

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 780 352**

51 Int. Cl.:

F22B 1/00 (2006.01)

F22B 29/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.08.2012 PCT/EP2012/066234**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.03.2013 WO13030036**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.08.2012 E 12748696 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2020 EP 2751480**

54 Título: **Central solar térmica**

30 Prioridad:
31.08.2011 DE 102011081920

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.08.2020

73 Titular/es:
**SOLARLITE CSP TECHNOLOGY GMBH (100.0%)
Schloss Duckwitz
17179 Duckwitz, DE**

72 Inventor/es:
KRÜGER, JOACHIM

74 Agente/Representante:
LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 780 352 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

Central solar térmica

5 La presente invención se refiere a una central solar térmica con evaporación directa de un portador de calor. Existe una pluralidad de tipos diferentes de centrales solares térmicas. Junto a las centrales de torre solar e instalaciones de colectores Fresnel existen las centrales de colectores cilindro-parabólicos, en las que el sol se refleja a través de reflectores cilindro-parabólicos sobre absorbedores tubulares, a través de los que se conduce un medio portador de calor. Varios de estos reflectores cilindro-parabólicos, que también se designan como segmentos cilindro-
10 parabólicos, forman un colector cilindro-parabólico.

Las centrales de colectores cilindro-parabólicos se usan con frecuencia para la generación de vapor, a fin de hacer funcionar una turbina de vapor a través de un circuito de vapor de agua convencional. A este respecto, básicamente se usan dos construcciones diferentes. En sistemas muy difundidos, a través de los colectores cilindro-parabólicos se calienta un aceite que emite la energía térmica a un circuito de vapor de agua a través de un intercambiador de calor. Por consiguiente, tiene lugar una evaporación indirecta. Además, se conoce que los colectores cilindro-
15 parabólicos sean parte del circuito de vapor de agua y en los colectores cilindro-parabólicos tenga lugar la evaporación. En un sistema de este tipo también se habla de la evaporación directa. Centrales de este tipo se conocen, por ejemplo, por el documento EP 2 053 242 A2 y DE 101 52 968 C1.

20 Los sistemas en los que se usa un circuito de aceite tienen la desventaja de que debido a la evaporación indirecta se producen pérdidas de calor irreversibles.

En las centrales de tecnología cilindro-parabólica con evaporación directa, los colectores cilindro-parabólicos están dispuestos la mayoría de las veces en hileras y están conectados en paralelo. Disposiciones de este tipo se conocen, por ejemplo, por el documento DE 10 2006 021972 A1, WO 2010/145970 A2 y DE 103 26 027 A1. A este respecto, un suministro del portador de calor se realiza en el un extremo de las hileras a través de una línea de suministro común y una toma del portador de calor calentado en el otro extremo de la hilera a través de una línea colectora común. Las líneas colectoras, que transportan el portador de calor evaporado, tienen junto con las líneas
25 de suministro comunes una gran necesidad de espacio en un campo solar. Dado que las hileras de colectores cilindro-parabólicos siempre están orientadas en la dirección norte - sur, una disposición de este tipo tiene además una gran necesidad de espacio en esta dirección, para poder prestar las propiedades deseadas del portador de calor en la línea colectora, como temperatura y presión. Las hileras de colectores cilindro-parabólicos poseen con frecuencia una longitud de 700 m y más, de modo que una central solar térmica de este tipo tiene una gran
30 necesidad de espacio en la dirección norte - sur. Por ello, muchos terrenos, en particular cuando estos están dispuestos cerca de los puntos de alimentación de electricidad, solo son apropiados de forma condicionada para las centrales solares térmicas.

Los colectores cilindro-parabólicos también requieren además un mantenimiento regular, en el que es ventajosa una aproximación directa con vehículos de mantenimiento. No obstante, un acceso entre las hileras de los colectores cilindro-parabólicos en las centrales solares térmicas conocidas solo es posible de forma condicionada debido a las líneas de alimentación comunes y línea colectora común. Para permitir un acceso entre las hileras, por ello las líneas de alimentación o líneas colectoras se instalan con frecuencia a gran altura, por ejemplo, al menos a 5 m, a fin de permitir el acceso para los vehículos de mantenimiento. Esto significa un elevado coste técnico constructivo.
40

45 El documento DE 10 2009 047 204 A1 da a conocer una central solar térmica según el preámbulo de la reivindicación 1.

50 Por lo tanto, el objeto de la presente invención es proporcionar una central solar térmica, que presente una necesidad de espacio reducida respecto a las centrales conocidas en la dirección norte - sur y en la que se simplifique el acceso a los colectores individuales con finalidades de mantenimiento.

La central solar térmica según la invención se define por las características de la reivindicación 1.

55 La invención prevé una central solar térmica con evaporación directa de un portador de calor con colectores cilindro-parabólicos, que se componen respectivamente de varios segmentos cilindro-parabólicos, donde a través de los colectores cilindro-parabólicos se puede suministrar energía térmica de la luz solar al portador de calor, y con al menos una turbina de gas que se puede accionar a través del portador de calor evaporado. La invención está caracterizada por la disposición de los colectores cilindro-parabólicos en varios bucles ("loops"), donde los bucles
60 están conectados en paralelo y un primer número de colectores cilindro-parabólicos forma un evaporador y un segundo número de colectores cilindro-parabólicos forma un sobrecalentador. La conexión paralela de varios bucles de los colectores cilindro-parabólicos se realiza a través de una línea de suministro común y una línea colectora común.

65 Mediante la disposición según la invención de los colectores cilindro-parabólicos en varias hileras se consigue un concepto de flujo de retorno. De este modo se puede reducir claramente la necesidad de espacio de la central solar

térmica en la dirección norte - sur, en la que están dispuestos los colectores cilindro-parabólicos. Además, la disposición de los colectores cilindro-parabólicos en varias hileras, donde los bucles están conectados en paralelo, provoca que las líneas de conexión, como la línea de alimentación común y la línea colectora común, se pueden aproximar desde un lado a los bucles. Por ello, es posible un acceso a los bucles y por consiguiente a los colectores cilindro-parabólicos desde el otro lado de manera ventajosa. Por consiguiente, es posible un acceso entre los bucles, de modo que cada colector cilindro-parabólico se puede alcanzar al menos desde un lado, de modo que se simplifica el mantenimiento de los colectores cilindro-parabólicos.

Dado que un primer número de colectores cilindro-parabólicos forman un evaporador y un segundo número de colectores cilindro-parabólicos forman un sobrecalentador, el evaporador y sobrecalentador están configurados de forma separada entre sí y se pueden controlar por consiguiente de manera ventajosa. Gracias al sobrecalentamiento del vapor es posible un rendimiento especialmente elevado de la central solar térmica.

Además, mediante la previsión de una disposición en bucle de los colectores cilindro-parabólicos se pueden mantener muy cortas las líneas de conexión para los colectores cilindro-parabólicos, en tanto que los otros componentes de la central solar térmica, como por ejemplo la turbina de vapor, una estación de control o la tecnología de proceso de instalación restante, están dispuestos directamente junto a los bucles de los colectores cilindro-parabólicos, y a saber en la zona de las líneas de conexión de los bucles. De este modo, en particular se puede mantener corta una línea colectora, que transporta el portador de calor evaporado, por lo que se reducen claramente los costes para una línea de este tipo, así como la pérdida de calor y presión que estaría presente en una línea más larga. La necesidad de espacio para las líneas de conexión también está claramente reducida. De este modo se puede materializar una central solar térmica especialmente económica y efectiva energéticamente.

Puede estar previsto que exista un bucle de cuatro a ocho colectores cilindro-parabólicos. En un ejemplo de realización especialmente preferido está previsto que existe un bucle de un número par N de colectores cilindro-parabólicos. El número N puede ser, por ejemplo, dos, cuatro, seis u ocho colectores cilindro-parabólicos. La invención puede prever que un bucle se componga de una primera hilera de colectores cilindro-parabólicos y una segunda hilera, dispuesta en paralelo a la primera hilera, de colectores cilindro-parabólicos, donde la primera y la segunda hilera están conectadas en un primer extremo para la formación del bucle. En el segundo extremo, las hileras pueden estar conectadas entonces con las líneas de conexión. Una disposición de este tipo posibilita la disposición de los colectores cilindro-parabólicos en bucles de una manera especialmente ventajosa. A este

respecto, puede estar previsto que la primera y la segunda hilera se compongan respectivamente de $\frac{N}{2}$ colectores cilindro-parabólicos. De este modo, en las primeras y segundas hileras dispuestas en paralelo se sitúan respectivamente los mismos colectores cilindro-parabólicos que se pueden disponer exactamente unos junto a otros. De este modo se aprovecha óptimamente la necesidad de espacio y se evitan tuberías innecesariamente largas.

Puede estar previsto que cada colector cilindro-parabólico presente entre ocho y diez segmentos cilindro parabólicos. Una disposición de este tipo ha resultado ser especialmente ventajosa. En un ejemplo de realización especialmente preferido de la invención está previsto que el evaporador y el sobrecalentador estén dispuestos de forma separada localmente. Esto permite una construcción de la central solar térmica según la invención de manera especialmente ventajosa energéticamente, en tanto que el evaporador y el sobrecalentador están dispuestos de manera óptima en referencia a los restantes componentes de la central, como por ejemplo la turbina de vapor o la tecnología de proceso de la instalación, a fin de mantener los más cortas posibles las líneas para el portador de calor, que presentan una necesidad de espacio especialmente elevada o una elevada pérdida de presión y por consiguiente son especialmente desventajosas energéticamente, como por ejemplo la línea colectora del vapor sobrecalentador.

A este respecto, puede estar previsto que los componentes de central, como por ejemplo la turbina de vapor, una estación de control y/o una tecnología de proceso de la instalación, estén dispuestos entre el evaporador y el sobrecalentador.

En un ejemplo de realización especialmente preferido de la invención está previsto que cada bucle del evaporador esté formado por seis colectores cilindro-parabólicos y/o porque cada bucle del sobrecalentador esté formado por dos colectores cilindro-parabólicos. Una disposición de este tipo ha resultado ser especialmente ventajosa.

Los bucles están dispuestos además igualmente en paralelo entre sí, de modo que una segunda hilera de un bucle está dispuesta en paralelo a la primera hilera del bucle adyacente.

Puede estar previsto que cada colector cilindro-parabólico del evaporador presente diez segmentos cilindro parabólicos y/o cada colector cilindro-parabólico del sobrecalentador presente nueve o diez segmentos cilindro-parabólicos.

La invención puede prever que el sobrecalentador presente una instalación de inyección intermedia. A través de una

inyección intermedia se puede regular la temperatura del portador de calor en el sobrecalentador de manera ventajosa. A este respecto, puede estar previsto que la instalación de inyección intermedia esté conectada entre dos colectores cilindro-parabólicos. En un sobrecalentador con dos colectores cilindro-parabólicos por bucle, la instalación de inyección intermedia está conectada por consiguiente entre los dos colectores cilindro-parabólicos del bucle. Además, puede estar previsto que la instalación de inyección intermedia esté conectada con la línea colectora del sobrecalentador, donde esta instalación de inyección intermedia se abastece, por ejemplo, con agua de alimentación.

En un ejemplo de realización especialmente preferido de la invención está previsto que la distancia entre los ejes centrales de la primera y la segunda hilera de un bucle sea menor de 3 veces la anchura de apertura de un colector cilindro-parabólico. En particular puede estar previsto que la distancia sea 2,4 veces la anchura de apertura de un colector cilindro-parabólico.

La invención puede prever además que la distancia entre el eje central de la segunda hilera de un bucle y el eje central de la primera hilera de un bucle adyacente sea menor de 3 veces la anchura de apertura de un colector cilindro-parabólico. En particular, esta distancia puede ser 2,4 veces la anchura de apertura de un colector cilindro-parabólico. En otras palabras: en el caso de una disposición paralela de los bucles entre sí, la distancia entre las hileras de los colectores cilindro-parabólicos siempre es, por ejemplo, 2,4 veces la anchura de apertura de un colector cilindro-parabólico.

Mediante una disposición de este tipo se puede optimizar aún más la necesidad de espacio de la central solar térmica. En el caso de una anchura de apertura de los colectores cilindro-parabólicos de, por ejemplo, 4,60 m y una distancia, que tiene 2,4 veces a anchura de apertura, la necesidad de espacio respecto a una distancia que es de 3 veces la anchura de apertura se reduce en casi el 20%. Por el contrario, la pérdida que se origina debido al sombreado de los colectores cilindro-parabólicos individuales por otros colectores cilindro-parabólicos es menor del 2%.

A continuación, la invención se explica más en detalle en referencia a la única figura.

La figura muestra una vista en planta esquemática de una central solar térmica 1 según la invención. La central solar térmica 1 se compone de un evaporador 2 y un sobrecalentador 3.

El evaporador 2 está formado por un primer número de colectores cilindro-parabólicos 4 y el sobrecalentador 3 de un segundo número de colectores cilindro-parabólicos 4.

Los colectores cilindro-parabólicos 4 se componen respectivamente de varios segmentos cilindro-parabólicos 5. A este respecto, los colectores cilindro-parabólicos 4a del evaporador 2 se componen de diez segmentos cilindro-parabólicos 5, mientras que los colectores cilindro-parabólicos 4b del sobrecalentador 3 se componen respectivamente de nueve segmentos cilindro-parabólicos 5.

Los colectores cilindro-parabólicos 4a, 4b están dispuestos respectivamente en varios bucles 6a, 6b, que están conectados en paralelo. A este respecto, los bucles 6a del evaporador 2 se componen respectivamente de seis colectores cilindro-parabólicos 4a. Los bucles 6b del sobrecalentador 3 se componen respectivamente de dos colectores cilindro-parabólicos 4b.

Los bucles 6a de los colectores cilindro-parabólicos 4a del evaporador 2 se componen respectivamente de una primera hilera 7 de colectores cilindro-parabólicos 4a y una segunda hilera 8, dispuesta en paralelo a la primera hilera 7, de colectores cilindro-parabólicos 4a. La primera y la segunda hilera 7, 8 están conectadas entre sí en un primer extremo 9 para la formación del bucle 6a. El bucle 6a se compone de un número par $N = 6$ colectores cilindro-

parabólicos 4a. Por consiguiente, la primera y la segunda hilera se componen respectivamente de $\frac{N}{2} = 3$ colectores cilindro-parabólicos 4a.

Los bucles 6a del evaporador 2 están dispuestos en paralelo entre sí. En un segundo extremo 10, las líneas de conexión están conectadas con los colectores 4a de los bucles 6a. A este respecto, en el segundo extremo 10 de las primeras hileras 7 de los bucles 6a está conectada una línea común 11. En el segundo extremo 10 de las segundas hileras 8 de los bucles 6a está conectada una línea colectora 12, a través de la que se evacúa el portador de calor evaporado. El portador de calor evaporado se conduce entonces a través de otras líneas no designadas más en detalle al sobrecalentador 3. Los bucles 6b del sobrecalentador 3 están formados respectivamente solo por dos colectores cilindro-parabólicos 4b dispuestos en paralelo. Evidentemente también es posible que más de dos colectores cilindro-parabólicos 4b formen un bucle del sobrecalentador 3, donde entonces estos colectores cilindro-parabólicos 4b pueden estar dispuestos de manera similar a los colectores cilindro-parabólicos 4a del evaporador en las primeras y segundas hileras para la formación del bucle 6b.

- Los colectores cilindro-parabólicos 4b dispuestos en paralelo de un bucle 6b están conectados entre sí en un primer extremo 15 para la formación del bucle 6b. En un segundo extremo 13 se abastecen los primeros colectores 4b1 a través de una línea común con vapor desde la línea colectora 12 del evaporador 2, donde el vapor se ha purificado anteriormente en un separador de vapor no representado de agua líquida. A través de una segunda línea colectora
- 5 14 se retira el vapor sobrecalentador del sobrecalentador 3 y se le suministra a una turbina de vapor 20. Después de la expansión en la turbina de vapor 20, el vapor se le suministra entonces a un condensador no representado y a una tecnología de proceso de la instalación adicional, donde el vapor condensado se le suministra de nuevo como portador de calor líquido al evaporador 2.
- 10 La central solar térmica 1 según la invención puede presentar además una instalación de inyección intermedia 16, que está conectada con el sobrecalentador 3. A través de la instalación de inyección intermedia 16 se puede realizar un enfriamiento intermedio en el sobrecalentador 3 mediante inyección de un medio portador de calor más frío, por lo que es posible una regulación de la temperatura. La inyección intermedia 16 está conectada preferentemente entre los dos colectores cilindro-parabólicos 4b1, 4b2. Además, la instalación de inyección intermedia 16 puede estar
- 15 conectada con la segunda línea colectora 14.
- Mediante la disposición de los colectores cilindro-parabólicos 4a, 4b en bucles, en el primer extremo 9 en el evaporador 2 o en el primer extremo 15 en el sobrecalentador 3 no están dispuestas respectivamente líneas de conexión comunes, de modo que quedan libres respectivamente los accesos 18 entre los bucles 6a, 6b. A través de
- 20 estos accesos pueden circular los vehículos de mantenimiento entre los bucles 6a, 6b, a fin de efectuar las tareas de mantenimiento en los colectores cilindro-parabólicos 4a, 4b. De este modo se puede llegar a cada uno de los colectores cilindro-parabólicos 4a, 4b al menos desde un lado, de modo que se simplifica esencialmente el mantenimiento.
- 25 Además, mediante la disposición según la invención en bucles 6a, 6b es posible una disposición compacta de los colectores para la formación de la central solar térmica 1, de modo que, en la dirección norte - sur, en la que están dispuestos los colectores cilindro-parabólicos 4a, 4b, es necesaria una menor necesidad de espacio que en las centrales solares térmicas convencionales.
- 30 Dado que el evaporador 2 y el sobrecalentador 3 están dispuestos de forma separada localmente, pueden estar dispuestos otros componentes técnicos la de instalación de la central solar térmica 1, como por ejemplo al menos una turbina de gas 20 o una estación de control no representada y una tecnología de proceso de la instalación adicional no designada más en detalle, entre el evaporador 2 y el sobrecalentador 3, por lo que se puede optimizar la longitud de las líneas de conexión y unión, como por ejemplo la línea de suministro 11, la línea colectora 12 y la
- 35 segunda línea colectora 14. De este modo se pueden reducir las pérdidas de presión en estas líneas.
- La distancia entre las primeras y segundas hileras 7, 8 adyacentes en el evaporador y colectores cilindro-parabólicos 4b, 4b1, 4b2 adyacentes en el sobrecalentador es respectivamente de 2,4 veces la anchura de apertura de un colector cilindro-parabólico 4a, 4b. En el caso de una anchura de apertura de 4,6, la distancia puede ser, por
- 40 consiguiente, por ejemplo, de aprox. 11 m. De este modo se puede reducir considerablemente la necesidad de espacio respecto a las centrales convencionales, que poseen con frecuencia una distancia mayor en un 25% y más. Simultáneamente, la pérdida por sombreado de los colectores cilindro-parabólicos individuales debido a los colectores cilindro-parabólicos adyacentes es casi despreciable, de modo que en conjunto se posibilita una contribución energética esencialmente más elevada por unidad de superficie con la central solar térmica 1 según la
- 45 invención.

REIVINDICACIONES

1. Central solar térmica (1) con vaporización directa de un portador de calor con colectores cilindro-parabólicos (4a, 4b), que se componen respectivamente de varios segmentos cilindro-parabólicos (5), donde a través de los colectores cilindro-parabólicos (4a, 4b) se puede suministrar energía térmica de la luz solar al portador de calor, y con al menos una turbina de vapor (20), que se puede accionar a través del portador de calor evaporado, donde un primer número de colectores cilindro-parabólicos (4a) forman un evaporador (2), y un segundo número de colectores cilindro-parabólicos (4b) forman un sobrecalentador (3), donde los colectores cilindro-parabólicos (4a) del evaporador (2) están conectados en paralelo a través de un suministro común (11) y una línea colectora común (12) y donde los colectores cilindro-parabólicos (4b) del sobrecalentador (3) están conectados en paralelo a través de un suministro común y una línea colectora común (14), donde los colectores cilindro-parabólicos (4a) del evaporador están dispuestos en varios bucles (6a), y donde los colectores cilindro-parabólicos (4b) del sobrecalentador (3) están dispuestos en varios bucles (6b), caracterizada porque la línea de suministro común (11) y la línea colectora común (12) del evaporador (2) están conducidas desde un lado a los bucles (6a) de los colectores cilindro-parabólicos (4a) del evaporador (2) y porque la línea de suministro común y la línea colectora común (14) del sobrecalentador (3) están conducidas desde un lado a los bucles (6b) de los colectores cilindro-parabólicos (4b) del sobrecalentador (3).
2. Central solar térmica (1) según la reivindicación 1, caracterizada porque un bucle (6a, 6b) está compuesto de dos a ocho colectores cilindro-parabólicos (4a, 4b).
3. Central solar térmica (1) según la reivindicación 1 o 2, caracterizada porque un bucle está compuesto de un número par (N) de colectores cilindro-parabólicos.
4. Central solar térmica (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada porque un bucle (6a, 6b) está compuesto de una primera hilera (7) de colectores cilindro-parabólicos (4a) y una segunda hilera (8) dispuesta en paralelo a la primera hilera (7) de colectores cilindro-parabólicos (4a), donde la primera y la segunda hilera (7, 8) están conectadas en un primer extremo (9) para la formación del bucle (6a, 6b).
5. Central solar térmica (1) según la reivindicación 4, caracterizada porque la primera y la segunda hilera (7, 8) están compuestas respectivamente de $\frac{N}{2}$ colectores cilindro-parabólicos (4a).
6. Central solar térmica (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada porque cada colector cilindro-parabólico (4a, 4b) presenta entre ocho y diez segmentos cilindro-parabólicos (5).
7. Central solar térmica (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizada porque el evaporador (2) y el sobrecalentador (3) están dispuestos de manera separada localmente.
8. Central solar térmica (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizada porque entre el evaporador (2) y el sobrecalentador (3) está dispuesta la al menos una turbina de vapor (20), una estación de control y/o una tecnología de proceso de la instalación.
9. Central solar térmica (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizada porque cada bucle (6a) del evaporador (2) está formado por seis colectores cilindro-parabólicos (4a) y/o porque cada bucle (6b) del sobrecalentador (3) está formado por dos colectores cilindro-parabólicos (4b).
10. Central solar térmica (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizada porque cada colector cilindro-parabólico (4a) del evaporador (2) presenta diez segmentos cilindro-parabólicos (5) y/o cada colector cilindro-parabólico (4b) del sobrecalentador (3) presenta nueve segmentos cilindro-parabólicos (5).
11. Central solar térmica (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizada porque el sobrecalentador (3) presenta una instalación de inyección intermedia (16).
12. Central solar térmica (1) según la reivindicación 11, caracterizada porque la instalación de inyección intermedia (16) está conectada entre dos colectores cilindro-parabólicos (4a, 4b).
13. Central solar térmica (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizada porque la distancia entre los ejes centrales de la primera y la segunda hilera (7, 8) de un bucle (6a, 6b) tiene 2,4 veces la anchura de apertura de un colector cilindro-parabólico (4a, 4b).
14. Central solar térmica (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizada porque la distancia entre el eje central de la segunda hilera (8) de un bucle (6a) y el eje central de la primera hilera (7) de un bucle adyacente (6a) tiene 2,4 veces la anchura de apertura de un colector cilindro-parabólico (4a, 4b).

