

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 701 232**

51 Int. Cl.:

**F24S 20/20** (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.04.2014 PCT/IB2014/060380**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.10.2014 WO14162277**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.04.2014 E 14719109 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.09.2018 EP 2981770**

54 Título: **Receptor solar central de concentración**

30 Prioridad:

**03.04.2013 ZA 201302381**

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

**21.02.2019**

73 Titular/es:

**STELLENBOSCH UNIVERSITY (100.0%)  
Admin B Victoria Street Stellenbosch  
7600 Western Cape Province, ZA**

72 Inventor/es:

**KRÖGER, DETLEV, GUSTAV**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 701 232 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**

Receptor solar central de concentración

Campo de la invención

5 Esta invención se refiere a un receptor solar central de concentración para uso en una planta de energía solar de concentración para recibir la radiación solar reflejada desde un campo de heliostato de reflectores de radiación solar que se enfocan en el receptor solar central.

Más particularmente, la invención se refiere a un receptor solar central en donde un gas de trabajo, que puede ser aire pero no necesariamente es así, se calienta como preparación para ser alimentado a una turbina de gas opcionalmente a través de una cámara de combustión.

10 Antecedentes de la invención.

Los receptores de energía solar de concentración se han hecho en un número de diferentes configuraciones. Los receptores de energía solar de aire presurizado (alta presión) y al aire libre (baja presión) han sido probados con éxito en instalaciones de investigación y se han construido plantas de demostración precomerciales. Los receptores anteriores que pueden generar aire caliente presurizado incluyen receptores tubulares y receptores volumétricos cerrados.

15 Los receptores tubulares se denominan receptores irradiados indirectamente y generalmente consisten en múltiples tubos de calderas de aleaciones metálicas resistentes a altas temperaturas a través de los cuales pasa un fluido de trabajo presurizado como aire comprimido, agua/vapor, dióxido de carbono o cualquier otro fluido de trabajo adecuado.

20 Por otro lado, los receptores volumétricos abiertos y cerrados se consideran receptores irradiados directamente. Los receptores volumétricos cerrados suelen hacer uso de una ventana de cuarzo presurizada a través de la cual pasa la irradiación solar y golpea un medio absorbente poroso dentro de una cámara presurizada. El gas presurizado se mueve a través del medio absorbente y, por lo tanto, gana energía térmica mientras se enfría el medio absorbente.

25 El gas a presión calentado, típicamente aire, se puede usar para una variedad de propósitos diferentes y uno de los que es de particular interés para el solicitante es energizar una turbina de gas que se usa para impulsar una máquina adecuada, como un generador eléctrico.

Se han propuesto una serie de otras disposiciones de recolección de calor y la presente invención presenta una alternativa que se prevé que puede tener resultados particularmente efectivos.

30 Uno de ellos se divulga en la publicación de solicitud de patente europea número EP2520872. En la disposición descrita, múltiples elementos piramidales son transportados por una pared de cámara común y el fluido de transferencia de calor que se va a calentar se introduce en el vértice de cada uno de los elementos piramidales y se calienta a medida que fluye entre la pared exterior del elemento piramidal que se calienta por energía solar y una pared piramidal interna espaciada hacia dentro de la pared exterior. El concepto es intentar atrapar la energía solar entre las paredes externas convergentes de las pirámides adyacentes.

35 Debe observarse que para los fines de esta especificación, el término "tubo" pretende significar un cilindro hueco alargado de forma generalmente constante en sección transversal a lo largo de su longitud. Normalmente, la longitud del tubo será al menos dos veces y generalmente al menos cinco veces el tamaño de la sección transversal, y más comúnmente de 5 a 20 veces el tamaño de la sección transversal, o más. Se conoce un receptor de energía solar que usa dichos tubos del documento FR 2 432 147. Este receptor conocido tiene una cámara cerrada que admite radiación solar a través de una abertura de entrada que es pequeña con respecto al área del espacio de la cámara. El gas pasa a través de un circuito cerrado que incluye una tubería en contacto de intercambio de calor con el revestimiento refractario de la cámara. El circuito cerrado tiene un número de tuberías de derivación separadas que se proyectan en el espacio de la cámara. Cada tubería de derivación es libre de expandirse y contraerse sin crear tensión en el ensamblaje.

Resumen de la invención

45 De acuerdo con esta invención, se proporciona un receptor solar central que tiene un ensamblaje de intercambiador de calor con paredes que forman una cámara de entrada y una cámara de salida generalmente yuxtapuestas conectadas entre sí por medio de una multitud de ensamblajes de tubos, cada uno de los cuales tiene un tubo interno y un tubo exterior con los ensamblajes de tubos que se extienden hacia afuera de las cámaras de entrada y salida, en donde un extremo remoto del tubo exterior está cerrado y el tubo interno termina cerca de ese extremo cerrado, en donde el interior de cada tubo interno se comunica con una de las cámaras de entrada y salida y un espacio entre cada uno de los tubos interno y exterior se comunican con el otro de las cámaras de entrada y salida, de modo que se forma un pasaje para conectar las cámaras de entrada y salida a través del interior del tubo interno y un espacio entre los tubos interno y exterior con un cambio en la dirección del flujo de aproximadamente 180° en o hacia el extremo cerrado del tubo exterior de cada ensamblaje de tubo en donde los ensamblajes de tubo tienen una de una pluralidad

de longitudes diferentes que se extienden en una dirección generalmente radial lejos de las cámaras, de modo que los extremos cerrados de los tubos exteriores de los ensamblajes de tubos se encuentran a diferentes distancias de las cámaras de entrada y salida. La invención prevé que una de las cámaras de entrada y salida se ubique dentro de la otra, de modo que una se convierta en una cámara interna y la otra se convierta en una cámara exterior con los tubos internos de cada ensamblaje de tubos que pasan desde la cámara interna a través de la cámara exterior y hacia el tubo exterior de cada ensamblaje con el resultado de que el tubo interno se conecta con la cámara interna y el tubo exterior se conecta con la cámara exterior; para que el extremo cerrado de cada ensamblaje de tubo sea de forma abovedada, típicamente semiesférica; y para que las paredes de las cámaras de entrada y salida tengan una forma esférica en parte concéntrica o, alternativamente, una forma cilíndrica concéntrica o cilíndrica en parte en cualquiera de los casos los ensamblajes de tubos se extienden generalmente radialmente con respecto a las paredes concéntricas.

Todavía otras características de la invención proporcionan que los tubos internos estén libres para moverse al menos axialmente dentro de los tubos exteriores, minimizando así los esfuerzos térmicos; y para una disposición de lengüetas que puede ser recta o seguir una trayectoria helicoidal entre los tubos interno y exterior de cada ensamblaje de tubo para mejorar la transferencia de calor al gas que fluye dentro del pasaje y limitar el tubo interno a un movimiento aproximadamente coaxial en relación con el tubo exterior, en caso de que la expansión y la contracción se produzcan en diferentes partes del ensamblaje del intercambiador de calor.

Con el fin de que las características anteriores y otras de la invención puedan entenderse más completamente, se describirán ahora diferentes realizaciones de la invención con referencia a los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

En los dibujos: -

La figura 1 es un alzado esquemático parcialmente seccionado de una realización de un receptor solar central de acuerdo con la invención;

La figura 2 es un alzado lateral esquemático detallado de un grupo de ensamblajes de tubos que forman parte de la realización de la invención ilustrada en la figura 1;

La figura 3 es una sección esquemática tomada en una línea larga III - III en la figura 2:

La figura 4 es la misma que la figura 3 pero muestra un escudo contra el viento adicional instalado entre los ensamblajes de tubos de un grupo de ellos;

La figura 5 es una sección transversal esquemática tomada a través de un ensamblaje de tubo y que muestra más claramente la construcción del mismo;

La figura 6 es una sección longitudinal esquemática a través de un ensamblaje de tubo que muestra solo partes del mismo con secciones longitudinales separadas y que ilustra el flujo de aire en su interno;

La figura 7 es un alzado esquemático en sección parcial de una segunda realización del receptor solar central de acuerdo con la invención;

La figura 8 es un alzado esquemático en sección parcial de una tercera realización del receptor solar central de acuerdo con la invención;

La figura 9 es una ilustración esquemática de una disposición de un campo de heliostatos y una torre central que soporta un receptor solar central; y,

La figura 10 es un diagrama de circuito esquemático de una planta colectora de energía solar de concentración básica que puede emplear un receptor solar central de acuerdo con la invención.

Descripción detallada con referencia a los dibujos.

En la realización de la invención ilustrada esquemáticamente en los dibujos adjuntos, un receptor solar central, indicado generalmente por el numeral (1), tiene un ensamblaje de intercambiador de calor con paredes que forman una cámara (2) de entrada interna y una cámara (3) de salida externa yuxtapuesta generalmente concéntrica en donde las dos cámaras están conectadas entre sí por medio de una multitud de ensamblajes (4) de tubos. Las dos cámaras son de forma esférica en parte concéntrica en esta realización de la invención, de modo que la irradiación solar reflejada de un campo de heliostato puede recibirse adecuadamente y los ensamblajes de tubos se extienden con sus ejes generalmente radiales con respecto a las paredes concéntricas de las dos cámaras, es decir, en la dirección general desde la que se recibirá la irradiación, en uso.

Por lo tanto, los ensamblajes de tubos se extienden en una dirección generalmente inclinada hacia abajo, como se muestra más claramente en el lado izquierdo de la figura 1, y sus extremos exteriores terminan en una de una serie

de envolturas cilíndricas generalmente achatadas que se muestran como rectángulos horizontales alargados en el lado derecho de la figura 1.

5 Cada uno de los ensamblajes de tubos tiene, como se muestra más claramente en las figuras 3 a 6, un tubo (6) interno y un tubo (7) exterior con los ensamblajes de tubos que se extienden lejos de las cámaras de entrada y salida. Un extremo (8) cerrado remoto del tubo exterior está en una posición más externa en relación con las cámaras de entrada y salida. El extremo cerrado de cada tubo exterior de cada ensamblaje de tubo tiene una forma abovedada, típicamente semiesférica, para facilitar el cambio de dirección de los gases que inciden en el extremo cerrado al cambiar su dirección de flujo a 180°.

10 El tubo (6) interno termina por debajo del extremo (8) cerrado del tubo exterior. Hacia su otro extremo, el tubo interno se extiende a través de la cámara (3) de salida exterior de modo que su extremo (9) más interno se comunica con la cámara (2) de entrada interna.

El tubo (7) exterior de cada ensamblaje de tubo se comunica entre el extremo cerrado del mismo y la cámara (3) de salida de manera que hay disponible un espacio (11) entre cada uno de los tubos interno y exterior para el flujo de gas desde el extremo cerrado del tubo exterior a la cámara de salida.

15 De esta manera, se forma un pasaje que conecta las cámaras de entrada y salida a través del interior del tubo interno y el espacio entre los tubos interno y exterior con un cambio en la dirección del flujo de 180° en o hacia el extremo cerrado del tubo exterior del ensamblaje del tubo. De este modo, el tubo interno se conecta con la cámara interna y el tubo exterior se conecta con la cámara exterior.

20 Para que los ensamblajes de tubos absorban una cantidad satisfactoria de energía solar que incide en el receptor solar central, los ensamblajes de tubos tienen en el presente caso tres longitudes diferentes, que se extienden en una dirección generalmente radial lejos de las cámaras. Siendo así, los extremos cerrados de los tubos exteriores de los ensamblajes de tubos están a diferentes distancias de las cámaras de entrada y salida.

25 Los tubos de diferentes longitudes están dispuestos en grupos de ellos con un ensamblaje (4.1) de tubo más largo central rodeado por seis ensamblajes (4.2) de tubos de longitud intermedia igualmente espaciados angularmente y ensamblajes (4.3) de tubos de longitud más corta que rodean el más largo central con los tubos de longitud intermedia y tubos de longitud más corta alternados en la dirección circunferencial. Esta disposición se muestra en las figuras 2 a 4.

30 Además, se entenderá que los tubos están diseñados para la absorción de la radiación solar de la forma habitual y que la naturaleza exacta de las superficies que absorben el calor de los mismos no tiene ninguna consecuencia para la presente invención, aunque tiene un efecto sobre la eficiencia del receptor solar central.

La disposición da lugar a un ensamblaje generalmente hemisférico truncado dirigido hacia abajo, como se muestra claramente en la figura 1 con una entrada (12) de aire central que se comunica con la cámara de entrada y una salida (13) de aire central que se comunica con la cámara de salida por medio de un soporte (14) vertical para el receptor solar central.

35 Con el fin de adaptarse a la expansión y contracción diferencial, los tubos internos se pueden mover de manera longitudinal dentro de los tubos exteriores, minimizando así las tensiones térmicas. Con el fin de lograr esto y mejorar la transferencia de calor, se proporciona una disposición de formaciones (16) de lengüetas en el interior del tubo exterior entre los tubos interno y exterior de cada ensamblaje de tubo. Convenientemente, las lengüetas están formadas entre las paredes de pasajes (17) generalmente rectangulares que se extienden longitudinalmente. Las lengüetas pueden extenderse rectas a lo largo de la longitud de los tubos o, alternativamente, pueden seguir una trayectoria generalmente helicoidal.

40 Se prevé que puede haber un efecto negativo del impacto del viento en un receptor central como se describe anteriormente y se prevé que se puedan tomar varias medidas para contrarrestar estos efectos negativos. La figura 4 ilustra una propuesta en la que un parabrisas (19) está interpuesto entre varios ensamblajes de tubos de un grupo de ellos. Se pueden tomar muchas otras medidas.

45 Los tubos pueden tener diámetros de 10 a 100 mm y alturas de lengüeta generalmente dentro del rango de 5 mm a 20 mm. Las dimensiones del pasaje de flujo y, por lo tanto, los diámetros internos de los tubos se seleccionan para diferentes longitudes de tubos con el fin de alcanzar una tasa de flujo de aire óptima a través de tubos individuales, lo que da como resultado un ensamblaje de intercambiador de calor que tiene una eficacia satisfactoria. Las longitudes de los tubos pueden ser, por ejemplo, de aproximadamente 5 a 20 diámetros de tubo para los tubos más cortos, por ejemplo de aproximadamente 12 a 14 diámetros; de 15 a 35 diámetros para tubos de longitud media, por ejemplo alrededor de 30; y de 20 diámetros hacia arriba para los tubos más largos, por ejemplo, alrededor de 40. Los materiales de los tubos deben ser lo suficientemente fuertes para soportar las altas presiones y temperaturas, y deben tener una conductividad térmica adecuadamente alta.

55 Para uso, y con referencia a las figuras 8 y 9, la entrada está conectada a la salida de un compresor (21) adecuado de manera conocida, de modo que el aire bajo presión se suministra a la cámara de entrada. El aire a presión fluye

- 5 desde la cámara de entrada a lo largo de los múltiples tubos internos de los ensamblajes de tubos múltiples e invierte la dirección en los extremos cerrados de los tubos exteriores para pasar a través del espacio entre el tubo interno y el tubo exterior y, posteriormente, entrar en la cámara de salida y pasar a través de una salida. La disposición (1) del receptor central para una instalación de energía solar está montada en el extremo superior de una torre (22) en un campo de heliostatos (23).
- Debe observarse que mientras se usa aire como fluido de trabajo en la realización de la invención descrita anteriormente, se puede usar cualquier otro fluido de trabajo adecuado como será bastante evidente para los expertos en la técnica.
- 10 La disposición del receptor central comprende el receptor (1) de energía solar de aire presurizado de acuerdo con la invención que se encuentra ubicado corriente abajo del compresor (21) y corriente arriba de una cámara (26) de combustión opcional para que el combustible aumente la temperatura del gas según sea necesario y la unidad de expansión de una turbina (27) de gas. La turbina de gas puede estar dispuesta para impulsar tanto el compresor como un generador (28) eléctrico. La disposición generalmente funcionaría en un ciclo de Brayton.
- 15 El concepto de intercambiador de calor descrito anteriormente es uno en donde el calor de la radiación solar concentrada se puede transferir efectivamente a una corriente de aire presurizado a alta temperatura.
- Para plantas de energía de receptor central más grandes, la forma externa general del receptor puede ser una forma cilíndrica generalmente circular como se muestra en la figura 7.
- 20 Por supuesto, se puede emplear cualquier otra forma, como una forma generalmente cilíndrica que tenga una parte convexa inferior como se muestra en la figura 8. Es de notar que en este caso los ensamblajes de tubos se extienden en una dirección generalmente inclinada hacia abajo, como se muestra más claramente en el lado izquierdo de la figura 8, y sus extremos exteriores terminan en envolturas cilíndricas generalmente achatadas que se muestran como rectángulos horizontales alargados en el lado derecho de la figura 8.
- 25 En todos los casos, el ángulo al que se extienden los ensamblajes de tubos se encuentra en la misma dirección general desde la que se recibe la radiación solar reflejada, aunque puede no ser exactamente así, dependiendo de los requisitos y los factores de diseño.
- En ciertas aplicaciones, la dirección de flujo del fluido de trabajo en los tubos puede invertirse y los tubos internos pueden tener lengüetas. Como alternativa a las lengüetas, se pueden emplear insertos de cinta retorcida para mejorar la transferencia de calor. Se pueden emplear fluidos de transferencia de calor distintos del aire, según sea apropiado.
- 30 Debe observarse que esta disposición del receptor central puede absorber la radiación de un campo de heliostato de 360° si es necesario.

**REIVINDICACIONES**

1. Un receptor (1) solar central que tiene un ensamblaje de intercambiador de calor con paredes que forman una cámara (2) de entrada y una cámara (3) de salida generalmente yuxtapuesta conectadas entre sí mediante una multitud de ensamblajes (4) de tubos, cada uno de los cuales tiene un tubo (6) interno y un tubo (7) exterior con los  
5 ensamblajes de tubos que se extienden lejos de las cámaras de entrada y salida, en donde un extremo (8) remoto del tubo exterior está cerrado y el tubo interno termina cerca de ese extremo cerrado, en donde el interior de cada tubo interno se comunica con una de las cámaras de entrada y salida y un espacio entre cada uno de los tubos interno y exterior se comunica con la otra de las cámaras de entrada y salida de manera que se forma un pasaje para conectar las cámaras de entrada y salida por medio del interior del tubo interno y un espacio (11) entre los tubos interno y exterior con un cambio en la dirección del flujo de aproximadamente 180° en o hacia el extremo cerrado del tubo exterior de cada ensamblaje de tubo, en donde una de las cámaras (2, 3) de entrada y salida está ubicada dentro de la otra para que una se convierta en una cámara interna y la otra se convierta en una cámara externa con los tubos internos de cada ensamblaje de tubos que pasan desde la cámara interna a través de la cámara exterior y dentro del tubo exterior de cada ensamblaje con el resultado de que el tubo interno se conecta con la cámara interna y el tubo exterior se conecta con la cámara exterior, en donde el receptor solar se caracteriza porque los ensamblajes de tubo tienen una de una pluralidad de longitudes diferentes que se extienden en una dirección generalmente radial lejos de las cámaras de modo que los extremos cerrados de los tubos exteriores de los ensamblajes de tubos estén a diferentes distancias de las cámaras (2, 3), en donde los tubos de diferentes longitudes están dispuestos en grupos de ellos con un ensamblaje (4.1) de tubo más largo central rodeados de ensamblajes (4.2) de tubos de longitud intermedia espaciados angularmente y ensamblajes (4.3) de tubos de longitud más corta que rodean el uno más largo central con los tubos de longitud intermedia y los tubos de longitud más corta alternados en la dirección circunferencial.
2. Un receptor solar central como es reivindicado en la reivindicación 1, en el que el extremo cerrado de cada ensamblaje de tubo tiene forma abovedada.
3. Un receptor solar central como es reivindicado en la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde las paredes de las cámaras de entrada y salida son de forma esférica en general de piezas concéntricas..  
25
4. Un receptor solar central como es reivindicado en la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde las paredes de las cámaras de entrada y salida son generalmente cilíndricas concéntricas o parcialmente cilíndricas.
5. Un receptor solar central como es reivindicado en la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde las paredes de las cámaras de entrada y salida tienen una forma generalmente cilíndrica que tiene una parte convexa inferior.
6. Un receptor solar central como es reivindicado en la reivindicación 1, en donde los ensamblajes de tubos tienen tres o cuatro longitudes (4.1, 4.2, 4.3) diferentes.  
30
7. Un receptor solar central como es reivindicado en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde los tubos internos están libres para moverse axialmente dentro de los tubos exteriores para minimizar así las tensiones térmicas.
8. Un receptor solar central como es reivindicado en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde se proporciona una disposición de lengüetas (16) que puede ser recta o seguir una trayectoria helicoidal entre los tubos interno y exterior de cada ensamblaje de tubo.  
35
9. Un receptor solar central como es reivindicado en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la longitud de cada tubo es al menos el doble del tamaño de la sección transversal.
10. Un receptor solar central como es reivindicado en la reivindicación 9, en donde las longitudes de los tubos son al menos 5 veces el tamaño de la sección transversal.  
40
11. Un receptor solar central como es reivindicado en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde las longitudes de los tubos son de 5 a 40 diámetros de tubo.



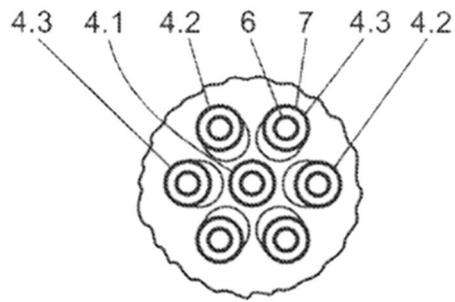


Figura 3

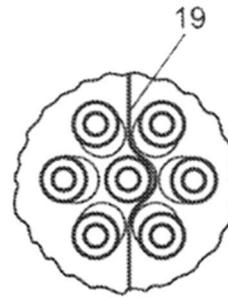


Figura 4

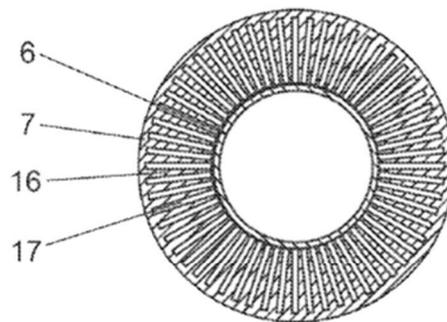


Figura 5

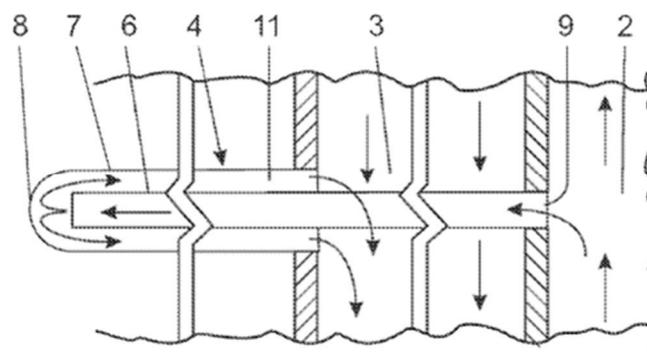


Figura 6

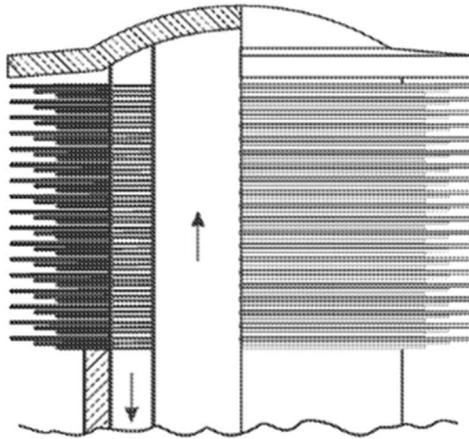


Figura 7

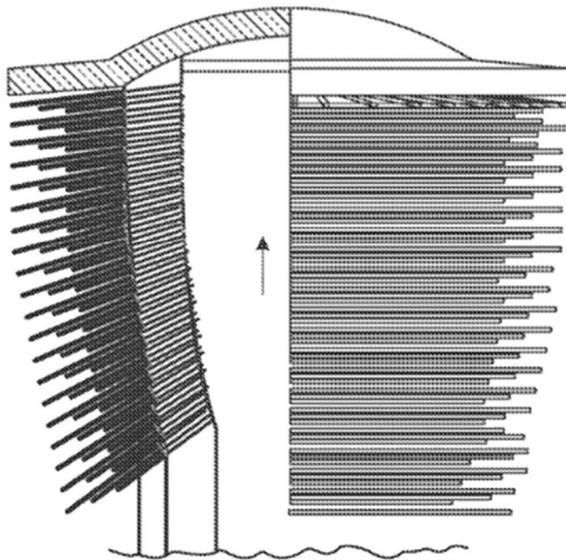


Figura 8

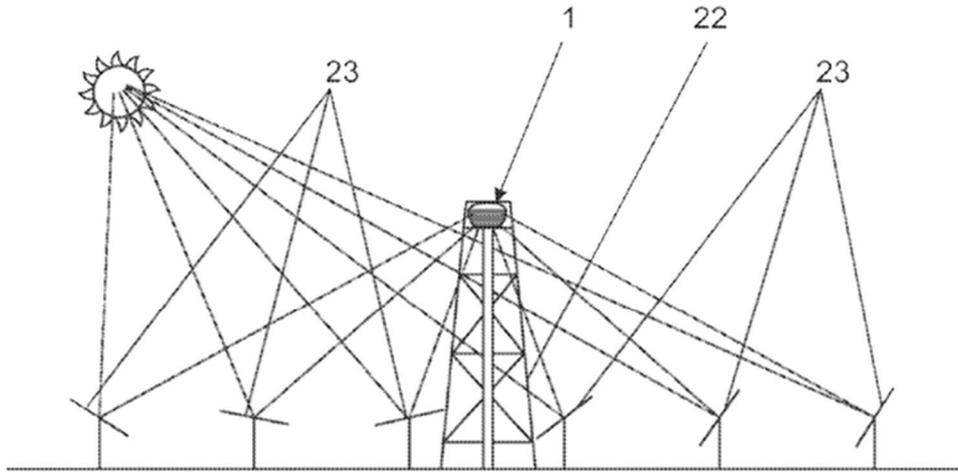


Figura 9

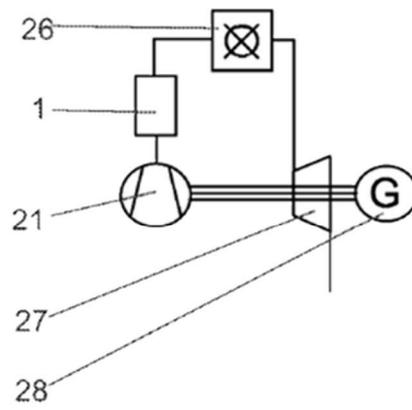


Figura 10