmisor de presión, un manómetro, sensores de nivel e indicadores de nivel (no mostrados).

Desde el tanque de vapor 130, el vapor es dirigido hacia el recalentador 120 a través de la entrada de recalentador 142 y luego sobre los paneles de recalentador 122. Desde la salida de recalentador 144, el vapor es dirigido hacia el conducto de vapor 114. La salida de recalentador está equipada con los siguientes elementos: una válvula de

seguridad, un agujero de ventilación de inicio y ERV, válvulas de drenaje, una válvula de parada accionada por motor e instrumentos de medición de presión, de flujo y de temperatura (no mostrados).

El vapor proporcionado por el conducto de vapor 114 a la turbina de vapor se expande y hace girar la turbina 126 y el generador 128, lo que produce electricidad en 146. El vapor que sale de la turbina es alimentado de nuevo a la tubería/conducto de entrada 112 para ser reciclado a través del receptor solar 100. El sistema de generación solar puede comprender un condensador 141 dispuesto entre la turbina 126 y el conducto de entrada 112 del receptor solar 100 para enfriar el vapor que sale de la turbina a fin de condensar el vapor en forma líquida.

Como se apreciará, la realización de un sistema de generación solar 110, que se muestra en las figuras 2 y 3, proporciona un único ciclo de fluido, por lo que el receptor solar 100 funciona como una caldera para calentar directamente el agua y/o el vapor mediante la energía solar proporcionada por el campo de receptores solares 104. A diferencia del sistema de generación solar de la técnica anterior 10 mostrado en la figura 1, que incluye dos ciclos de fluido, la realización mostrada en las figuras 2 y 3 proporciona una configuración más eficiente para generar energía.

Además, aunque el sistema de generación solar 110 que se muestra en las figuras 2 y 3, incluye un economizador 116 para precalentar el agua y un recalentador 120 asociado al receptor solar 100, la presente invención contempla que un economizador y/o un recalentador pueden no ser necesarios y por tanto pueden ser suprimidos de la configuración del receptor solar 100. Esta configuración sin el economizador 116 y/o el recalentador 120 contempla que la energía radiante proporcionada sobre el panel o paneles del evaporador 118 es suficiente para calentar el agua y/o el vapor que circula para generar la cantidad y la calidad deseada de vapor.

La figura 4 ilustra un panel 122 de tubos 124 mencionado anteriormente en este documento para el evaporador 118. Como se ha descrito, el evaporador 180 incluye al menos uno de tales paneles 122, como se describirá. Se ha encontrado que la configuración y las características del panel 122 proporcionan una transferencia de calor muy eficiente a partir de la energía solar reflejada sobre el panel 122 y el agua y/o vapor que circula a través de los tubos 124, en concreto en combinación con un caudal másico particular.

Con referencia a las figuras 4 a 6, los paneles dispuestos verticalmente 122 comprenden una pluralidad de tubos dispuestos verticalmente interconectados en comunicación fluidica por un colector de entrada 150 y un colector de salida 152. Como se muestra mejor en las figuras 5 y 6, los tubos 124 (es decir, tubos) tienen un rayado interno 154, es decir, ranuras en espiral 156 dispuestas en las paredes internas 158 de los tubos 124. La acción de remolino impuesta a la mezcla de agua/vapor que circula hacia arriba o hacia abajo por el conjunto de tubos 124 hace que el agua permanezca en la pared interior 158 del tubo 124, mejorando así el funcionamiento de la transferencia de calor entre la pared de tubo 124 y la mezcla de agua/vapor. Este funcionamiento mejorado reduce el caudal requerido de agua/vapor para evitar la ebullición crítica (Departure from Nucleate Boiling o DNB en la terminología inglesa), lo que protege las paredes de tubo 124 del calor radiante procedente de la energía solar reflejada.

El rayado de los tubos 124 permite una transferencia de calor eficiente al agua/vapor, en particular cuando el conjunto de tubos está orientado verticalmente. La orientación vertical del conjunto de tubos 124 es superior desde el punto de vista estructural a una disposición inclinada del conjunto de tubos. Sin embargo, se apreciará que, si bien no es ideal, la presente invención contempla que los paneles 122 comprendan un conjunto de tubos inclinados 124 provistos de un rayado interno.

Una serie de mediciones experimentales se llevaron a cabo en apoyo de la utilización de un conjunto de tubos rayados 124 para la generación de vapor a fin de establecer los límites de funcionamiento de tal conjunto de tubos. En base a estos resultados, los diseños de calderas que utilizan un conjunto de tubos rayados verticalmente orientados, pueden funcionar con seguridad.

Se ha determinado que el uso de un conjunto de tubos rayados orientados verticalmente utilizados en los componentes principales 116, 118, 120 es particularmente beneficioso para condiciones en las que los flujos másicos de agua/vapor son mayores de 271 kg/s/m^2 ($0,2 \times 10^6 \text{ libras/h/pies}^2$) para evitar la ebullición crítica DNB, la presión del agua/vapor está comprendida entre 690 y 19.650 kPaa (entre 100 y 2850 psia) y los flujos de calor radiante en el exterior de los tubos sobrepasan los 583.213 W/m^2 ($185.000 \text{ Btu/h/pies}^2$). Más beneficioso es que el caudal de agua de entrada es tal para asegurar que el contenido de vapor de salida de la mezcla de agua/vapor sea menor de 80 % de vapor. De manera óptima, el diámetro exterior de los tubos rayados está comprendido entre 0,02 y 0,032 m (0,75" y 1,25"). Se apreciará que las configuraciones del rayado de los tubos 124 pueden ser variadas e incorporar configuraciones disponibles en el mercado. La bomba de circulación 138 en la figura 3 hace circular el agua desde el tanque de vapor 130 que tiene capacidad para suministrar el caudal necesario para los flujos másicos anteriores.

Aunque las realizaciones de los sistemas de generación de energía solar 110 incluyen un economizador 116, la presente invención contempla que el campo de helióstatos/espejos proporciona suficiente calor radiante para eliminar así la necesidad del economizador.

- 5 Aunque la invención se ha descrito con referencia a diversas realizaciones ejemplares, los expertos en la técnica entenderán que pueden hacerse varios cambios y sustituir varios elementos por elementos equivalentes sin apartarse del ámbito de aplicación de la invención. Además, pueden realizarse muchas modificaciones para adaptar una situación o material particular a las enseñanzas de la invención sin apartarse del ámbito de aplicación esencial de la misma. Por tanto, se pretende que la invención no esté limitada a la realización particular descrita como el mejor modo contemplado para llevar a cabo esta invención, sino que la invención incluirá todas las realizaciones que estén dentro del ámbito de aplicación de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Receptor solar (100) para un sistema de generación de energía solar; comprendiendo dicho receptor solar (100):
un panel (122) de tubos (124) por los que circula un fluido para dirigir la energía solar sobre dichos tubos (124) a fin de calentar el fluido, teniendo cada uno de dichos tubos (124) una superficie interna rayada (154).
- 5 en el que los tubos (124) están orientados sustancialmente en vertical; y
caracterizado por que está adaptado para tener un caudal másico de fluido aproximadamente superior a 271 kg/s/m^2 .
2. Receptor solar (100) según la reivindicación 1, en el que la presión del fluido dentro de los tubos (124) está comprendida aproximadamente entre 690 y 19.650 kPaa.
- 10 3. Receptor solar (100) según la reivindicación 1, en el que el panel (122) de tubos (124) es un evaporador (118).
4. Receptor solar (100) según la reivindicación 1, en el que el receptor solar (100) funciona como al menos uno de un economizador (116), un evaporador (118) y un recalentador (120).
5. Receptor solar (100) según la reivindicación 4, en el que los flujos de calor radiante en el exterior de los tubos (124) sobrepasan los 583.213 W/m^2 .
- 15 6. Receptor solar (100) según la reivindicación 1, incluyendo el panel (122) un colector de entrada (150) para recibir el fluido y un colector de salida (152) para evacuar el fluido, en el que los extremos de entrada de los tubos (124) están en comunicación fluidica con el colector de entrada (150) y los extremos de salida de los tubos (124) están en comunicación fluidica con el colector de salida (152).
7. Receptor solar (100) según la reivindicación 1, en el que el fluido es agua o uno de una combinación de agua y vapor.
- 20 8. Sistema de generación de energía solar que comprende:
un receptor solar (100) según la reivindicación 1, que comprende al menos un panel (122) de tubos (124) dispuesto sobre una torre (102) para recibir energía solar, y
al menos un reflector solar (104) para reflejar calor radiante procedente del sol (106) sobre al menos un panel (122) de tubos (124) para calentar el fluido.
- 25 9. Sistema de generación de energía solar según la reivindicación 8, en el que la presión del fluido dentro de los tubos (124) está comprendida aproximadamente entre 690 y 19.650 kPaa.
10. Sistema de generación de energía solar según la reivindicación 9, en el que los flujos de calor radiante en el exterior de los tubos (124) sobrepasa los 583.213 W/m^2 .
- 30 11. Sistema de generación de energía solar según la reivindicación 8, incluyendo el panel (122) un colector de entrada (150) para recibir el fluido y un colector de salida (152) para evacuar el fluido, en el que los extremos de entrada de los tubos (124) están en comunicación fluidica con el colector de entrada (150) y los extremos de salida de los tubos (124) están en comunicación fluidica con el colector de salida (152).
12. Sistema de generación de energía solar según la reivindicación 8, en el que el fluido es agua o uno de una combinación de agua y vapor.
- 35 13. Sistema de generación de energía solar según la reivindicación 8, en el que el al menos un panel (122) de los tubos (124) es un evaporador (118).
14. Sistema de generación de energía solar según la reivindicación 8, en el que los tubos (124) del al menos un panel (122) están orientados verticalmente.
- 40 15. Sistema de generación de energía solar según la reivindicación 13, que incluye además un tanque de vapor (130) para recibir fluido procedente de una fuente de entrada (137) y de una salida del evaporador (118) y proporcionar líquido a una entrada (136) del evaporador (118), e incluye además un recalentador (120) para recibir vapor procedente del tanque de vapor (130), incluyendo el recalentador (120) una pluralidad de tubos (124) que tienen una superficie interna rayada (154) para calentar el vapor.

16. Sistema de generación de energía solar según la reivindicación 8, que incluye además una turbina de vapor (126) para recibir vapor procedente del receptor solar (100) a fin de hacer girar un generador (128) para producir electricidad.

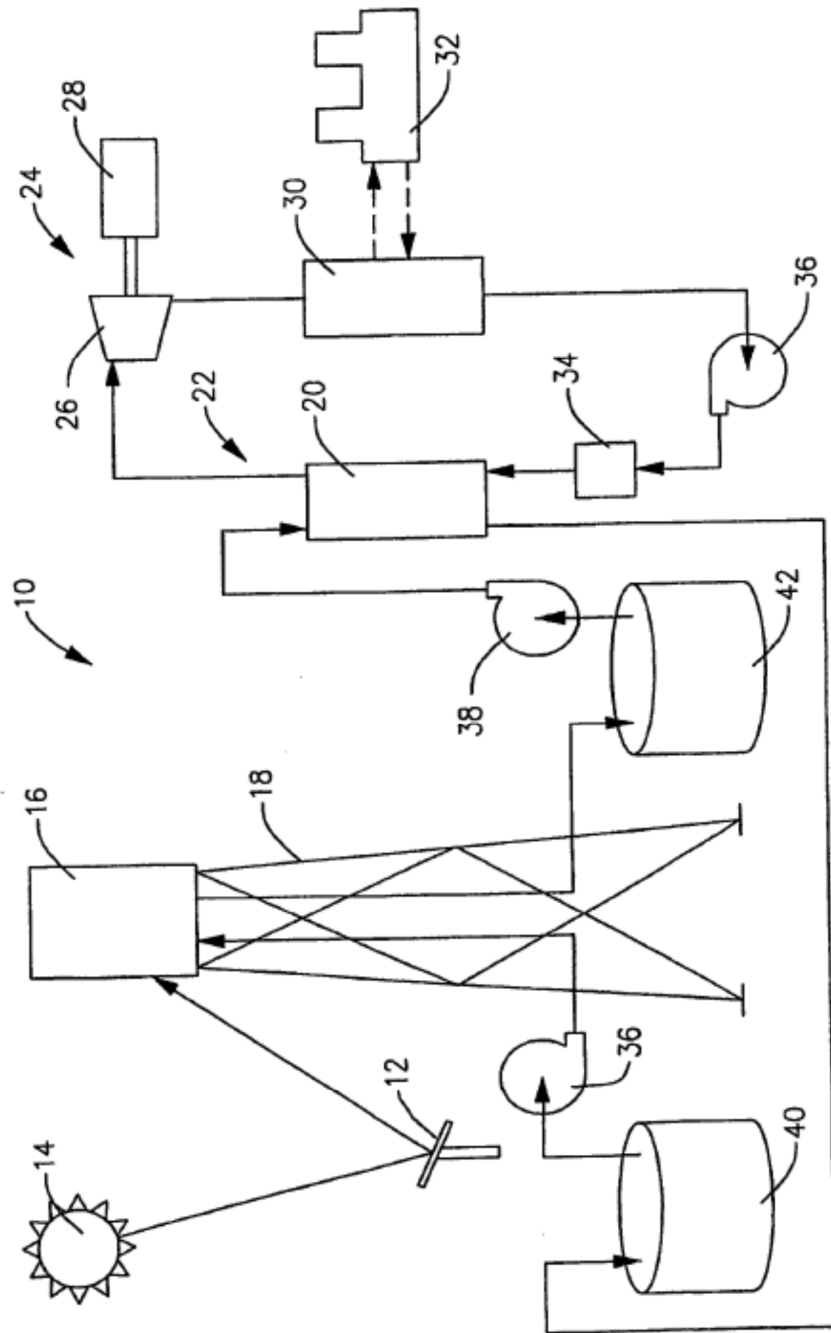


Figura 1
(TÉCNICA ANTERIOR)

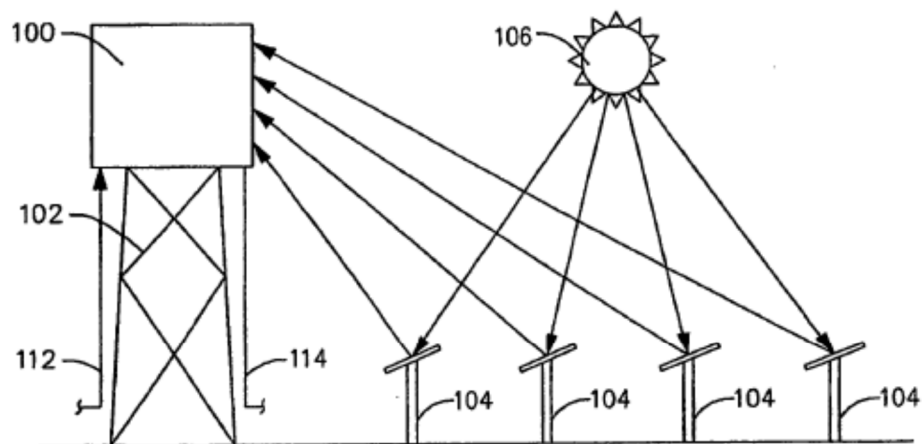


Figura 2

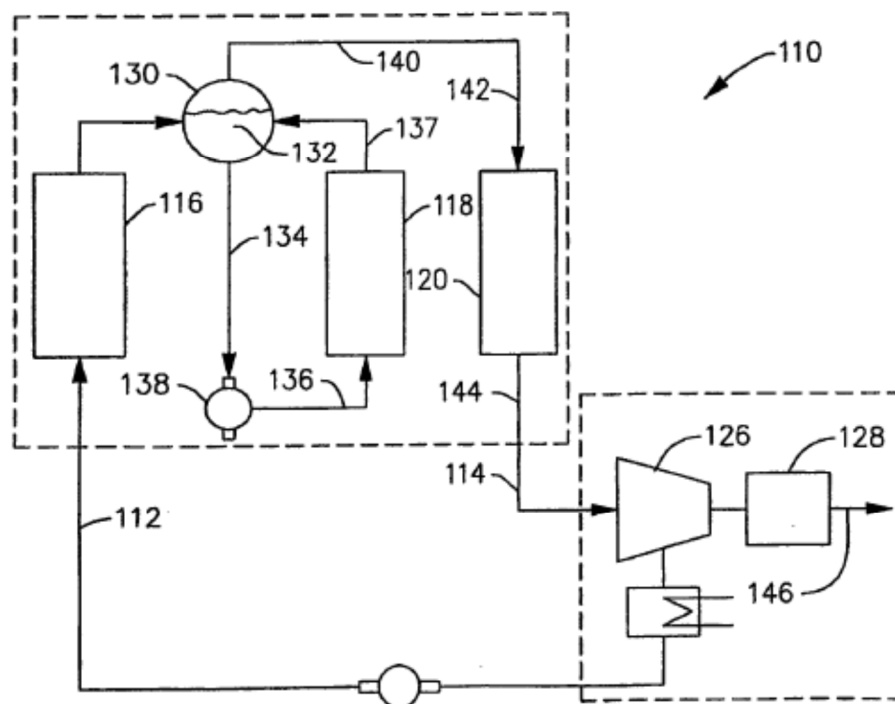
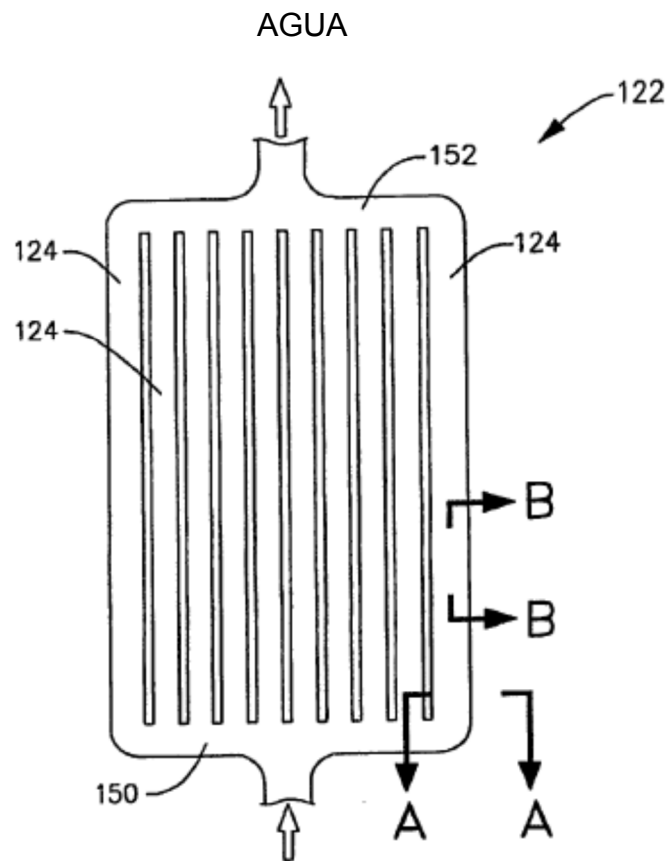


Figura 3



AGUA
Figura 4

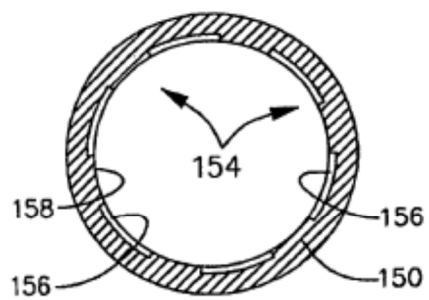
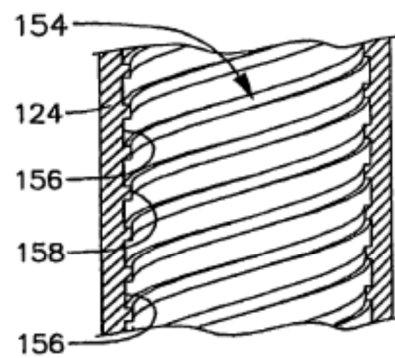


Figura 5



| Figura 6