

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 525 834**

51 Int. Cl.:

**F24J 2/07** (2006.01)

**F24J 2/16** (2006.01)

**F24J 2/10** (2006.01)

**F24J 2/54** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.07.2011** **E 11748258 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.09.2014** **EP 2606288**

54 Título: **Sistema solar de receptor central con un campo de helióstatos y procedimiento para la producción de un campo de helióstatos de tal sistema**

30 Prioridad:

**20.08.2010 DE 102010034986**

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

**30.12.2014**

73 Titular/es:

**SCHRAMEK, PHILIPP (100.0%)**  
**Muehlbergstrasse 26**  
**82319 Starnberg, DE**

72 Inventor/es:

**MAASS, JOACHIM**

74 Agente/Representante:

**AZNÁREZ URBIETA, Pablo**

**ES 2 525 834 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

Sistema solar de receptor central con un campo de helióstatos y procedimiento para la producción de un campo de helióstatos de tal sistema

5 La invención se refiere a procedimientos para diseñar un campo de helióstatos de un sistema solar de receptor central y a un sistema solar de receptor central con un campo de helióstatos, el cual consta de uno o más receptores, una pluralidad de helióstatos que forman el campo de helióstatos y que están dispuestos en una superficie base total preferentemente llana, presentando el helióstato un reflector que puede ajustarse alrededor de dos ejes de giro y que refleja la radiación solar a la superficie objetivo del o de los receptores según la altura del sol, siendo la superficie objetivo la abertura, el absorbedor térmico o el absorbedor  
10 fotovoltaico del receptor respectivo, teniendo el helióstato un primer eje de giro y un segundo eje de giro perpendicular al primero dispuesto en una superficie de montaje, estando fijos el primer eje de giro en relación con la superficie de montaje y el segundo eje de giro en relación con el reflector, y una estructura soporte a la que están fijados el o los receptores por encima de la superficie terrestre del campo de helióstatos.

15 **Estado actual de la técnica**

A continuación se explica por medio de las fig. 1 a 6 el funcionamiento básico de las centrales solares de torre o sistemas solares de torre ya conocidos.

20 En la fig. 1 se representa una central solar o sistema solar de torre ya conocido del documento US 4 172 443, que incluye una torre 120 sobre la que está instalado un receptor 110 donde unos helióstatos 190 concentran la radiación solar. El campo de helióstatos 130 está compuesto de una pluralidad de tales helióstatos 190. En otras torres ya conocidas pueden incluso instalarse varios receptores en una torre, como se muestra en el documento EP 2000669 A2. Como se muestra en [1] – en particular en las páginas 237 y siguientes –, la radiación concentrada caliente, a través del receptor, un medio portador de calor, gracias al cual se acciona una turbina, que genera así energía eléctrica en base a un generador acoplado mecánicamente.

25 Los sistemas solares de torre actualmente conocidos pueden caracterizarse y clasificarse en cuatro tipos como se indica a continuación:

1. Sistema solar de torre con campo de helióstatos circundante (campo lejano), véase la representación de sus principios en la vista superior de la fig. 2.
- 30 2. Sistema solar de torre con campo polar, véase la representación de sus principios en la vista superior de la fig. 3.
3. Sistema solar de torre con campo de helióstatos debajo del receptor (campo cercano), véase representación de sus principios en la vista superior de la fig. 4 y en la vista en perspectiva de la fig. 5.
- 35 4. Sistema solar de torre con campo norte y campo sur, véase representación de sus principios en la vista superior de la fig. 6.

A continuación se describen más detalladamente los mencionados en las fig. 2 a 6.

1. Sistemas solares de torre con campo de helióstatos circundante (campo lejano)

40 La mayoría de los sistemas solares de torre (comerciales) consisten en un receptor cilíndrico o en forma de cono truncado invertido orientable en unos 360° hacia todos los puntos cardinales, que está soportado por una torre central y rodeado por un campo de helióstatos 130, formado por helióstatos individuales 190, como se muestra en la fig. 1 y en la vista superior de la fig. 2. Los receptores cilíndricos o en forma de cono truncado invertido comprenden un absorbedor externo, constituyendo la superficie lateral del receptor la superficie del absorbedor. En la fig. 1 se muestra un sistema solar de torre ya conocido del documento US 4 172 443, donde se dispone un receptor cilíndrico 110, cuya superficie lateral exterior cilíndrica es la superficie  
45 del absorbedor, sobre una torre 120 a una altura de receptor  $H_R$  por encima del campo de helióstatos 130.

La fig. 2 muestra sus principios en una vista superior de un sistema solar de torre ya conocido, con un campo de helióstatos 230 que rodea a cierta distancia la torre 210. El campo de helióstatos 230 tiene una forma de anillo donde la región 234 cercana a la torre 220 que soporta el receptor 210 está despejada, es decir en la región 234 no existe ningún helióstato. Es frecuente que la posición de la torre respecto al receptor no sea  
50 exactamente central, sino que esté desplazada con respecto al campo de helióstatos en dirección al ecuador, es decir en el hemisferio norte de la Tierra hacia el Sur o en el hemisferio sur hacia el Norte.

En la fig. 2, el campo de helióstatos es un campo lejano. El campo lejano es un campo de helióstatos que – como delimitación con respecto al campo cercano definido más abajo – rodea la torre y el receptor a cierta distancia horizontal y donde la densidad de la superficie reflectora  $q$  disminuye al aumentar la distancia al

receptor. La densidad de la superficie reflectora  $q$  se define como la relación entre la superficie reflectora del campo de helióstatos y la superficie base del campo de helióstatos. En la fig. 2 se representa la región 234 cercana al receptor 210 en la que no está instalado ningún helióstato.

5 En lugar de tener una forma cilíndrica continua o una forma de cono truncado invertido continua, el receptor puede también, entre otras cosas, estar formado por una pluralidad de receptores individuales.

10 La altura del receptor  $H_R$  se define, como se muestra en la fig. 1, como la distancia vertical del centro de la superficie del absorbedor de un receptor con absorbedor externo, o de la abertura de un receptor de cavidad, al plano definido por los centros de los reflectores de los helióstatos del campo de helióstatos. En lo que sigue, la altura del receptor  $H_R$  se utiliza como una magnitud de referencia con respecto a la cual se miden otras magnitudes, por ejemplo el tamaño del campo de helióstatos.

El diámetro  $D_H$  de un campo de helióstatos se define, como se muestra en las fig. 2, 3, 4 y 6, como la distancia entre los helióstatos más alejados.

15 Los sistemas solares de torre con campo de helióstatos circundante tienen normalmente alturas de receptor  $H_R$  de más de 100 m y campos de helióstatos con un diámetro de más de ocho alturas de receptor, es decir  $D_H > 8 \times H_R$ . Por ejemplo, la torre solar Gemasolar descrita en [2] tiene una altura de receptor  $H_R$  de 140 m y un diámetro  $D_H$  de aprox. 1.200 m. Por ejemplo, la torre solar de Solar-Reserve descrita en [3] tiene una altura de receptor  $H_R = 182,88$  m (600 feet) y  $D_H = 2.600$  m.

## 2. Sistemas solares de torre con campo polar

20 Como puede observarse en la representación de la vista superior de un sistema solar de torre con campo polar de la fig. 3, éste tiene un campo de helióstatos 330 sólo en el lado polar –en dirección Norte en el hemisferio norte de la Tierra y en dirección Sur en el hemisferio sur – de la torre 320 y del receptor 310 y, como se muestra en el documento EP 2000669 A2, uno o varios receptores 310 sobre la torre 320 orientados hacia el campo de helióstatos.

25 Al igual que el campo lejano de una torre solar con campo de helióstatos circundante, la densidad de la superficie reflectora  $q$  del campo polar disminuye al aumentar la distancia al receptor.

Los sistemas solares de torre con campo polar tienen normalmente alturas de receptor de 50 - 150 m y campos de helióstatos con un diámetro  $D_H$  de aprox. cinco a seis alturas de receptor, siendo  $3 \times H_R < D_H < 7 \times H_R$ .

30 Por ejemplo, la torre solar de Jülich descrita en [4] tiene una altura de receptor  $H_R$  de 55 m y un diámetro  $D_H$  del campo de helióstatos de aprox. 300 m.

Por ejemplo, la torre solar PS10 descrita en [5] tiene una altura de receptor  $H_R = 115$  m y un diámetro  $D_H = 750$  m, la torre solar PS20 tiene  $H_R = 165$  m y  $D_H = 1.000$  m.

## 3. Sistema solar de torre con campo de helióstato debajo del receptor (campo cercano)

35 En los años 60, Giovanni Francia desarrolló en Italia un primer sistema solar de torre en el que el campo de helióstatos se hallaba debajo del receptor, orientado hacia abajo y extendiéndose en dirección Norte, Sur, Este y Oeste. Esto se muestra en la fig. 4, donde pueden verse el campo de helióstatos 430 y la posición del receptor 410 en una vista desde arriba. A diferencia del campo lejano arriba explicado, el campo de helióstatos es un campo cercano en el que los helióstatos están montados con una densidad de superficie reflectora  $q$  constante. El receptor 510 está montado suspendido de un sistema de pluma 520, como se muestra en la fig. 5. Con respecto a otras realizaciones, véase la página 238 en [1] y el documento US 4220140. De la fig. 7.77 de la página 238 de [1] se deduce que el campo de helióstatos, formado por helióstatos redondos, tiene una densidad de superficie reflectora  $q$  bastante alta, de aproximadamente un 60%, que no puede alcanzarse con helióstatos rectangulares – véase a este respecto la página 706 de [8].  
45 Que se sepa, no se han publicado datos detallados de la densidad de superficie reflectora  $q$  del sistema solar de torre de Giovanni Francia.

Los sistemas solares de torre desarrollados por Giovanni Francia, con un campo de helióstatos debajo del receptor, tienen normalmente alturas de receptor  $H_R$  de menos de 20 m y campos de helióstatos con un diámetro  $D_H$  inferior a dos alturas de receptor  $H_R$ , es decir  $D_H < 2 \times H_R$ , como puede verse en la fig. 7.77 de la página 238 de [1]. No se conocen datos detallados publicados.

50 4. Sistema solar de torre con campo norte y campo sur

- Otro sistema solar de torre descrito en [7], desarrollado por la empresa eSolar Inc. (con respecto a la *homepage* y las señas de la sede véase [6]), es una combinación de un sistema solar de torre con campo de helióstatos circundante y un sistema solar de torre con campo polar. Como puede verse en la vista superior de la fig. 6, consta de una torre 620 sobre la que se halla un receptor 610 con dos aberturas y un campo norte 631 y un campo sur 632, que juntos rodean casi por completo la torre 620, como campo de helióstatos circundante. En este caso, el único receptor 610 tiene dos aberturas, estando una orientada hacia el campo norte y la otra hacia el campo sur, como se describe más detalladamente en [7].
- Una característica de este campo de helióstatos del sistema solar de torre de eSolar Inc. es la densidad de la superficie reflectora  $\rho$ , uniforme en todo el campo de helióstatos. Véase el documento WO 2008/154521 A1. Sin embargo, el campo de helióstatos de eSolar Inc. se diferencia del sistema solar de torre con campo cercano de Giovanni Francia en que el campo de helióstatos no se halla debajo del receptor y la densidad de la superficie reflectora  $\rho$  es inferior a un 50%.
- Los sistemas solares de torre con campo norte y campo sur de eSolar Inc. tienen normalmente alturas de receptor  $H_R$  de aprox. 50 m y campos de helióstatos con un diámetro  $D_H$  de aprox. cinco alturas de receptor, es decir que  $D_H = 5 \times H_R$ , como se describe más detalladamente en [7].
- Otras tecnologías ya conocidas para sistemas solares de torre son los helióstatos con suspensión de eje vertical fijo (SEVF) utilizados en la mayoría de los casos y los ya conocidos, pero en la mayoría de los casos no utilizados, helióstatos con suspensión de eje horizontal fijo (SEHF), que se explican por medio de las fig. 7 a 10.
- 20 Helióstatos con suspensión de eje horizontal fijo (SEHF)
- En los documentos WO 02/070966 A1, WO 2008/092194 A1, WO 2008/092195 A1 y [8] se describen helióstatos con suspensión de eje horizontal fijo (SEHF). Los helióstatos con SEHF se diferencian de los helióstatos convencionales, que tienen una suspensión de eje vertical fijo (SEVF), en el volumen espacial en el que los reflectores pueden moverse libremente de acuerdo con su suspensión.
- 25 El helióstato tiene un primer eje de giro y un segundo eje de giro perpendicular al primero y se dispone en una superficie de montaje, estando fijos el primer eje de giro en relación con la superficie de montaje y el segundo eje de giro en relación con el reflector.
- En la fig. 7 se muestran las representaciones ya conocidas por [8] del principio de un helióstato con SEVF. En la fig. 7a está representado el principio de un helióstato con SEVF, en la fig. 7b un helióstato rectangular a modo de ejemplo y en la fig. 7c el volumen espacial correspondiente en el que el reflector del helióstato puede moverse libremente de acuerdo con la suspensión. Como puede verse en las fig. 7a y 7b, en un helióstato con SEVF el primer eje de giro 792, unido fijo a la superficie de montaje o base, es vertical o perpendicular con respecto a la superficie de montaje o base, mientras que el segundo eje de giro 793, perpendicular al primero, puede moverse alrededor del primer eje de giro 792.
- 30 En la fig. 7c puede verse el volumen espacial 799 en el que el reflector puede moverse libremente de acuerdo con las suspensiones. El volumen espacial es un cuerpo en forma de barril que se corresponde con un segmento de una esfera en el que los planos se hallan arriba y abajo, o sea perpendicularmente al primer eje de giro vertical 792 unido fijo a la superficie de montaje. En la fig. 13 del documento WO 2008/092195 A1 y las explicaciones correspondientes se representa y se explica un helióstato con SEVF y el volumen espacial correspondiente en el que el reflector del helióstato puede moverse libremente de acuerdo con la suspensión.
- 35 En la fig. 8, conocida por [8], se muestra con qué separaciones pueden montarse los helióstatos 890 con SEVF sin que se solapen los volúmenes espaciales 899 en los que los reflectores de los helióstatos 890 pueden moverse libremente con el fin de evitar colisiones entre los helióstatos.
- Los fabricantes conocidos de helióstatos utilizan helióstatos con SEVF.
- 45 En un helióstato con SEHF, el primer eje de giro 992 unido fijo a la superficie de montaje es paralelo a la superficie de montaje o base, como puede verse en la representación sistemática de la fig. 9a. En el helióstato con SEHF, el primer eje de giro horizontal fijo 992 está unido fijo al suelo, como se muestra en los documentos WO 2008/092194 A1 y WO 2008/092195 A1, mientras que el segundo eje de giro 993, perpendicular al primero, puede girar alrededor del primer eje de giro 992.
- 50 Como puede verse en la fig. 9b, el volumen espacial 999 en el que el reflector de un helióstato con SEHF puede moverse libremente es igual al del helióstato con SEVF, pero girado 90°, de manera que el eje de giro 992 unido fijo y paralelo a la superficie de montaje es perpendicular a los planos del cuerpo en forma de barril. En la fig. 12 del documento WO 2008/092195 A1 y las explicaciones correspondientes se explica un

helióstatos con SEHF y el volumen espacial correspondiente en el que el reflector del helióstato puede moverse libremente de acuerdo con la suspensión.

5 Como puede verse en la fig. 10 y se sabe ya por [8], los helióstatos con SEHF pueden montarse densamente en filas sin que se solapen los volúmenes espaciales 1099 en los que los reflectores de helióstatos 1090 adyacentes pueden moverse libremente. En la fig. 10 se representa la densidad de la superficie reflectora máxima teóricamente posible para el tamaño dado del reflector, sin tolerancia de seguridad entre helióstatos adyacentes. Además, las filas están desplazadas unas en relación con otras, para montarlas lo más densamente posible.

10 Puede verse que los helióstatos con SEHF permiten densidades de superficie reflectora mayores que los helióstatos con SEVF. Como se muestra en la fig. 10 de [8] y se desarrolla en las explicaciones correspondientes, la densidad de la superficie reflectora máxima posible de los helióstatos rectangulares con SEVF es, en un caso ideal, de aproximadamente un 58%, mientras que los helióstatos rectangulares con SEHF permiten densidades de superficie reflectora mucho mayores, teóricamente de casi un 100%. Como es sabido por [8], la densidad de la superficie reflectora máxima p teóricamente posible de un campo de helióstatos aumenta si cada reflector 995 es más largo en la dirección del segundo eje de giro 993 que en la dirección perpendicular a ésta.

15 En la fig. 6 del documento WO 02/070966 A1 y las explicaciones correspondientes se representa el acoplamiento mecánico de helióstatos con SEHF.

20 Además se conocen diferentes tecnologías de recepción, en particular el receptor de cavidad mostrado en la fig. 11.

#### Receptores

25 Existen receptores en los que la superficie lateral constituye la superficie del absorbedor, como ya se ha explicado y está representado en la fig. 1. Otros receptores tienen una superficie objetivo, esto es una abertura o superficie de absorbedor, cuyas perpendiculares a las superficies están orientadas esencialmente en la misma dirección.

30 En la fig. 11 puede verse la sección transversal de un receptor de cavidad ya conocido por [9]. La radiación solar concentrada entra por la abertura 1111 en el receptor de cavidad e incide en el absorbedor 1115, donde se alimenta el calor a un medio portador de calor. En el sistema mostrado, el medio portador de calor es aire, que entra en el receptor por la entrada 1117 y, ya calentado, lo abandona por la salida 1118. Este tipo de receptor tiene además una cúpula de vidrio 1113 para mantener el aire en el receptor. El principio de un receptor de cavidad es conocido también de la memoria de patente US 4 220 140 o WO 2008/153922 A1.

#### Objetivo, solución y ventajas de la invención

El objetivo de la invención es construir un sistema solar de receptor central en el que el campo de helióstatos pueda utilizarse con mayor eficacia.

35 Este objetivo se logra mediante un sistema solar de receptor central con un campo de helióstatos según la reivindicación 1 y un procedimiento para diseñar un campo de helióstatos en un sistema solar de receptor central según la reivindicación 2.

40 Así, el o los receptores pueden mantenerse sobre un campo de helióstatos de manera que los helióstatos también pueden instalarse directamente bajo el receptor. En el caso de un receptor orientado hacia abajo, los helióstatos que se hallan en la zona situada debajo del receptor tienen rendimientos muy altos. Mediante la instalación de helióstatos con reflectores rectangulares en los que el primer eje de giro es paralelo a la superficie de montaje, helióstatos con suspensión de eje horizontal fijo (SEHF), es posible instalar los helióstatos con una superficie de montaje común con una densidad de montaje muy alta en filas (preferentemente en dirección Este-Oeste).

45 Mediante la utilización de reflectores rectangulares en los que el reflector es preferentemente más largo en la dirección del segundo eje de giro que en la dirección perpendicular a ésta, es posible reducir la distancia entre las filas de helióstatos (preferentemente en dirección Norte-Sur), tanto más cuanto mayor es la relación entre las longitudes de los lados, como se muestra en la fig. 10 de [8] y se desarrolla en las explicaciones correspondientes. De este modo es posible instalar muchos helióstatos en la zona situada por debajo del receptor, en la que éstos tienen un rendimiento muy alto, con una densidad de superficie reflectora  $q > 60\%$ , y aprovechar óptimamente esta zona. Así, el campo de helióstatos se extiende de manera continua en dirección Norte, Este, Sur y Oeste, como se menciona en la reivindicación 14. El aumento de la distancia a esta zona disminuye el rendimiento. Al aumentar el número de helióstatos aumenta la potencia de radiación en el receptor, pero disminuye el aumento de potencia por helióstato, siendo la eficacia de cada helióstato

adicional en cada caso menor. Mediante el aprovechamiento eficaz de la zona situada bajo el receptor, que se halla en el campo cercano del campo de helióstatos, se necesitan en total menos helióstatos que en las centrales solares de torre con campo de helióstatos circundante para conseguir la misma potencia de radiación en el receptor.

- 5 La instalación de los helióstatos en filas (reivindicación 2) hace posible una gran densidad de montaje en el campo cercano (reivindicación 3). El diseño preferente es helióstatos en filas Este-Oeste (reivindicación 4), siendo también conveniente la orientación de las filas en dirección Norte-Sur y permitiendo ésta rendimientos casi iguales a los de las filas de helióstatos en dirección Este-Oeste.

- 10 En las aplicaciones en las que la superficie de montaje de los helióstatos está inclinada un ángulo  $\alpha$  con respecto a la superficie base total (reivindicación 5), la orientación de las filas de helióstatos en dirección Norte-Sur es una solución conveniente para helióstatos con una suspensión de eje cuasipolar fijo (SECF), con la cual pueden lograrse densidades de superficie reflectora también altas en el campo cercano (reivindicación 6). Además, para los sistemas de soporte de tales helióstatos pueden utilizarse sistemas de montaje comparables desarrollados para el montaje fijo de módulos fotovoltaicos en parques de energía solar. Además, la posibilidad del acoplamiento mecánico de los helióstatos (reivindicación 7) ofrece un ahorro potencial del gasto.

- 20 Existen diferentes estructuras soporte para mantener el receptor encima del campo de helióstatos. En la reivindicación 8 se menciona un sistema de arco y en la reivindicación 9 una armadura sobre puntales (estructura soporte triangular), que tienen en ambos casos una estática de soporte, mientras que el sistema de la reivindicación 10 tiene una estructura de cables suspendida en la que, al igual que en el caso del arco y la armadura sobre puntales, los puntos de base están instalados preferentemente fuera del campo de helióstatos, de manera que el receptor cuelga de un sistema de cables sobre el campo de helióstatos. La estructura soporte de la reivindicación 11 se basa en el concepto de una grúa giratoria de torre, en la que una pluma o un pescante en voladizo sujeta el receptor sobre el campo de helióstatos. Este sistema resulta especialmente adecuado en sistemas solares de receptor central pequeños, donde la altura de receptor  $H_R$  es inferior a aprox. 70 m. Dado que en los sistemas pequeños la longitud de la pluma de una grúa giratoria de torre usual es suficiente para colocar el punto base más allá del campo de helióstatos en el lado del receptor orientado en sentido opuesto al ecuador, puede reducirse así la sombra del campo de helióstatos debida a la estructura soporte del receptor. Además, la utilización de una grúa giratoria de torre permite mover el receptor en tres dimensiones (reivindicación 12), como una carga movida por una grúa giratoria de torre, y aumentar así el rendimiento del campo de helióstatos gracias a un posicionamiento optimizado del receptor.

El receptor está montado en las estructuras soporte respectivas de manera que esté colocado localmente en la parte inferior de la estructura soporte con el fin de que la estructura soporte no bloquee la radiación reflejada por el campo de helióstatos (reivindicación 13).

- 35 En la zona cercana es posible una gran densidad de superficie reflectora constante pero, con el aumento de la distancia al receptor, los helióstatos deben instalarse con una separación cada vez mayor para evitar que se bloqueen mutuamente, es decir que un helióstato no pueda reflejar una parte de la radiación solar al receptor porque otro helióstato perturba la trayectoria de los rayos hacia el receptor y los bloquea. El campo cercano transfiere ya una gran parte de la potencia de radiación al receptor, pero se requiere un campo lejano (reivindicación 15) para alcanzar potencias de radiación mayores, de más de  $100 \text{ MW}_t$ , en el receptor, a una altura de receptor  $H_R$  de más de 100 m. Sin embargo, gracias al rendimiento del campo cercano, este campo lejano puede ser mucho más pequeño que en otros sistemas solares de torre con potencias de radiación de más de  $100 \text{ MW}_t$ , en receptores a una altura de receptor  $H_R$  de más de 100 m, que tienen campos lejanos como campos de helióstatos circundantes sin campos cercanos. Por ello, estos sistemas tienen campos de helióstatos con diámetros  $D_H$  mucho mayores, de más de seis alturas de receptor  $H_R$ . La particularidad del sistema según la invención es la posibilidad de desarrollar grandes sistemas solares de receptor central con alturas de receptor de más de 100 m cuyos diámetros  $D_H$  son menores que seis alturas de receptor, como se explica en la reivindicación 17. Esto significa que esta invención no conduce sólo a un aprovechamiento más eficaz de los helióstatos, sino también a un aprovechamiento más eficaz de la superficie base.

- 50 El sistema solar de receptor central según la invención se diferencia de los sistemas solares de torre 1 a 4 conocidos hasta la fecha en lo siguiente:

1. Sistema solar de torre con campo de helióstatos circundante.

- a. El sistema según la invención tiene un campo cercano que se extiende debajo del receptor, donde se instalan helióstatos con un rendimiento máximo, con una densidad de superficie reflectora superior a un 60%, con helióstatos que presentan superficies reflectoras rectangulares y helióstatos con suspensión de eje horizontal fijo (SEHF) o suspensión de eje cuasipolar fijo (SECF).

- b. El campo de helióstatos es continuo y no está interrumpido como sucede en el campo de helióstatos circundante, que tiene un hueco alrededor la torre, allí donde el sistema según la invención tiene helióstatos con el máximo rendimiento.
- 5 c. El sistema según la invención tiene un receptor con una abertura o superficie de absorbedor orientada hacia abajo, que resulta ventajosa no sólo porque así es posible instalar helióstatos con un rendimiento máximo en el campo cercano, sino también porque se minimizan las pérdidas por convección y radiación en el caso de un receptor orientado hacia abajo, hacia el campo de helióstatos.
- 10 d. El receptor está montado suspendido de una estructura soporte que se extiende sobre el campo de helióstatos, lo que hace posible orientar el receptor a un campo cercano debajo del receptor, conduciendo a un mayor rendimiento de los helióstatos en el campo cercano.
- e. El sistema según la invención tiene campos de helióstatos mucho menores, en el sentido de una menor superficie reflectora y una menor superficie base, con la misma potencia de radiación en la superficie objetivo del receptor en el momento de diseño.
- 15 2. Sistema solar de torre con campo norte.
- a. El sistema según la invención tiene un campo cercano que se extiende debajo del receptor, con una densidad de superficie reflectora superior a un 60%, con helióstatos que presentan superficies reflectoras rectangulares y helióstatos con suspensión de eje horizontal fijo (SEHF) o suspensión de eje cuasipolar fijo (SECF).
- 20 b. El campo de helióstatos se extiende desde el receptor hacia todos los puntos cardinales.
- c. El sistema según la invención tiene un receptor con una abertura o superficie de absorbedor orientada hacia abajo.
- d. El receptor está montado suspendido de una estructura soporte que se extiende sobre el campo de helióstatos.
- 25 3. Sistema solar de torre con campo de helióstatos debajo del receptor.
- a. El sistema según la invención tiene, adicionalmente al campo cercano, también un campo lejano con una densidad de superficie reflectora  $\rho$  decreciente, con lo que son posibles sistemas solares de receptor central de gran tamaño, con alturas de receptor  $H_R$  de más de 100 m y potencias de radiación superiores a 100 MW. Los sistemas solares de torre con campo de helióstatos debajo del receptor conocidos hasta la fecha tienen alturas de receptor  $H_R$  de menos de 30 m y no tienen campo lejano.
- 30 b. El sistema solar de receptor central según la invención prevé, como estructura soporte para el receptor, para alturas de receptor  $H_R$  pequeñas inferiores a 70 m, un sistema de grúa giratoria de torre cuya base está fuera del campo de helióstatos, en el lado del receptor orientado en sentido opuesto al ecuador, y donde la posición del receptor puede modificarse según la posición de sol en hasta tres dimensiones.
- 35 c. El sistema según la invención tiene un campo cercano con una densidad de superficie reflectora  $\rho$  superior a un 60%, con helióstatos que presentan superficies reflectoras rectangulares y helióstatos con suspensión de eje horizontal fijo (SEHF) o suspensión de eje cuasipolar fijo (SECF). En la fig. 17 está representada una vista superior de un campo cercano con helióstatos con SEHF y una densidad de superficie reflectora del 68% y en la fig. 22 un campo de helióstatos con helióstatos con SECF y un campo cercano con una densidad de superficie reflectora de aprox. un 71%.
- 40 4. Sistema solar de torre con campo norte y campo sur.
- a. El sistema según la invención tiene un campo cercano con una densidad de superficie reflectora  $\rho$  superior a un 60%, con helióstatos que presentan superficies reflectoras rectangulares y helióstatos con suspensión de eje horizontal fijo (SEHF) o suspensión de eje cuasipolar fijo (SECF).
- 45 b. El sistema según la invención tiene un campo lejano con una densidad de superficie reflectora  $\rho$  decreciente.
- c. El sistema según la invención tiene un receptor con una abertura o un absorbedor orientado(a) hacia abajo como superficie objetivo.
- 50 d. El receptor está montado suspendido de una estructura soporte que se extiende sobre el campo de helióstatos.

55 Ninguno de los cuatro sistemas solares de torre arriba mencionados tiene un campo cercano con una densidad de superficie reflectora  $\rho$  superior a un 60%, con helióstatos que presentan superficies reflectoras rectangulares y helióstatos con suspensión de eje horizontal fijo (SEHF) o suspensión de eje cuasipolar fijo (SECF).

**Breve descripción de las figuras**

En las figuras se emplean los mismos números de referencia para las mismas circunstancias, representándose circunstancias similares cuando las dos últimas cifras de los números de referencia son iguales. Las cifras anteriores a las dos últimas cifras indican el número de la figura en cuestión.

5 En las figuras:

- Fig. 1: vista en perspectiva de un sistema solar de torre ya conocido, con un campo de helióstatos que se compone de una pluralidad de helióstatos que concentran la radiación solar en un receptor que se halla sobre una torre (estado actual de la técnica según el documento US 4 172 443),
- 10 Fig. 2: representación en una vista superior de un sistema solar de torre ya conocido, con un campo de helióstatos circundante (estado actual de la técnica),
- Fig. 3: representación en una vista superior de un sistema solar de torre ya conocido con un campo polar, en este caso para un sistema situado en el hemisferio norte con el campo de helióstatos dispuesto al norte del receptor y la torre (estado actual de la técnica),
- 15 Fig. 4: representación de una vista superior de un sistema solar de torre ya conocido de Giovanni Francia, con un campo de helióstatos debajo del receptor (estado actual de la técnica),
- Fig. 5: representación en perspectiva de un sistema solar de torre ya conocido, con un campo de helióstatos debajo del receptor, que está montado suspendido de una estructura soporte de pluma (estado actual de la técnica según el documento US 4 220 140),
- 20 Fig. 6: vista superior de un sistema solar de torre ya conocido, con un campo norte y un campo sur (estado actual de la técnica según [7] y WO 2008/154521 A1),
- Fig. 7: a) y b), en cada caso una representación de un helióstato ya conocido, con suspensión de eje vertical fijo (SEVF) y c) una vista en perspectiva del volumen espacial requerido por el reflector libremente móvil (estado actual de la técnica según [8] y WO 2008/092195 A1),
- 25 Fig. 8: representación de una vista superior del montaje de helióstatos con suspensión de eje vertical fijo (SEVF), con una densidad de superficie reflectora máxima, evitando volúmenes espaciales solapados (estado actual de la técnica según [8]),
- Fig. 9: a) representación de un helióstato ya conocido, con suspensión de eje horizontal fijo (SEHF) y b) vista en perspectiva del volumen espacial requerido por el reflector libremente móvil (estado actual de la técnica según [8] y WO 2008/092195 A1),
- 30 Fig. 10: representación de una vista superior del montaje de helióstatos con suspensión de eje horizontal fijo (SEHF), con una densidad de superficie reflectora máxima, evitando volúmenes espaciales solapados (estado actual de la técnica según [8]),
- Fig. 11: sección transversal de un receptor de cavidad ya conocido por [9], en el que la radiación solar concentrada entra por la abertura en el receptor de cavidad e incide en el absorbedor alimentándose el calor a un medio portador de calor,
- 35 Fig. 12: vista en perspectiva de una forma de realización según la invención de un módulo de helióstatos con suspensión de eje cuasipolar fijo (SECF), compuesto de cinco grupos de helióstatos con seis helióstatos cada uno, un sistema de soporte común compuesto de un bastidor de soporte y patas, siendo el primer eje de giro, que está unido fijo a la superficie de montaje, paralelo a la superficie de montaje, en la figura está definida por el bastidor de soporte e inclinada un ángulo  $\alpha$  con respecto a la superficie base total del campo de helióstatos,
- 40 Fig. 13: vista superior de una forma de realización según la invención de un grupo de helióstatos compuesto de seis helióstatos con suspensión de eje cuasipolar fijo (SECF), permitiendo el volumen espacial de los helióstatos un posicionamiento denso de los helióstatos dentro del grupo de helióstatos representado y estando acoplado mecánicamente el seguimiento de los helióstatos mediante el primer eje de giro directamente y mediante segundos ejes de giro 1393, que son paralelos, por un mecanismo común,
- 50 Fig. 14: resumen de posibles estructuras soporte de las formas de realización según la invención del sistema solar de receptor central, con un receptor montado en cada caso suspendido con a) una estructura soporte en forma de arco, b) una armadura sobre puntales (estructura soporte triangular), c) una estructura de cables suspendida y d) un sistema de grúa como estructura soporte compuesto de una estructura soporte vertical y una pluma o un pescante en voladizo donde el receptor está montado suspendido,
- 55 Fig. 15: a) sección transversal de una forma de realización según la invención de un receptor de cavidad y b) vista en perspectiva de la parte inferior de este receptor de cavidad, donde el absorbedor se halla en una cavidad, entrando la radiación solar en la cavidad por la abertura óptica e incidiendo allí en el absorbedor,
- 60 Fig. 16: vista superior de una forma de realización según la invención de un sistema solar de receptor central, con una división del campo de helióstatos, compuesto de helióstatos con SEHF, en campo cercano y campo lejano, extendiéndose el campo cercano debajo del



- receptor hasta el borde rectangular y extendiéndose el campo lejano desde el borde del campo cercano hasta el borde del campo de helióstatos,
- Fig. 17: detalle ampliado de la vista superior de la forma de realización según la invención de la fig. 16, representa el montaje de los helióstatos con SEHF en el campo cercano,
- 5 Fig. 18: detalle ampliado de la vista superior de la forma de realización según la invención de la fig. 16, representa el montaje de los helióstatos con SEHF en el campo lejano, no estando las distancias a escala y siendo  $n$  la numeración de las filas de helióstatos en la dirección Oeste-Este y  $m$  la numeración de las filas de helióstatos en la dirección Sur-Norte,
- Fig. 19: diagrama de las distancias entre los helióstatos en dirección Este-Oeste y en dirección Norte-Sur en función de la distancia al receptor,
- 10 Fig. 20: a) sección transversal de una forma de realización según la invención de un receptor con absorbedor externo y b) vista en perspectiva de la parte inferior del receptor con absorbedor externo, constituyendo el absorbedor una cara del receptor,
- Fig. 21: representación en perspectiva de la forma de realización según la invención de cuatro filas con cuatro módulos cada una de helióstatos con SECF, montados en filas Este-Oeste paralelas,
- Fig. 22: vista superior de una forma de realización según la invención de un sistema solar de receptor central con helióstatos con SECF, correspondiendo cada punto a un grupo de helióstatos como se muestra en la fig. 13, con división del campo de helióstatos en campo cercano y campo lejano, extendiéndose el campo cercano debajo del receptor hasta el borde rectangular y extendiéndose el campo lejano desde el borde del campo cercano hasta el borde del campo de helióstatos,
- Fig. 23: detalle ampliado de la vista superior, no a escala, de la forma de realización según la invención de la fig. 22, representa el montaje de los helióstatos con SECF en el campo cercano, siendo iguales las distancias  $A_{Mod}$  de las filas de módulos en dirección Norte-Sur en el campo cercano, así como las distancias  $A_{OW}$  de los helióstatos dentro de las filas de módulos en dirección Este-Oeste,
- Fig. 24: detalle ampliado de la vista superior, no a escala, de la forma de realización según la invención de la fig. 22, representa el montaje de los helióstatos con SECF en el campo lejano, aumentando las distancias  $A_{Mod}$  de las filas de módulos en la dirección Norte-Sur con la distancia al receptor, al igual que las distancias de los helióstatos dentro de las filas de módulos en dirección Este-Oeste, pudiendo dentro de un módulo mantenerse iguales las distancias entre los helióstatos en dirección Este-Oeste y aumentando el ángulo  $\alpha$  con la distancia al receptor, con lo que, en la vista superior, las filas de módulos parecen cada vez más estrechas con la distancia al receptor, de manera que  $A_{Mod}(m) < A_{Mod}(m+1)$  y  $A_{ModOW}(n) < A_{ModOW}(n+1)$ , siendo  $n$  la numeración de los módulos en dirección Oeste-Este y  $m$  la numeración de las filas de módulos en dirección Sur-Norte,
- Fig. 25: diagrama de las distancias entre los helióstatos en dirección Este-Oeste y en dirección Norte-Sur en función de la distancia al receptor para un campo de helióstatos con helióstatos con SECF y representación del ángulo  $\alpha$  de los módulos respectivos del campo de helióstatos en función de la distancia al receptor en dirección Norte-Sur, significando los valores positivos que el eje de giro está basculado de manera que el extremo más alto mira en dirección al polo terrestre, mientras que los valores negativos significan que el extremo más alto del eje de giro mira en dirección al ecuador,
- Fig. 26: sección transversal de una forma de realización según la invención de un sistema solar de receptor central con un campo de helióstatos y una grúa giratoria de torre como estructura soporte, la representación se ha tomado de [10], consistente en una estructura de soporte vertical y una pluma para el receptor y un campo de helióstatos con SEHF, compuesto de un campo cercano sin campo lejano, pudiendo modificarse la posición del receptor en tres dimensiones,
- Fig. 27: vista superior de una forma de realización según la invención de un sistema solar de receptor central con un campo de helióstatos, correspondiendo cada punto a un helióstato, y una grúa giratoria de torre como estructura soporte, consistente en una estructura de soporte vertical, un punto base situado al norte fuera del campo de helióstatos y una pluma, para sujetar el receptor sobre el campo de helióstatos, pudiendo la pluma girar mediante un eje de giro vertical en la estructura de soporte vertical y pudiendo moverse el receptor adelante y atrás a lo largo de la pluma, como se representa a modo ilustrativo, siendo la posición en la que el receptor se halla sobre el origen del campo de helióstatos aquella situación donde el sol se halla a mediodía exactamente al sur del campo de helióstatos, mientras que la otra posición representa la situación cuando el sol se halla por la mañana en verano al nordeste del campo de helióstatos.

## Invención

El objetivo de la invención es proporcionar centrales solares de receptor central en las que los campos de helióstatos puedan utilizarse con mayor eficacia. Para ello, se utiliza un campo de helióstatos compuesto de un campo cercano con una densidad de superficie reflectora  $\rho$  uniforme de más de un 60%, combinado preferentemente con un campo lejano cuya densidad de superficie reflectora  $\rho$  disminuye al aumentar la distancia al receptor. La invención comprende también sistemas solares de receptor central compuestos exclusivamente de un campo cercano con una densidad de superficie reflectora  $\rho$  uniforme de más de un 60%. Se consigue una gran densidad de superficie reflectora  $\rho$  en el campo cercano y en zonas del campo lejano mediante el empleo de helióstatos con reflectores rectangulares y suspensión de eje horizontal fijo (SEHF) o, alternativamente, helióstatos con reflectores rectangulares y suspensión de eje cuasipolar fijo (SECF). En WO 02/070966 A1, WO 2008/092194 A1, WO 2008/092195 A1 y [8] se describen helióstatos con suspensión de eje horizontal fijo. Los helióstatos con suspensión de eje cuasipolar fijo (SECF) se describen en esta invención por primera vez. El campo de helióstatos concentra la radiación solar en un receptor, cuya superficie objetivo, la abertura, el absorbedor térmico o el absorbedor fotovoltaico, tiene un vector normal orientado hacia abajo, hacia el campo de helióstatos que se extiende debajo del receptor en dirección Norte, Este, Sur y Oeste. El receptor está montado suspendido de una estructura soporte que se extiende sobre el campo de helióstatos. Esta estructura soporte puede ser por ejemplo un arco (véase la fig. 14a), una armadura sobre puntales (véase la fig. 14b) o una estructura de cables suspendida (véase la fig. 14c) con varios puntos de base, o un sistema de grúa con una pluma o un pescante en voladizo y un punto de base (véase la fig. 14d). Lo ideal es que los puntos de base se hallen fuera del campo de helióstatos, pero también pueden estar dentro del campo, por ejemplo por motivos de estática.

La invención hace posibles sistemas solares de receptor central con alturas de receptor  $H_R$  de más de 100 m, con potencias de radiación en la superficie objetivo del receptor superiores a 100 MW<sub>t</sub> en el momento de diseño (normalmente el día del solsticio de verano a las 12 del mediodía, hora solar) y un tamaño del campo de helióstatos cuyo diámetro  $D_H$  es menor que seis alturas de receptor  $H_R$ . Esto significa que esta invención no conduce sólo a un aprovechamiento más eficaz de los helióstatos, sino también a un aprovechamiento más eficaz de la superficie base.

### Helióstatos con suspensión de eje cuasipolar fijo (SECF)

Un helióstato alternativo según la invención para campos de helióstatos con una gran densidad de superficie reflectora es el helióstato con suspensión de eje cuasipolar fijo (SECF). El helióstato con SECF es un perfeccionamiento del helióstato con SEHF.

En la fig. 12 está representado un módulo 1280 de helióstatos con suspensión de eje cuasipolar fijo (SECF), en los que el primer eje de giro 1292 está unido fijo al bastidor 1285 del módulo, de manera que este primer eje de giro 1292 está inclinado un ángulo  $\alpha$ , mostrado en la fig. 12, en relación con la superficie base total sobre la que se apoyan las patas 1287 del módulo 1280. Los segundos ejes de giro 1293 son perpendiculares al primero y se mueven con los reflectores 1295, a los que están unidos fijos, alrededor del primer eje de giro 1292. Así, un helióstato con SECF es un perfeccionamiento de un helióstato con SEHF en el que la superficie de montaje, a la que el primer eje de giro 1292 está unido fijo y paralelo, está inclinada un ángulo  $\alpha$  en relación con la superficie base total. La superficie de montaje inclinada es igual a la superficie definida en la fig. 12 por el bastidor 1285 del sistema modular.

En la realización preferente mostrada en la fig. 12, la superficie de montaje definida por el bastidor de módulo 1285 está inclinada alrededor del eje Este-Oeste en relación con la superficie base total, estando orientado el primer eje de giro 1292 en dirección Norte-Sur. Mediante el movimiento alrededor del primer eje de giro 1292, los helióstatos siguen en particular la variación diurna del sol en dirección Este-Oeste, mientras que mediante el movimiento alrededor del segundo eje de giro 1293, los helióstatos siguen en particular la altura del sol.

En la realización de la fig. 12, en cada caso seis helióstatos con SECF y una superficie de montaje común forman un grupo de helióstatos 1283. Cinco de tales grupos de helióstatos forman, con un sistema de soporte común, un módulo.

La fig. 13 muestra una vista superior de un grupo de helióstatos 1383 compuesto de seis helióstatos con SECF. El volumen espacial 1399 de los helióstatos 1390 permite un posicionamiento denso de los helióstatos dentro del grupo de helióstatos representado. El seguimiento de los reflectores de los helióstatos puede estar acoplado mediante el primer eje de giro 1392. El movimiento alrededor de los segundos ejes de giro 1393, que son paralelos, puede acoplarse también mediante un mecanismo común 1394.

En la realización preferente mostrada en las fig. 12 y 13, se instalan grupos de helióstatos 1283 y 1383 con superficie de montaje común en filas, de manera que tienen un primer eje de giro 1292 y 1392 común, de modo que el movimiento alrededor de este primer eje de giro 1292 y 1392 está acoplado mecánicamente. Los

volúmenes espaciales 1299 y 1399 de los reflectores 1295 y 1395 definidos por la orientación de los ejes de giro permiten, como en el caso de los helióstatos con SEHF, una alta densidad de montaje en filas.

5 La orientación de la superficie de montaje común con el ángulo  $\alpha$  y, por tanto, del primer eje de giro paralelo a la misma, se rige por el eje terrestre alrededor del cual se mueve la Tierra. En una realización preferente, el primer eje de giro de un helióstato con SECF situado en el lado del receptor que mira en sentido opuesto al ecuador sería esencialmente paralelo al eje terrestre, es decir el ángulo  $\alpha$  tendría básicamente el mismo valor que la latitud geográfica en el emplazamiento. En otras posiciones al norte o al sur de ésta, el ángulo  $\alpha$  es mayor o menor. Con el aumento de la distancia del receptor al polo terrestre más cercano, el primer eje de giro estaría cada vez más inclinado hacia la vertical, esto es el ángulo  $\alpha$  sería mayor, mientras que en helióstatos con posiciones más cercanas al ecuador estaría cada vez más inclinado hacia la horizontal, esto es el ángulo  $\alpha$  sería menor. En el lado del receptor que mira hacia el ecuador puede haber regiones en las que la superficie de montaje y el primer eje de giro pueden estar inclinados en la otra dirección.

10 El ángulo  $\alpha$  de la superficie de montaje común de un grupo de helióstatos y su primer eje de giro se elige de manera que los helióstatos adyacentes dentro del grupo de helióstatos tengan una gran densidad de montaje sin hacerse sombra ni bloquearse mutuamente. Para ello, se elige el ángulo  $\alpha$  de manera que, en el equinoccio en marzo y septiembre a las 12 del mediodía hora solar, los helióstatos en servicio estén esencialmente en un plano. Los módulos con grupos de helióstatos con SECF se instalan con separaciones en dirección Norte-Sur de forma que la sombra y el bloqueo mutuo de los helióstatos sean pequeños. Bloqueo significa que un helióstato no puede reflejar parte de la radiación solar al receptor porque otro helióstato perturba la trayectoria de los rayos hacia el receptor y, por tanto, los bloquea; sombra significa que un helióstato produce sombra sobre otro helióstato.

15 El movimiento de los helióstatos alrededor del segundo eje de giro 1293 y 1393 puede también estar acoplado mecánicamente, pero no es necesario. En la fig. 13, el movimiento esencialmente lineal del mecanismo 1394 permite un movimiento conjunto de los helióstatos 1390 alrededor de su segundo eje de giro 1393.

20 En la fig. 6 de WO 02/070966 A1 y las explicaciones correspondientes se presenta de manera similar el acoplamiento mecánico de helióstatos con SEHF.

25 En la realización preferida representada en la fig. 12, los reflectores 1295 tienen forma alargada, de manera que la longitud  $L_{Hel}$  es como mínimo dos veces mayor que la anchura  $B_{HEL}$ . En el diseño de la fig. 12, el reflector 1295 es incluso al menos seis veces más largo que ancho ( $L_{Hel} > 6 \times B_{HEL}$ ).

Los reflectores de los helióstatos pueden ser planos o presentar una curvatura concentradora.

30 Como puede verse en la fig. 12, los volúmenes espaciales resultantes de la forma alargada de los reflectores permiten una alta densidad de montaje en filas de helióstatos adyacentes dentro de un módulo común 1280. La alta densidad de montaje de los reflectores rectangulares alargados de helióstatos con SEHF semuestra en la fig. 10 de [8]. Para los helióstatos con SECF se aplican las mismas relaciones.

## Ejemplos de realización

### Ejemplo de realización 1

En base a esta memoria de patente se realizó un diseño a modo de ejemplo de un sistema solar de receptor central con las siguientes características:

40 *Supuestos para el diseño del sistema solar de receptor central*

Momento de diseño: 21 de junio, 12 del mediodía, hora solar.

Lugar: latitud 34°N, latitud norte, (por ejemplo norte de África o sur de California, EE.UU.).

Supuesto: radiación normal directa (potencia de radiación solar) en el momento de diseño: 1.000 W/m<sup>2</sup>.

45 Potencia de radiación (potencia térmica en megavatios - MW<sub>t</sub>) en la superficie objetivo del receptor en el momento de diseño: 140 MW<sub>t</sub>.

#### *Receptor*

El receptor utilizado es un receptor de cavidad, como el mostrado en la fig. 15, donde el absorbedor 1515 está en una cavidad 1512. La radiación solar entra por la abertura óptica, la abertura 1511, en la cavidad 1512 e incide allí en el absorbedor 1515, que convierte la radiación solar en calor. El absorbedor 1515 puede

tener también distintas formas y estructuras. El vector normal  $n_R$  de la superficie de la abertura está orientado hacia abajo.  $B_{R\_NS}$  es la anchura de la abertura rectangular 1511 en dirección Norte-Sur y  $B_{R\_OW}$  en dirección Este-Oeste. Para las dimensiones de la abertura 1511 del receptor de cavidad se aplica, según se muestra en la fig. 15:

5 
$$B_{R\_NS} = 12,5 \text{ m}, B_{R\_OW} = 12,5 \text{ m} (156,25 \text{ m}^2)$$

Para la altura del receptor sobre el campo de helióstatos se aplica la altura de receptor  $H_R = 150 \text{ m}$ .

*Estructura soporte del receptor*

10 El receptor está montado suspendido de una estructura soporte, que sujeta el receptor libremente sobre el campo de helióstatos. Ésta puede ser por ejemplo un sistema de arco con dos bases de apoyo, como se muestra en la fig. 14a. El arco se extendería de Este a Oeste sobre el campo de helióstatos.

*Helióstatos*

Helióstatos con suspensión de eje horizontal fijo (SEHF).

Superficie reflectora  $F_{Hel} = L_{Hel} \times B_{Hel} = 7,2225 \text{ m}^2$ .

$L_{Hel} = 3,21 \text{ m}$  (longitud),  $B_{Hel} = 2,25 \text{ m}$  (anchura).

15 Los reflectores de los helióstatos son planos y no presentan curvatura concentradora.

*Campo de helióstatos*

20 Los helióstatos se montan en filas paralelas en dirección Este-Oeste, hallándose los helióstatos también en filas en la dirección Norte-Sur. Véanse las fig. 17 y 18. En otros diseños, los helióstatos de filas Este-Oeste adyacentes pueden también estar desplazados unos en relación a los otros en una medida de la mitad de la distancia entre helióstatos  $A_{OW}$  (véase la fig. 17), como en la fig. 10.

El campo de helióstatos se compone de un campo cercano 1636 y un campo lejano 1638.

25 En la figura 16 se muestra, en una vista superior, el campo de helióstatos descrito, consistente en el campo cercano 1636 y el campo lejano 1638, representando cada punto individual la posición de un helióstato individual en dirección Norte-Sur y en dirección Este-Oeste. El origen del sistema de coordenadas está definido por la posición del centro del receptor 1610, que aquí se representa con un punto de mayor tamaño, fuera de escala. El borde exterior del campo cercano 1637 es al mismo tiempo el límite con el campo lejano. El borde exterior del campo lejano es al mismo tiempo el borde exterior de todo el campo de helióstatos 1639.

30 En el campo cercano 1636, los helióstatos están montados a una distancia constante unos de otros con la densidad de superficie reflectora máxima  $q_{max}$ , como puede verse en el detalle ampliado de la vista superior del campo cercano de la fig. 17. La densidad de superficie reflectora  $q$  en el campo cercano es igual a la densidad de superficie reflectora máxima  $q_{max}$  en el campo de helióstatos.

Según la fig. 16, la zona cercana del campo de helióstatos se extiende, en dirección Este-Oeste, desde 85 m al este del receptor hasta 85 m al oeste del receptor y, en dirección Norte-Sur, desde 115 m al norte del receptor hasta 150 m al sur del receptor.

35 En la fig. 17 se muestra un detalle de la vista superior de un campo cercano a escala, con las distancias de los helióstatos 1790 en dirección Este-Oeste y en dirección Norte-Sur.

40 En dirección Este-Oeste, los helióstatos del campo cercano están montados a una distancia entre ellos  $A_{OW}$  de 2,65 m, es decir que entre los reflectores, con una anchura  $B_{Hel}$  de 2,25 m, existe en cada caso un espacio intermedio  $Z_{OW}$  de 0,4 m cuando éstos se hallan en la posición de estacionamiento horizontal en la que los reflectores están horizontales y el lado largo de los helióstatos está orientado en dirección Norte-Sur, como se muestra en la vista superior de la fig. 17.

45 La alta densidad de montaje dentro de las filas Este-Oeste, de aprox. un 85% ( $=2,25 \text{ m}/2,65 \text{ m}$ ), es posible gracias a la utilización de helióstatos con suspensión de eje horizontal fijo (SEHF), como se describe en WO 02/070966 A1, WO 2008/092194 A1 y WO 2008/092195 A1. La suspensión de eje horizontal fijo de los helióstatos permite en principio incluso una densidad de montaje mayor dentro de las filas Este-Oeste, si la instalación y la fabricación son exactas y se cumplen las normas de seguridad locales. En la fig. 10 se muestra cómo pueden montarse helióstatos 1090 con SEHF con una densidad de montaje máxima en dirección Este-Oeste sin tolerancias entre los helióstatos.

5 En dirección Norte-Sur, las filas de helióstatos en el campo cercano están montadas a una distancia entre ellas  $A_{NS}$  de 4,01 m, es decir que entre los reflectores, con una longitud  $L_{Hel} = 3,21$  m (y por tanto filas de 3,21 m de anchura), existe en cada caso un espacio intermedio  $Z_{NS}$  de 0,8 m cuando éstos se hallan en la posición de estacionamiento horizontal. Véase la fig. 17. En principio, la densidad de montaje de las filas puede ser también mayor si las filas de helióstatos están desplazadas en cada caso la mitad de la distancia entre helióstatos  $A_{OW}$  (véase la fig. 17), como se representa en la fig. 10.

De la combinación de la densidad de montaje en dirección Este-Oeste y en dirección Norte-Sur, en el campo cercano resulta una densidad de superficie reflectora  $q_{max}$  constante = aprox. 68%.

10 La densidad de superficie reflectora  $q$  constante en el campo cercano corresponde a la densidad de superficie reflectora máxima  $q_{max}$ , que en un campo cercano como el mostrado en la fig. 17 se calcula según la fórmula siguiente:

$$q_{max} = q = (B_{HEL} \times L_{HEL}) / (A_{OW} \times A_{NS}) .$$

15 Con helióstatos rectangulares con suspensión de eje vertical fijo (como tienen todos los helióstatos comerciales conocidos) puede alcanzarse, en un caso ideal (espejos cuadrados), una densidad de superficie reflectora máxima teórica  $q_{max}$  = aprox. 58%, como se explica y desarrolla en [8].

En el campo lejano, las distancias aumentan al aumentar la distancia al receptor 1610 tanto en la dirección Este-Oeste como en la dirección Norte-Sur. En el campo lejano, las distancias  $A_{OW}$  en dirección Este-Oeste aumentan de 2,65 m a un valor de hasta 5 m y las distancias  $A_{NS}$  en la dirección Norte-Sur aumentan de 4,01 m a un valor de hasta 8 m.

20 En la fig. 18 se muestra un detalle ampliado de una vista superior de un campo lejano. La representación de las distancias muestra sólo los principios. Las distancias no están a escala. Puede verse que, para el caso representado, en el que el receptor 1610 se halla al sudoeste de este detalle del campo, las distancias aumentan de Oeste a Este y de Sur a Norte.

25 El aumento de las distancias entre los helióstatos en dirección Este-Oeste y en dirección Norte-Sur se muestra en la fig. 19.

Todo el campo de helióstatos se extiende, en dirección Norte-Sur, desde 340 m al norte del receptor 1610 hasta 285 m al sur del receptor 1610 y, en dirección Este-Oeste, desde 330 m al este del receptor hasta 330 m al oeste del receptor 1610.

La densidad de superficie reflectora para todo el campo de helióstatos  $q_{total}$  es  $q_{total} = 52\%$ .

30 El perímetro del campo de helióstatos descrito en la fig. 16 tiene una forma que se extiende fuera de un círculo y al mismo tiempo dentro de un cuadrado. El centro del campo de helióstatos se halla aprox. 25 m al norte del receptor 1610, como puede verse en las indicaciones graduadas incluidas en la fig. 16. El receptor 1610 está desplazado aprox. 25 m fuera del centro del campo hacia el Sur. El diámetro del campo de helióstatos es de aprox. 700 m y, por tanto, aprox.  $4,5 \times H_R$ .

35 El campo de helióstatos es continuo y está interrumpido únicamente en los puntos base de la estructura soporte, si la realización técnica a la luz de la estructura soporte hace necesaria la colocación de puntos base dentro del campo de helióstatos.

#### *Resumen de las características esenciales del ejemplo de realización 1*

- 40 • Altura del receptor  $H_R$ : 150 m sobre el campo de helióstatos.
- Superficie de la abertura del receptor:  $12,5 \text{ m} \times 12,5 \text{ m} = 156,25 \text{ m}^2$ .
- Orientación del receptor: Vector normal de la superficie de la abertura del receptor 1610 orientado perpendicularmente hacia abajo, como se muestra en la fig. 15.
- Estructura soporte: Sistema de arco, como en la fig. 14a, que se extiende en dirección Este-Oeste sobre el campo de helióstatos, compuesto de campo cercano 1636 y campo lejano 1638.
- 45 • Campo de helióstatos con una densidad de superficie reflectora  $q$  constante en el campo cercano 1636, que es igual a la densidad de superficie reflectora máxima  $q_{max}$ , de aprox. un 68%.
  1. Helióstatos con suspensión de eje horizontal fijo para una alta densidad de montaje dentro de una fila en dirección Este-Oeste o, alternativamente, dentro de una fila en dirección Norte-Sur.
  - 50 2. El campo de helióstatos tiene en la zona cercana una densidad de superficie reflectora  $q = q_{max} = 68\% > 60\%$ .
  3. El campo de helióstatos se extiende en dirección Norte, Este, Sur y Oeste alrededor del receptor y constituye una superficie continua (ininterrumpida).

- Distancias crecientes entre los helióstatos en dirección Este-Oeste y en dirección Norte-Sur en el campo lejano.
- La densidad de superficie reflectora para todo el campo de helióstatos  $q_{total}$  es  $q_{total} = 52\%$ .
- Helióstatos con suspensión de eje horizontal fijo para una alta densidad de montaje en dirección Este-Oeste.
- Dimensiones del campo cercano 1636: desde 85 m al este hasta 85 m al oeste del receptor y desde 115 m al norte del receptor hasta 150 m al sur del receptor 1610.

### Ejemplo de realización 2

- En base a esta memoria de patente se realizó, utilizando el tipo de helióstatos según la invención con suspensión de eje cuasipolar fijo (SECF), otro diseño a modo de ejemplo de un sistema solar de receptor central con las siguientes características:

*Supuestos para el diseño del sistema solar de receptor central*

Momento de diseño: 21 de junio, 12 del mediodía, hora solar.

Lugar: latitud 34°N, latitud norte, (por ejemplo norte de África o sur de California, EE.UU.).

- Supuesto: radiación normal directa (potencia de radiación solar) en el momento de diseño: 1.000 W/m<sup>2</sup>.

*Receptor*

- El receptor utilizado es un receptor con absorbedor externo, como se muestra en la fig. 20, donde el absorbedor 2015 está situado en una cara del receptor. Así, la superficie del absorbedor 2015 es también igual a la abertura óptica del receptor, la abertura 2011. En otros casos, el absorbedor 2015 puede tener también una superficie no plana. El vector normal  $n_R$  de la superficie del absorbedor está orientado hacia abajo.  $B_{R\_NS}$  es la anchura del absorbedor rectangular 2015 en dirección Norte-Sur y  $B_{R\_OW}$  en dirección Este-Oeste. Para las dimensiones del absorbedor 2015 se aplica, según se muestra en la fig. 20:

$$B_{R\_NS} = 12,5 \text{ m}, B_{R\_OW} = 12,5 \text{ m} (156,25 \text{ m}^2)$$

Para la altura del receptor sobre el campo de helióstatos se aplica la altura de receptor  $H_R = 150 \text{ m}$ .

- Estructura soporte del receptor*

El receptor está montado suspendido de una estructura soporte que sujeta el receptor libremente sobre el campo de helióstatos. Ésta puede ser por ejemplo un sistema de arco con dos bases de apoyo, como se muestra en la fig. 14a. El arco se extendería de Este a Oeste sobre el campo de helióstatos.

*Helióstatos*

- Los helióstatos 1290 con SECF están agrupados en grupos de 6 helióstatos, formando cinco grupos de helióstatos 1283 formar un módulo 1280 con un sistema de soporte común, consistente en un bastidor de soporte 1285 y unas patas 1287, como se muestra en la fig. 12.

$$\text{Superficie reflectora } F_{Hel} = L_{Hel} \times B_{Hel} = 1,36425 \text{ m}^2.$$

$L_{Hel} = 3,21 \text{ m}$  (longitud),  $B_{Hel} = 0,425 \text{ m}$  (anchura). Véase la fig. 13.

- Los espacios intermedios  $Z_{NS}$  entre los seis helióstatos 1390 dentro de un grupo de helióstatos 1383 son de 0,05 m, de manera similar a como se muestra en la fig. 13. Dentro de un módulo 1280, las distancias  $A_{OW}$  entre los cinco grupos de helióstatos 1283 son iguales. Sin embargo, las distancias  $A_{OW}$  entre los grupos de helióstatos 1283 pueden ser diferentes de un módulo 1280 a otro.

Los helióstatos presentan una curvatura de concentración con una distancia focal de 300 m.

- Campo de helióstatos*

El campo de helióstatos se compone de una pluralidad de módulos 1280 de helióstatos con SECF con seguimiento acoplado alrededor del primer y el segundo eje de giro dentro de los grupos de helióstatos 1283.

- Los helióstatos con SECF se montan en filas paralelas de módulos 2180 de helióstatos con SECF en dirección Este-Oeste, como se muestra en la fig. 21 en una representación en perspectiva de cuatro filas de cuatro módulos cada una. En la situación representada en la fig. 21, las distancias  $A_{OW}$  entre los grupos de

helióstatos 2183 dentro de los módulos 2180 son constantes, como lo son las distancias entre las filas de módulos 2180 y también el ángulo  $\alpha$ . Esto es característico de un detalle del campo cercano. Las distancias, los ángulos y los tamaños están sólo a escala.

El campo de helióstatos se compone de un campo cercano 2236 y un campo lejano 2238.

- 5 En la fig. 22 se muestra una vista superior el campo de helióstatos descrito, consistente en un campo cercano 2236 y el campo lejano 2238, representando cada punto individual la posición de un grupo de helióstatos 1383, como se muestra en la fig. 13. El origen del sistema de coordenadas está definido por la posición del centro del receptor 2210, que aquí está representado con un punto de mayor tamaño, no a escala. El borde exterior del campo cercano 2237 es al mismo tiempo el límite con el campo lejano. El borde exterior del campo lejano es al mismo tiempo el borde exterior de todo el campo de helióstatos 2239.

- 15 En el campo cercano 2236, las distancias  $A_{OW}$  entre los grupos de helióstatos en dirección Este-Oeste son constantes y éstos están montados con la densidad de superficie reflectora máxima  $q_{max}$ , como puede verse mejor en el detalle ampliado de la vista superior del campo cercano de la fig. 23. La densidad de la superficie reflectora  $q$  en el campo cercano es igual a la densidad de la superficie reflectora máxima  $q_{max}$  en el campo de helióstatos.

Según la fig. 22, la zona cercana del campo de helióstatos se extiende, en dirección Este-Oeste, desde 80 m al este del receptor hasta 80 m al oeste del receptor y, en dirección Norte-Sur, desde 83 m al norte del receptor hasta 173 m al sur del receptor.

- 20 En la fig. 23 se muestra un detalle de la vista superior de un campo cercano fuera de escala. Las distancias  $A_{Mod}$  entre las filas de módulos en dirección Norte-Sur son iguales en el campo cercano, como lo son las distancias  $A_{OW}$  entre los helióstatos dentro de las filas de módulos en dirección Este-Oeste.

En dirección Este-Oeste, los helióstatos del campo cercano están montados con una distancia entre ellos  $A_{OW}$  de 3,61 m, esto es entre los reflectores, con una longitud  $L_{Hel}$  de 3,21 m, existe en cada caso un espacio intermedio  $Z_{OW}$  de 0,4 m cuando los reflectores están orientados en paralelo, como se muestra.

- 25 La alta densidad de montaje dentro de las filas Este-Oeste, de aprox. un 89% ( $=3,21 \text{ m}/3,61 \text{ m}$ ), es posible gracias a la utilización de helióstatos con SECF y los volúmenes espaciales necesarios para el libre movimiento de los helióstatos de acuerdo con los reflectores, que en dirección Este-Oeste tienen una longitud  $L_{Hel}$  mucho mayor que su anchura  $B_{HEL}$  ( $L_{Hel} > 6 \times B_{HEL}$ ), como se muestra en la fig. 12. La utilización de helióstatos con SECF permite en principio incluso una densidad de montaje mayor dentro de las filas Este-Oeste, si la instalación y la fabricación son exactas y se cumplen las normas de seguridad locales.

- 35 En dirección Norte-Sur, las filas de módulos en el campo cercano están montadas a una distancia entre ellas  $A_{Mod}$  de 3,20 m, es decir que, con  $B_{Hel} = 0,425 \text{ m}$  para en cada caso seis helióstatos por grupo de helióstatos, se obtiene una densidad de montaje en dirección Norte-Sur de un 80% ( $= 6 \times 0,425 \text{ m}/3,20 \text{ m}$ ). La densidad de montaje de las filas puede ser en principio incluso mayor, si la instalación y la fabricación son exactas y se cumplen las normas de seguridad locales.

En el campo cercano, de la combinación de la densidad de montaje en dirección Este-Oeste y en dirección Norte-Sur resulta una densidad de superficie reflectora  $q_{max} \text{ Constante} = \text{aprox. } 71\%$ .

- 40 En el campo lejano, las distancias aumentan al aumentar la distancia al receptor 2210, tanto en la dirección Este-Oeste como en la dirección Norte-Sur. En el campo lejano, las distancias entre los helióstatos en dirección Este-Oeste aumentan de 3,61 m a un valor de hasta 6,39 m y las distancias entre las filas de módulos en la dirección Norte-Sur aumentan de 3,20 m a un valor de hasta 6,63 m.

- 45 En la fig. 24 se muestra un detalle de la vista superior de un campo lejano con helióstatos con SECF. La representación de las distancias muestra sólo los principios. Las distancias no están a escala. Puede verse que, para el caso representado, en el que el receptor 2210 se halla al sudoeste de este detalle del campo, las distancias aumentan de Oeste a Este y de Sur a Norte.

- 50 El ángulo  $\alpha$  de la superficie de montaje y del primer eje de giro en relación con la superficie base total es máximo en las filas de módulos situadas en el extremo norte del campo de helióstatos y disminuye en dirección Sur, como se muestra también en la fig. 25. Puede verse que el ángulo  $\alpha$  cambia en pasos de  $5^\circ$ . Esto es así por consideraciones técnicas de producción, pero, de manera puramente teórica, el ángulo  $\alpha$  podría también cambiar de forma continua. Además puede verse que, al sur del receptor, el ángulo  $\alpha$  también puede hacerse negativo, significando los valores positivos que el eje de giro está basculado de manera que el extremo más alto mira en dirección al polo terrestre (Norte), mientras que los valores negativos significan que el extremo más alto del eje de giro mira en dirección al ecuador (Sur).

Todo el campo de helióstatos se extiende, en dirección Norte-Sur, desde 340 m al norte del receptor 2210 hasta 285 m al sur del receptor 2210 y, en dirección Este-Oeste, desde 330 m al este del receptor hasta 330 m al oeste del receptor 2210.

La densidad de superficie reflectora para todo el campo de helióstatos  $q_{total}$  es  $q_{total} = 51\%$ .

- 5 En la fig. 22, el perímetro del campo de helióstatos describe una forma que se extiende fuera de un círculo y al mismo tiempo dentro de un cuadrado. El centro del campo de helióstatos se halla aprox. 25 m al norte del receptor 2210, como puede verse en las indicaciones graduadas incluidas en la fig. 22. El receptor 2210 está desplazado aprox. 25 m fuera del centro del campo hacia el Sur. El diámetro del campo de helióstatos es de aprox. 700 m y, por tanto, de aprox.  $4,5 \times H_R$ .
- 10 El campo de helióstatos es continuo y está interrumpido únicamente para los puntos de base de la estructura soporte, si la realización técnica de la luz de la estructura soporte hace necesaria la colocación de puntos de base dentro del campo de helióstatos.

*Resumen de las características esenciales del ejemplo de realización 2*

- Altura de receptor  $H_R$ : 150 m sobre el campo de helióstatos.
- Superficie del absorbedor del receptor:  $12,5 \text{ m} \times 12,5 \text{ m} = 156,25 \text{ m}^2$ .
- Orientación del receptor: Vector normal de la superficie del absorbedor del receptor 2210 orientado perpendicularmente hacia abajo, como se muestra en la fig. 20.
- Estructura de soporte: Sistema de arco, como en la fig. 14a, que se extiende en dirección Este-Oeste sobre el campo de helióstatos, compuesto de campo cercano 2236 y campo lejano 2238.
- Campo de helióstatos con una densidad de superficie reflectora  $q$  constante en el campo cercano 2236, igual a la densidad de superficie reflectora máxima  $q_{max}$  de aprox. un 71%.
  1. Helióstatos con suspensión de eje cuasipolar fijo para una alta densidad de superficie reflectora.
  2. El campo de helióstatos tiene en la zona cercana una densidad de superficie reflectora  $q = q_{max} = 71\% > 60\%$
  3. Campo de helióstatos que se extiende en dirección Norte, Este, Sur y Oeste alrededor del receptor y constituye una superficie continua (ininterrumpida).
- Distancias crecientes entre las filas de módulos de helióstatos en dirección Norte-Sur y entre los helióstatos en dirección Este-Oeste en el campo lejano.
- La densidad de superficie reflectora para todo el campo de helióstatos  $q_{total}$  es  $q_{total} = 51\%$ .
- Helióstatos con suspensión de eje cuasipolar fijo para una alta densidad de superficie reflectora.
- Dimensiones del campo cercano 2236: desde 83 m al este hasta 83 m al oeste del receptor y desde 80 m al norte del receptor hasta 173 m al sur del receptor 2210.
- Distancias crecientes entre los helióstatos en dirección Este-Oeste y entre las filas de módulos en dirección Norte-Sur en el campo lejano 2238.

**35 Ejemplo de realización 3**

Otro diseño a modo de ejemplo de un sistema solar de receptor central pequeño en base a esta memoria de patente, utiliza helióstatos con suspensión de eje horizontal fijo en un campo de helióstatos compuesto exclusivamente de un campo cercano y en el que la estructura de soporte es una grúa giratoria de torre con pluma que permite mover el receptor en hasta tres dimensiones:

40 *Supuestos para el diseño del sistema solar de receptor central*

Momento de diseño: 21 de junio, 12 del mediodía, hora solar.

Lugar: latitud  $34^\circ\text{N}$ , latitud norte, (por ejemplo norte de África o sur de California, EE.UU.).

Supuesto: radiación normal directa (potencia de radiación solar) en el momento de diseño:  $1.000 \text{ W/m}^2$ .

- 45 Potencia de radiación (potencia térmica en megavatios -  $\text{MW}_t$ ) en la superficie objetivo del receptor en el momento de diseño:  $2 \text{ MW}_t$ .

*Receptor*

- El receptor utilizado es un receptor de cavidad, como se muestra en la fig. 15. El vector normal  $n_R$  de la superficie de la abertura está orientado hacia abajo.  $B_{R\_NS}$  es la anchura de la abertura rectangular 1511 en dirección Norte-Sur y  $B_{R\_OW}$  en dirección Este-Oeste. Para las dimensiones de la abertura 1511 del receptor de cavidad se aplica, según se muestra en la fig. 15:

$$B_{R\_NS} = 3 \text{ m}, B_{R\_OW} = 6 \text{ m} (18 \text{ m}^2)$$



Para la altura del receptor sobre el campo de helióstatos se aplica la altura de receptor  $H_R = 45$  m.

Altura de receptor sobre el campo de helióstatos:  $H_R = 45$  m.

*Estructura soporte del receptor*

5 La estructura soporte es, como está se muestra la fig. 26, una grúa giratoria de torre consistente en una estructura de soporte vertical 2621 y una pluma 2622 en la que un receptor 2610 está montado suspendido sobre el campo de helióstatos. El punto de base 2623 de la estructura de soporte vertical 2621 de la grúa giratoria de torre se halla al norte del campo de helióstatos.

10 Como puede verse en la fig. 27, la pluma 2722 puede girar alrededor de un eje de giro vertical en la estructura de soporte vertical 2721. Además, el receptor 2710 puede moverse adelante y atrás a lo largo de la pluma 2722. De este modo se puede modificar la posición del receptor 2710 en función de la altura del sol y, por tanto, optimizar el rendimiento del campo de helióstatos. Puede verse que, en las dos posiciones de pluma representadas, el receptor 2710 se halla también en posiciones diferentes a lo largo de la pluma 2722. La posición en la que el receptor 2710 se halla sobre el origen del campo de helióstatos es la situación en la que el sol se halla a mediodía exactamente al sur del campo de helióstatos, mientras que la otra posición  
15 representa la situación cuando el sol se halla por la mañana en verano al nordeste del campo de helióstatos.

En principio también existe la posibilidad de que la posición del receptor 2710 pueda modificarse en su altura  $H_R$ .

*Helióstatos*

Helióstatos con suspensión de eje horizontal fijo (SEHF)

20 Superficie reflectora  $F_{Hel} = L_{Hel} \times B_{Hel} = 7,2225 \text{ m}^2$

$L_{Hel} = 3,21$  m (longitud),  $B_{Hel} = 2,25$  m (anchura)

Los reflectores de los helióstatos presentan una curvatura de concentración con una distancia focal de 49,5 m.

*Campo de helióstatos*

25 Los helióstatos se montan en filas paralelas en dirección Este-Oeste, hallándose los helióstatos también en filas en la dirección Norte-Sur. Véase la fig. 27. En otros diseños, los helióstatos de filas Este-Oeste adyacentes pueden también estar desplazados unos en relación con otros en una medida de la mitad de la distancia entre helióstatos  $A_{OW}$  (véase la fig. 17), como en la fig. 10.

El campo de helióstatos se compone de un campo cercano y sin campo lejano.

30 En la fig. 27 se muestra una vista superior del campo de helióstatos descrito, consistente en un campo cercano y sin campo lejano, representando cada punto individual la posición de un helióstato individual en dirección Norte-Sur y en dirección Este-Oeste. El origen del sistema de coordenadas está definido por la posición del centro del receptor 2710, que aquí está representado por un punto de mayor tamaño, fuera de escala.

35 En todo el campo de helióstatos, los helióstatos 2790 están montados a distancias constantes unos de otros con la densidad de superficie reflectora máxima  $q_{max}$ , como puede verse en la vista superior de la fig. 27. Por tanto, la densidad de superficie reflectora  $q$  de todo el campo de helióstatos es igual a la densidad de superficie reflectora máxima  $q_{max}$  en el campo de helióstatos.

40 En dirección Este-Oeste, los helióstatos del campo de helióstatos están montados a una distancia entre ellos  $A_{OW}$  de 2,75 m, esto es entre los reflectores, con una anchura  $B_{Hel}$  de 2,25 m, existe en cada caso un espacio intermedio  $Z_{OW}$  de 0,5 m cuando éstos se hallan en la posición de estacionamiento horizontal en la que los reflectores están horizontales y el lado largo de los helióstatos está orientado en dirección Norte-Sur, como se muestra en la vista superior de la fig. 17.

45 La alta densidad de montaje dentro de las filas Este-Oeste, de aprox. un 82% ( $=2,25 \text{ m}/2,75 \text{ m}$ ), es posible gracias a la utilización de helióstatos con suspensión de eje horizontal fijo (SEHF), como se describe en los documentos WO 02/070966 A1, WO 2008/092194 A1 y WO 2008/092195 A1.

En dirección Norte-Sur, las filas de helióstatos del campo cercano están montadas a una distancia entre ellas  $A_{NS}$  de 4,21 m, esto es entre los reflectores, con una longitud  $L_{Hel} = 3,21$  m (y por lo tanto filas de 3,21 m de

anchura), existe en cada caso un espacio intermedio  $Z_{NS}$  de 1,0 m cuando éstos se hallan en la posición de estacionamiento horizontal. Véase la fig. 17. En principio, la densidad de montaje de las filas puede ser también mayor si las filas de helióstatos están desplazadas en cada caso una medida de la mitad de la distancia entre helióstatos  $A_{OW}$  (véase la figura 17), como se muestra en la fig. 10.

- 5 De la combinación de la densidad de montaje en dirección Este-Oeste y en dirección Norte-Sur resulta en el campo de helióstatos una densidad de superficie reflectora  $Q_{max}$  constante = aprox. 62%.

A diferencia del ejemplo de realización 1, este campo de helióstatos se compone exclusivamente de un campo cercano con helióstatos situados a distancias constantes unos de otros.

- 10 Todo el campo de helióstatos se extiende, en la dirección Norte-Sur, desde aprox. 38 m al norte del receptor 2710 hasta 17 m al sur del receptor 2710 y, en la dirección Este-Oeste, desde 33 m al este del receptor hasta 33 m al oeste del receptor 2710.

- 15 En la fig. 27, el perímetro del campo de helióstatos describe aproximadamente una forma circular. El centro del campo de helióstatos se halla aprox. 10 m al norte del receptor 2710, como puede verse en las indicaciones graduadas incluidas en la fig. 27. El receptor 2710 está desplazado aprox. 10 m fuera del centro del campo hacia el Sur. El diámetro del campo de helióstatos es de aprox. 60 m y, por tanto, de aprox.  $1,3 \times H_R$ .

El campo de helióstatos es continuo.

#### *Resumen de las características esenciales del ejemplo de realización 3*

- 20
- Altura de receptor  $H_R$ : 45 m sobre el campo de helióstatos.
  - Superficie de la abertura del receptor:  $3 \text{ m} \times 6 \text{ m} = 18 \text{ m}^2$ .
  - Orientación del receptor: Vector normal de la superficie de la abertura del receptor 2710 orientado perpendicularmente hacia abajo, como se muestra en la fig. 15 y 26.
  - Estructura soporte: Grúa giratoria de torre, consistente en una estructura de soporte vertical 2621 y una pluma 2622, para un receptor 2610 montado suspendido, y con punto de base al norte del campo de helióstatos.
- 25
- Campo de helióstatos con una densidad de superficie reflectora  $q_{constante}$ , que corresponde a la densidad de superficie reflectora máxima  $Q_{max}$  de aprox. un 71%.
    1. Helióstatos con suspensión de eje horizontal fijo para una alta densidad de montaje dentro de una fila en dirección Este-Oeste.
    2. Campo de helióstatos con densidad de superficie reflectora  $Q = Q_{max} = Q_{total} = 68\% > 60\%$ .
    3. Campo de helióstatos que se extiende en dirección Norte, Este, Sur y Oeste alrededor del receptor y constituye una superficie continua (ininterrumpida).
  - Sin campo lejano.
  - La densidad de superficie reflectora para todo el campo de helióstatos  $Q_{total}$  es  $Q_{total} = Q = Q_{max} = 68\%$ .
- 30
- 35

#### **Procedimiento para el diseño de los ejemplos de realización 1 a 3**

Para el diseño de los ejemplos de realización 1 a 3 anteriores se ha elegido el siguiente procedimiento en cuatro pasos, preferentemente sucesivos:

Procedimiento para el diseño de un campo de helióstatos de un sistema solar de receptor central,

- 40 a) donde, en el primer paso, se define un montaje de los helióstatos (1790; 1290, 1390) para un campo cercano (1636; 2236) en una superficie base total preferentemente llana, que presenta una densidad de superficie reflectora  $p$  de  $p > 60\%$ ,
- definiéndose la densidad de superficie reflectora  $p$  como la relación entre la superficie reflectora total de una región del campo de helióstatos y la superficie base construida de la misma región del campo de helióstatos,
  - presentando cada helióstato un reflector (795; 995), que puede ajustarse alrededor de dos ejes de giro (792, 793; 992, 993) y que refleja la radiación solar a la superficie objetivo de uno o varios receptores (1610; 2210) con una altura cambiante del sol,
  - siendo la superficie objetivo una abertura (1511; 2011) o un absorbedor térmico (2015) o un absorbedor fotovoltaico (2015) del receptor respectivo (fig. 15; fig. 20),
  - estando configurado en cada helióstato el primer eje de giro (992; 1292, 1392) paralelo a la superficie de montaje (fig. 9; fig. 12, fig. 13) y estando montado un grupo de helióstatos con una superficie de montaje común en una fila, de manera que los primeros ejes de giro (992; 1292, 1392; 1792) de los helióstatos (1290, 1390; 1790) del grupo respectivo se hallan en una línea, es decir están alineados unos con otros,
- 45
- 50
- 55

- estando el reflector (995; 1295, 1395; 1795) de cada helióstato configurado con forma rectangular y siendo el reflector (995; 1295, 1395; 1795) preferentemente más largo en la dirección del segundo eje de giro (993; 1293, 1393) que en la dirección perpendicular a ésta, y
- 5 b) donde la superficie de montaje común de uno o varios grupos de helióstatos (1283; 1383) puede estar inclinada en relación con la superficie base total en cada caso en la medida de un ángulo  $\alpha$  (fig. 12) dependiente de la posición con respecto al receptor,
- determinándose en el segundo paso las posiciones de los helióstatos con la distancia al receptor (1610; 2210), calculándose hasta dónde se extiende el campo cercano (1636; 2236) con igual densidad de superficie reflectora  $p$  alrededor del receptor y
  - 10 • dónde comienza el campo lejano (1638; 2238) a continuación del campo cercano,
  - habiendo de aumentarse en el campo lejano las distancias en dirección Este-Oeste o en dirección Norte-Sur para evitar en gran parte o minimizar el bloqueo mutuo de los helióstatos,
  - 15 • significando el bloqueo que un helióstato cubre, como mínimo parcialmente, la trayectoria de los rayos del reflector de un helióstato adyacente a la superficie objetivo del receptor,
- c) donde, en el tercer paso, se calcula la potencia de radiación que los helióstatos respectivos transfieren a la superficie objetivo del receptor (1610; 2210) y se seleccionan para el campo de helióstatos preferentemente los helióstatos que, en el momento de diseño o en otros momentos o intervalos de tiempo determinados, producen el mayor aporte de potencia radiante en la superficie objetivo del receptor,
- formándose el campo de helióstatos como mínimo a partir de un campo cercano y, dependiendo de la potencia de radiación necesaria en la superficie objetivo del receptor, también a partir de un campo lejano,
  - 25 • previéndose un campo lejano siempre que se elija una altura de receptor  $H_R$  de como mínimo 100 m y siendo el diámetro mayor  $D_H$  del campo de helióstatos preferentemente menor que el séxtuplo de la altura de receptor  $H_R$ ,
  - eligiéndose en el cuarto paso una estructura de soporte (fig. 14) adecuada para sujetar el receptor (1410) en la posición definida sobre el campo de helióstatos, estando esta estructura de soporte configurada como
  - 30 i. un arco (fig. 14a),
  - ii. o una armadura sobre puntales (fig. 14b),
  - iii. o una estructura suspendida con cables (fig. 14c),
  - 35 teniendo estas tres estructuras de soporte i, ii y iii en cada caso como mínimo dos puntos de base, que se hallan preferentemente en la zona exterior o fuera del campo de helióstatos,
  - iv. o una estructura de soporte en forma de grúa (fig. 14d), con una pluma o pescante (1422) que soporta el receptor (1410) y se extiende sobre el campo de helióstatos,
  - 40 • hallándose uno o varios puntos de base de la estructura de soporte en forma de grúa bien en la zona exterior o preferentemente fuera del campo de helióstatos, en el lado del receptor orientado en sentido opuesto al ecuador,
  - pudiendo la posición de un receptor (2610, 2710) montado en la pluma (2622, 2722) modificarse en hasta tres dimensiones,
  - 45 • de manera que, para el campo de helióstatos determinado en el tercer paso, pueden seleccionarse distintas posiciones del receptor para determinadas alturas del sol, con el fin de aumentar el rendimiento del campo de helióstatos para las alturas del sol respectivas (fig. 26, fig. 27).

En la solicitud se utilizan las siguientes definiciones.

*Definiciones:*

- 50 *Helióstato con suspensión de eje cuasipolar fijo (SECF):* Un helióstato con SECF es un helióstato donde el primer eje de giro fijo es paralelo a una superficie de montaje, que a su vez está inclinada en un ángulo  $\alpha$  con respecto a la superficie base total.
- Grupo de helióstatos:* Es una pluralidad de helióstatos con SECF que tienen una superficie de montaje común y un primer eje de giro común, que presentan ambos un ángulo  $\alpha$  con respecto a la superficie base total.
- 55 *Módulo:* Una pluralidad de grupos de helióstatos teniendo todos ellos una superficie de montaje común y sus primeros ejes de giro paralelos reunidos en un módulo y soportados por un sistema de soporte común formado por un bastidor de soporte y patas.
- Superficie de montaje:* La superficie de montaje de un helióstato es una superficie de referencia libremente definida en la que está dispuesto fijamente el primer eje de giro del helióstato.
- 60 *Primer eje de giro:* El primer eje de giro es uno de los dos ejes de giro del helióstato, estando el primer eje de giro en relación con la superficie de montaje.

*Segundo eje de giro:* El segundo eje de giro es uno de los dos ejes de giro del helióstato, estando el segundo eje de giro dispuesto fijamente en relación con el reflector.

*Vector normal del receptor:* El vector normal  $n_R$  del receptor es el vector normal de la superficie objetivo del receptor.

5 *Anchura del receptor:* La anchura del receptor es la anchura de la superficie objetivo del receptor o la longitud lateral de la superficie objetivo en el caso de una superficie objetivo rectangular.

*Sombra:* Cuando se hacen sombra los helióstatos en el campo de helióstatos significa que un helióstato cubre, como mínimo parcialmente, la trayectoria de los rayos del sol hacia el reflector de un helióstato adyacente.

10 *Bloqueo:* Cuando se bloquean helióstatos en el campo de helióstatos significa que un helióstato cubre, como mínimo parcialmente, la trayectoria de los rayos del reflector de un helióstato adyacente hacia la superficie objetivo del receptor.

*Momento de diseño:* El momento de diseño es el momento para el que se diseña una central solar de receptor central y se definen los rendimientos del sistema, al igual que la potencia de radiación en la superficie objetivo del receptor. Normalmente, el momento de diseño es el día del solsticio de verano (21 de junio en el hemisferio norte), alrededor de las 12 del mediodía, hora solar.

15 *Helióstato:* Un helióstato es un reflector ajustable alrededor de dos ejes, que refleja la radiación solar a un punto objetivo o superficie objetivo. El seguimiento biaxial hace que el punto objetivo o la superficie objetivo reciba radiación de manera continua con una altura del sol cambiante a lo largo del día, teniendo el helióstato un primer eje de giro y un segundo eje de giro que está dispuesto perpendicular al primero en una superficie de montaje, estando dispuestos fijos el primer eje de giro en relación con la superficie de montaje y el segundo eje de giro en relación con el reflector. El reflector de la presente invención tiene una forma rectangular, designándose la longitud del lado más corto como anchura  $B_{Hel}$  y la longitud del lado más largo como longitud  $L_{Hel}$ . Por tanto, el reflector rectangular tiene una superficie reflectora  $F_{Hel} = B_{Hel} \times L_{Hel}$ .

20 *Helióstatos con suspensión de eje horizontal fijo:* Un helióstato con suspensión de eje horizontal fijo es un helióstato con dos ejes dispuestos perpendicularmente uno con respecto a otro, estando el primer eje dispuesto horizontal y fijo y moviéndose el segundo eje alrededor de éste. En la presente invención se utiliza un helióstato con una suspensión de eje horizontal tal que como se describe detalladamente en WO 2008/092194 A1, WO 2008/092195 A1 y WO 02/070966 A1 y en [8].

30 *Campo de helióstatos:* Un campo de helióstatos es un campo formado por una pluralidad de helióstatos que refleja la radiación solar a un punto objetivo o una superficie objetivo de un receptor, cuyo principio se conoce por ejemplo de la memoria de patente US 4 172 443 o US 4 220 140, véanse también las fig. 1 o 5, extraídas de estos documentos.

35 *Receptor:* Un receptor es un sistema que convierte la radiación solar en calor o, si se trata de un receptor fotovoltaico, directamente en corriente eléctrica. El calor de un receptor térmico se alimenta a un medio portador de calor, que puede ser entre otras cosas agua, vapor de agua o aire. El receptor se halla normalmente en el punto objetivo del campo de helióstatos. El principio de un receptor se conoce por ejemplo de la memoria de patente US 4 172 443 o US 4 220 140, véanse también las fig. 1 o 5 sacadas de estos documentos.

40 *Receptor de cavidad:* Como se muestra en la fig. 15a, un receptor de cavidad es un receptor donde la superficie que absorbe la radiación solar, el absorbedor 1515, está dentro de una cavidad 1512. La radiación entra por la abertura 1511 en la cavidad. El principio de un receptor de cavidad de este tipo se conoce por ejemplo de la memoria de patente US 4 220 140 o WO 2008/153922 A1 y [9].

45 *Absorbedor:* El absorbedor es la parte del receptor sobre la que incide la radiación solar y que, en el caso de un absorbedor térmico, convierte ésta en calor, que evacua a un medio portador de calor, como se conoce por ejemplo de la memoria de patente US 4 220 140, o que, en el caso de un absorbedor fotovoltaico, está compuesta de células fotovoltaicas que convierten la radiación solar directamente en corriente eléctrica.

50 *Receptor con absorbedor externo:* Un receptor con absorbedor externo es un receptor en el que la superficie absorbente forma parte de la superficie exterior del receptor, por ejemplo la superficie lateral de un receptor cilíndrico, como se conoce de la memoria de patente US 4 172 443, de la que se ha sacado la fig. 1, que muestra la superficie lateral cilíndrica del receptor 110, o, en la fig. 15b y la fig. 20b, en el que el absorbedor 1515/2015 se halla en una cara exterior del receptor.

*Abertura:* La abertura es la abertura óptica de entrada de un receptor de cavidad, como por ejemplo se conoce de [9] y WO 2008/153922 A1 y puede verse en la fig. 15.

55 *Superficie objetivo:* En función del tipo de receptor puede constituir la superficie objetivo del receptor la abertura, el absorbedor térmico o el absorbedor fotovoltaico.

60 *Campo cercano:* El campo cercano de un campo de helióstatos se define en la presente invención como la parte del campo de helióstatos que se extiende debajo del receptor y presenta una densidad de superficie reflectora  $\rho$  constante. Es decir, los helióstatos están montados a distancias constantes unos de otros. Un campo de helióstatos puede estar compuesto también exclusivamente de un campo cercano.

*Campo lejano:* El campo lejano de un campo de helióstatos se define como la parte del campo de helióstatos que rodea total o parcialmente el receptor a cierta distancia horizontal y en el que la densidad de superficie reflectora  $\rho$  disminuye al aumentar la distancia horizontal al receptor. Un campo de helióstatos puede estar compuesto también exclusivamente de un campo lejano.

65 *Superficie reflectora:* La superficie reflectora es la superficie  $F_{Hel}$  del reflector de un helióstato individual.

*Densidad de superficie reflectora  $q$* : La densidad de superficie reflectora  $q$  es la relación entre la superficie reflectora de una región del campo de helióstatos y la *superficie base de esta región del campo de helióstatos*.

5 *Densidad de superficie reflectora máxima  $q_{max}$* : La densidad de superficie reflectora máxima  $q_{max}$  corresponde al valor máximo de la densidad de superficie reflectora existente en todo el campo de helióstatos.

*Densidad de superficie reflectora total  $q_{total}$* : La densidad de superficie reflectora total  $q_{total}$  es la relación entre la superficie reflectora de todo el campo de helióstatos y la superficie base de todo el campo de helióstatos.

*Anchura de helióstato*: La anchura de helióstato es la anchura  $B_{Hel}$  del reflector rectangular del helióstato y, en la presente invención, como se muestra en la fig. 17, es siempre menor que la longitud  $L_{Hel}$  del reflector.

10 *Longitud de helióstato*: La longitud de helióstato corresponde a la longitud  $L_{Hel}$  del reflector rectangular del helióstato y, en la invención aquí descrita, como se muestra en la fig. 17, es siempre mayor o igual que la anchura  $B_{Hel}$  del reflector.

15 *Filas de helióstatos*: Fila de helióstatos, estando los helióstatos montados, como se muestra en la fig. 17, en una línea con el primer eje de giro, el eje horizontal fijo 1792 de los helióstatos con suspensión de eje horizontal fijo.

20 *Densidad de montaje dentro de una fila de helióstatos*: La densidad de montaje dentro de una fila de helióstatos es la relación entre la anchura  $B_{Hel}$  del reflector de los helióstatos y la distancia  $A_{OW}$  de dos helióstatos adyacentes dentro de una fila. La distancia  $A_{OW}$  entre dos helióstatos adyacentes se define aquí como la distancia entre los centros de dos reflectores adyacentes de estos helióstatos, como se muestra en la fig. 17.

25 *Densidad de montaje de filas de helióstatos*: La densidad de montaje de filas de helióstatos es, como se muestra en la fig. 17, la relación entre la anchura de la fila de helióstatos, que es igual a la longitud  $L_{Hel}$  de los reflectores de los helióstatos, y la distancia  $A_{NS}$  entre dos filas de helióstatos adyacentes, definiéndose la distancia entre dos filas de helióstatos adyacentes como la distancia entre los centros de las dos filas de helióstatos adyacentes.

*Diámetro de un campo de helióstatos  $D_H$* : El diámetro  $D_H$  de un campo de helióstatos se define, como se muestra en las fig. 2, 3, 4 y 6, como la distancia entre los helióstatos más alejados uno de otro.

30 *Altura de receptor  $H_R$* : La altura de receptor  $H_R$  se define, como se muestra en la fig. 1, como la distancia vertical del centro de la superficie del absorbedor de un receptor con absorbedor externo, o de la abertura de un receptor de cavidad, al plano definido por los centros de los reflectores de los helióstatos del campo de helióstatos. La altura de receptor se utiliza como una magnitud normal con respecto a la cual se miden otras magnitudes, por ejemplo el tamaño del campo de helióstatos.

#### Referencias

35 [1] Winter, C.-J.; Sizmann, R. L.; Vant-Hull, L. L.: Solar Power Plants, Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 1991

[2] Burgalet, J-I; Arias, S; Salbidegoitia I.B., Operative advantage of a central tower solar plant with thermal storage system. in SolarPACES 2009, Conference Proceedings, 1-18 de septiembre de 2009, Berlín, Alemania, ISBN 978-3-00-028755-8

40 [3] Gould, B.: Molten Salt Power Towers, Presentation at DOE Program Review, Austin, Texas 23 de abril de 2008

[4] Koll, G.; Schwarzbözl, P.; Hennecke, K.; Hartz, T.; Schmitz, M.; Hoffschmidt, B.; The solar tower Jülich - A research and demonstration plant for central Receiver systems. in SolarPACES 2009 Conference Proceedings, ISBN 978-3-00-028755-8

45 [5] Abengoa Solar S.A., White Paper on Solar Tower Technologies, Solutions to Global Climate Change, descargado el 19.8.2010 de [www.abengoasolar.com](http://www.abengoasolar.com) de parte de Abengoa Solar S.A. con sede en Avda de la Buhaira 2, 48018 Sevilla, España

[6] [www.esolar.com](http://www.esolar.com) de parte de eSolar Inc. con sede en 130 West Union Street, Pasadena, CA 91103, USA

[7] Steve Schell, Design and evaluation of eSolar's Heliostat field, in SolarPACES 2009 Conference Proceedings, 1-18 de septiembre de 2009, Berlín, Alemania, ISBN 978-3-00-028755-8

50 [8] Schramek, P. und Mills, D.R.; Heliostat for maximum ground coverage; Energy 29; 2004; 701-713

[9] Buck, R.; Bräuning, T.; Denk, T.; Pfänder, M.; Schwarzbözl, P.; Téllez, F; Solar-Hybrid Gas Turbine-based Power Tower Systems (REFOS); Journal of Solar Energy Engineering, Vol. 124, febrero de 2002; pág. 2-9

[10] Liebherr, Datenblatt Turmdrehkran 132 EC-H8 FR.tronic, 132 EC-H8 Litronic. Liebherr-Werk Biberach GmbH, Biberach an der Riss. [www.liebherr.com](http://www.liebherr.com)

55 *Lista de números de referencia*

En las figuras se emplean los mismos números de referencia para las mismas circunstancias, representándose circunstancias similares cuando las dos últimas cifras de los números de referencia son iguales e indicándose en la lista siguiente sólo las dos últimas cifras. Las cifras anteriores a las dos últimas cifras indican el número de la figura en cuestión.

60

	10	Receptor
	11	Abertura
	12	Cavidad
	13	Cúpula de vidrio
5	15	Absorbedor
	17	Entrada del medio caloportador
	18	Salida del medio caloportador
	20	Estructura soporte
10	21	Estructura de soporte vertical/torre
	22	Pluma o pescante
	23	Punto de base
	24	Cable de arriostamiento
15	30	Campo de helióstatos
	31	Campo norte
	32	Campo sur
	34	Hueco del campo de helióstatos
	36	Campo cercano
20	37	Límite exterior del campo cercano
	38	Campo lejano
	39	Límite exterior de todo el campo de helióstatos
	80	Módulo de un helióstato SECF
25	83	Grupo de helióstatos
	85	Bastidor
	87	Patas
	90	Helióstato
30	91	Bastidor de soporte
	92	Primer eje de giro unido fijamente a superficie de montaje
	93	Segundo eje de giro unido fijamente a reflector
	94	Acoplamiento mecánico del seguimiento del segundo eje de giro
	95	Reflector
35	99	Volumen espacial en el que el reflector puede moverse libremente

**REIVINDICACIONES**

1. Sistema solar de receptor central con un campo de helióstatos, que consta de
  - a) uno o varios receptores (110)
  - 5 b) una pluralidad de helióstatos (190) que forman el campo de helióstatos (130) y que están dispuestos en una superficie base total preferentemente llana, presentando cada helióstato un reflector (795; 995) que puede ajustarse alrededor de dos ejes de giro (792, 793; 992, 993) y que refleja la radiación solar a la superficie objetivo del o de los receptores con una altura cambiante del sol, estando la superficie objetivo configurada como una abertura (1511; 2011), un absorbedor térmico (2015) o un absorbedor fotovoltaico (2015) del receptor respectivo,
  - 10 c) una estructura soporte (120), a la que el o los receptores (110) están fijados encima del campo de helióstatos (130),
  - d) estando el campo de helióstatos formado por filas paralelas de helióstatos
  - e) estando configurado en cada helióstato el primer eje de giro (992; 1292; 1392) paralelo a la superficie de montaje,
  - 15 f) estando montados los helióstatos con una superficie de montaje común en una fila, de manera que los primeros ejes de giro (1292, 1392; 1792) de los helióstatos del grupo respectivo se hallan en una línea, es decir están alineados unos con otros,
  - g) estando cada reflector (995; 1295; 1395; 1795) configurado de forma rectangular,
  - caracterizado porque
  - h) la estructura soporte para el receptor está configurada como una estructura de soporte que se extiende sobre el campo de helióstatos,
  - 25 i) el vector normal de la superficie objetivo del receptor está orientado hacia abajo, con preferencia perpendicularmente, hacia el campo de helióstatos, y
  - j) el campo de helióstatos presenta debajo del receptor un campo cercano (1636; 2236) con una densidad de superficie reflectora  $\rho > 60\%$ , definiéndose la densidad de superficie reflectora como la relación entre la superficie reflectora total de una región del campo de helióstatos y la superficie base construida de la misma región del campo de helióstatos y estando el reflector configurado preferentemente más largo en la dirección del segundo eje de giro (993; 1293, 1393) que en la dirección perpendicular a ésta.
  - 30
2. Sistema solar de receptor central según la reivindicación 1, caracterizado porque en el campo cercano (1636; 2236) las distancias entre helióstatos adyacentes dentro de cada fila son en cada caso una primera distancia predeterminada y las distancias entre filas adyacentes son, en la dirección perpendicular a éstas, una segunda distancia predeterminada.
- 35
3. Sistema solar de receptor central según la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque las filas del campo de helióstatos están orientadas en dirección Este-Oeste o porque las filas del campo de helióstatos están orientadas en dirección Norte-Sur.
- 40
4. Sistema solar de receptor central según la reivindicación 1, caracterizado porque la superficie de montaje común de uno o varios grupos de helióstatos (1283; 1383) está inclinada en relación con la superficie base total en cada caso un ángulo  $\alpha$  que depende de la posición con respecto al receptor, estando cierto número de grupos de helióstatos con superficie de montaje común y con primeros ejes de giro paralelos reunidos en una fila perpendicular al primer eje de giro en cada caso para formar un módulo (1280, 2180, 2380, 2480) y estando varios módulos reunidos para formar una fila de módulos (2181, 2381; 2481).
- 45
5. Sistema solar de receptor central según la reivindicación 1 y 4, caracterizado porque, en el campo cercano, el campo de helióstatos debajo del receptor, las distancias entre grupos adyacentes de helióstatos (2383) dentro de cada módulo (2380) son en cada caso una primera distancia predeterminada y la distancia entre filas de módulos adyacentes (2181, 2381) son, en la dirección perpendicular a éstas, una segunda distancia predeterminada.
- 50
6. Sistema solar de receptor central según la reivindicación 1 y una de las reivindicaciones 2 a 5, caracterizado porque el primer eje de giro del grupo de helióstatos (1283, 1383) está acoplado mecánicamente de manera que los helióstatos (1290, 1390) tienen un eje de giro común (1292, 1392).
- 55

7. Sistema solar de receptor central según la reivindicación 1 y una de las reivindicaciones 2 a 6, caracterizado porque la estructura soporte para el receptor se extiende sobre el campo de helióstatos como un arco, hallándose dos o más puntos de base del arco preferentemente en la zona exterior o fuera del campo de helióstatos.
- 5 8. Sistema solar de receptor central según la reivindicación 1 y una de las reivindicaciones 2 a 6, caracterizado porque la estructura soporte para el receptor se extiende sobre el campo de helióstatos como una armadura sobre puntales, es decir como una estructura de soporte triangular, hallándose dos o más puntos de base de la armadura sobre puntales preferentemente en la zona exterior o fuera del campo de helióstatos.
- 10 9. Sistema solar de receptor central según la reivindicación 1 y una de las reivindicaciones 2 a 6, caracterizado porque la estructura soporte para el receptor se extiende sobre el campo de helióstatos como una estructura de cables suspendida, hallándose dos o más puntos de base de la estructura de cables suspendida preferentemente en la zona exterior o fuera del campo de helióstatos.
- 15 10. Sistema solar de receptor central según la reivindicación 1 y una de las reivindicaciones 2 a 6, caracterizado porque la estructura soporte para el receptor se extiende sobre el campo de helióstatos como una estructura soporte en forma de grúa, con una pluma o pescante que soporta el receptor, hallándose uno o más puntos de base de la estructura soporte en forma de grúa bien en la zona exterior o bien preferentemente fuera del campo de helióstatos en el lado del receptor orientado en sentido opuesto al ecuador.
- 20 11. Sistema solar de receptor central según la reivindicación 1 y 10, caracterizado porque la pluma (2622, 2722) de la estructura soporte en forma de grúa puede girar alrededor del eje vertical, siendo posible modificar la posición del receptor (2610, 2710), porque el receptor está dispuesto preferentemente de manera que puede desplazarse a lo largo de la pluma (2622, 2722) de la estructura soporte en forma de grúa, siendo posible modificar adicionalmente la posición del receptor (2610, 2710), y porque la altura del receptor (2610, 2710) está dispuesta preferentemente de manera que puede modificarse.
- 25 12. Sistema solar de receptor central según la reivindicación 1 y una de las reivindicaciones 2 a 11, caracterizado porque la estructura soporte lleva el receptor en una disposición suspendida en su parte inferior orientada hacia el campo de helióstatos.
- 30 13. Sistema solar de receptor central según la reivindicación 1 y una de las reivindicaciones 2 a 12, caracterizado porque el campo de helióstatos se extiende debajo y alrededor del receptor en dirección Norte, Este, Sur y Oeste, conformando un campo de helióstatos continuo.
- 35 14. Sistema solar de receptor central según la reivindicación 1 y una de las reivindicaciones 2 o 3 o una de las reivindicaciones 6 a 13, caracterizado porque el campo de helióstatos presenta, además del campo cercano, un campo lejano (1638) donde las distancias entre los helióstatos aumentan en dirección Este-Oeste o en dirección Norte-Sur al aumentar la distancia al receptor.
- 40 15. Sistema solar de receptor central según la reivindicación 1 y una de las reivindicaciones 4 a 13, caracterizado porque el campo de helióstatos presenta, además del campo cercano, un campo lejano (2238) donde, al aumentar la distancia al receptor, las distancias entre las filas de módulos (2481) aumentan en dirección Norte-Sur o, en la dirección Este-Oeste, las distancias entre grupos de helióstatos (2483) dentro de un módulo (2480) aumentan de un módulo al siguiente.
- 45 16. Sistema solar de receptor central según la reivindicación 1 y una de las reivindicaciones 2 a 15, caracterizado porque la altura de receptor  $H_R$  es como mínimo de 100 m y porque el diámetro mayor  $D_H$  del campo de helióstatos es preferentemente menor que el séxtuplo de la altura de receptor  $H_R$ .
- 50 17. Procedimiento para la producción de un campo de helióstatos de un sistema solar de receptor central según una de las reivindicaciones 1 - 16, consistente en los siguientes pasos:
- a) en el primer paso se define un montaje de los helióstatos (1790; 1290, 1390) para un campo cercano (1636; 2236) en una superficie base total preferentemente llana, que presenta una densidad de superficie reflectora  $p > 60\%$ ,
  - b) pudiendo la superficie de montaje común de uno o varios grupos de helióstatos (1283; 1383) estar inclinada en relación con la superficie base total en cada caso un ángulo  $\alpha$  dependiente de la posición con respecto al receptor,



- determinándose en el segundo paso las posiciones de los helióstatos con la distancia al receptor (1610; 2210), de lo que resulta hasta dónde se extiende el campo cercano (1636; 2236) con igual densidad de superficie reflectora  $\rho$  alrededor del receptor y
  - dónde comienza el campo lejano (1638; 2238) a continuación del campo cercano,
  - siendo en el campo lejano las distancias en dirección Este-Oeste o en dirección Norte-Sur tan grandes que se evita en gran parte o se mantiene pequeño el bloqueo mutuo de los helióstatos,
  - significando el bloqueo que un helióstato cubre, como mínimo parcialmente, la trayectoria de los rayos del reflector de un helióstato adyacente a la superficie objetivo del receptor,
- c) utilizándose en el tercer paso para el campo de helióstatos los helióstatos que, en el momento de diseño o en otros momentos o intervalos de tiempo determinados, producen el mayor aporte de potencia de radiación en la superficie objetivo del receptor,
- siendo el campo de helióstatos como mínimo un campo cercano y, dependiendo de la potencia de radiación necesaria en la superficie objetivo del receptor, también un campo lejano,
  - estando presente un campo lejano siempre que la altura de receptor  $H_R$  sea de como mínimo 100 m y siendo el diámetro mayor  $D_H$  del campo de helióstatos preferentemente menor que el séxtuplo de la altura de receptor  $H_R$ ,
  - existiendo en el cuarto paso una estructura soporte adecuada para sujetar el receptor (1410) en la posición definida sobre el campo de helióstatos, estando esta estructura soporte configurada como
    - i. un arco,
    - ii. o una armadura sobre puntales,
    - iii. o una estructura suspendida de cables,
 teniendo estas tres estructuras de soporte i, ii y iii en cada caso como mínimo dos puntos de base, que se hallan preferentemente en la zona exterior o fuera del campo de helióstatos,
    - iv. o una estructura soporte en forma de grúa, con una pluma o pescante (1422) que soporta el receptor (1410) y se extiende sobre el campo de helióstatos, hallándose uno o varios puntos de base de la estructura soporte en forma de grúa bien en la zona exterior o preferentemente fuera del campo de helióstatos, en el lado del receptor orientado en sentido opuesto al ecuador, pudiendo la posición de un receptor (2610, 2710) montado en la pluma (2622, 2722) ser modificable en hasta tres dimensiones,
 de manera que, para el campo de helióstatos determinado en el tercer paso, están previstas distintas posiciones del receptor para determinadas alturas del sol, con el fin de aumentar el rendimiento del campo de helióstatos para las alturas del sol respectivas.

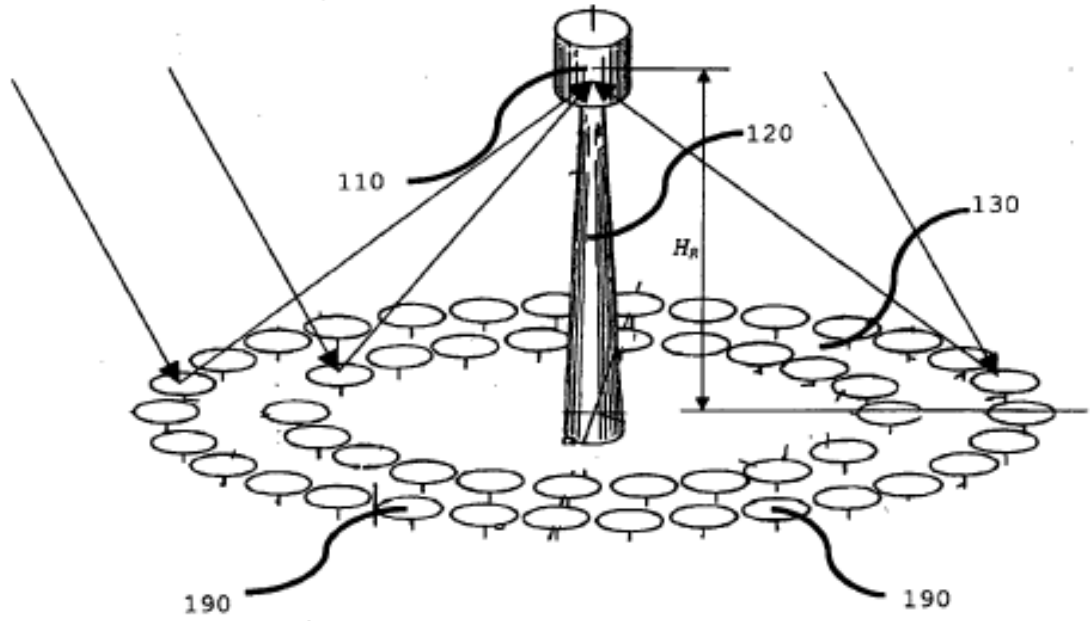


Fig. 1:

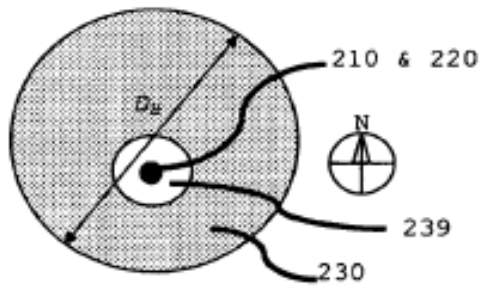


Fig. 2:

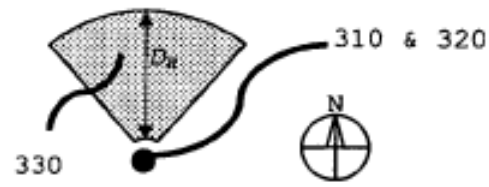


Fig. 3:

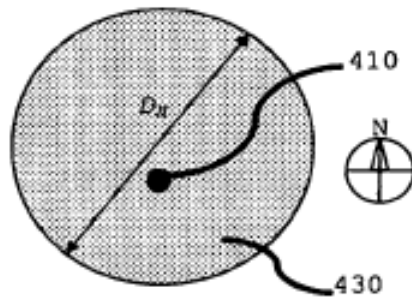


Fig. 4

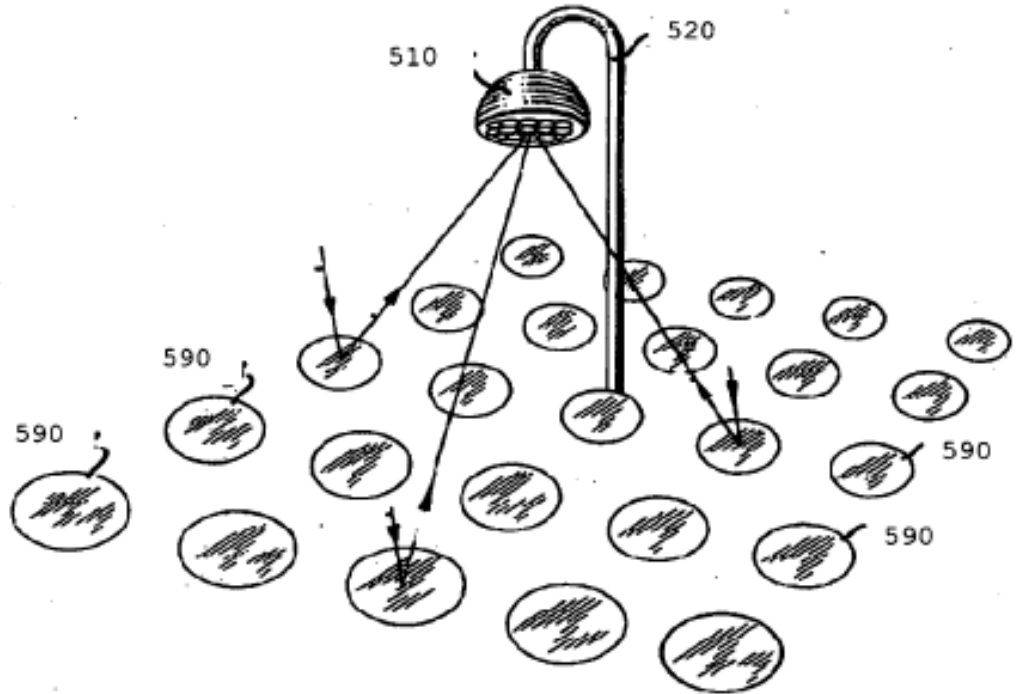


Fig. 5:

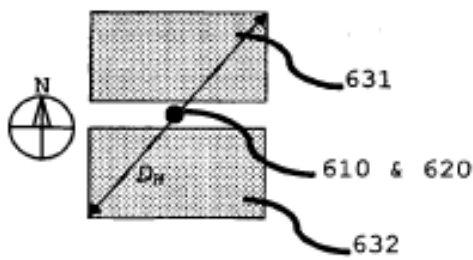


Fig. 6:

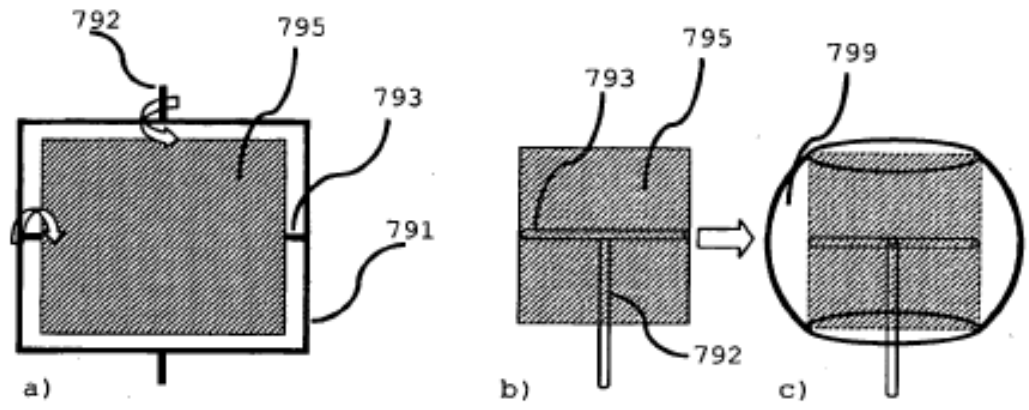


Fig. 7:

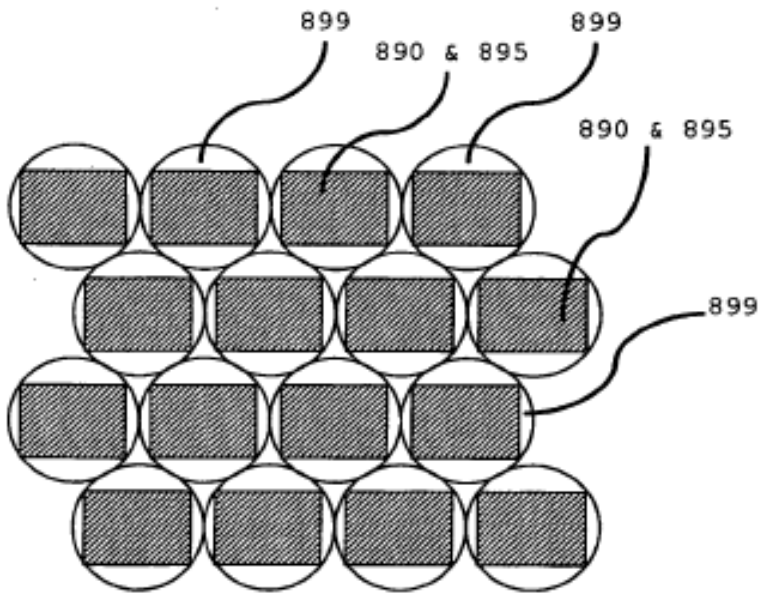


Fig. 8:

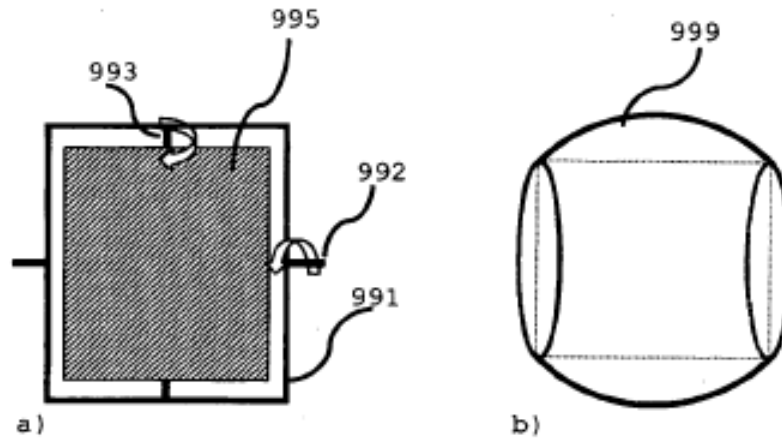


Fig. 9:

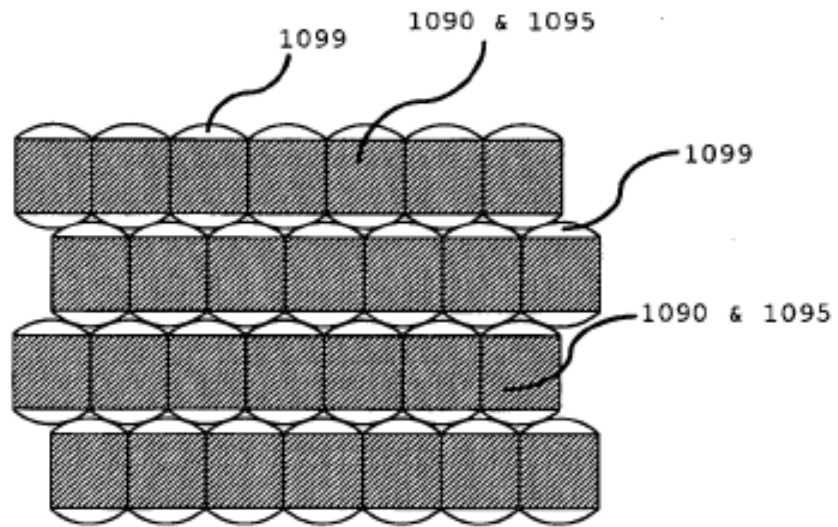


Fig. 10:

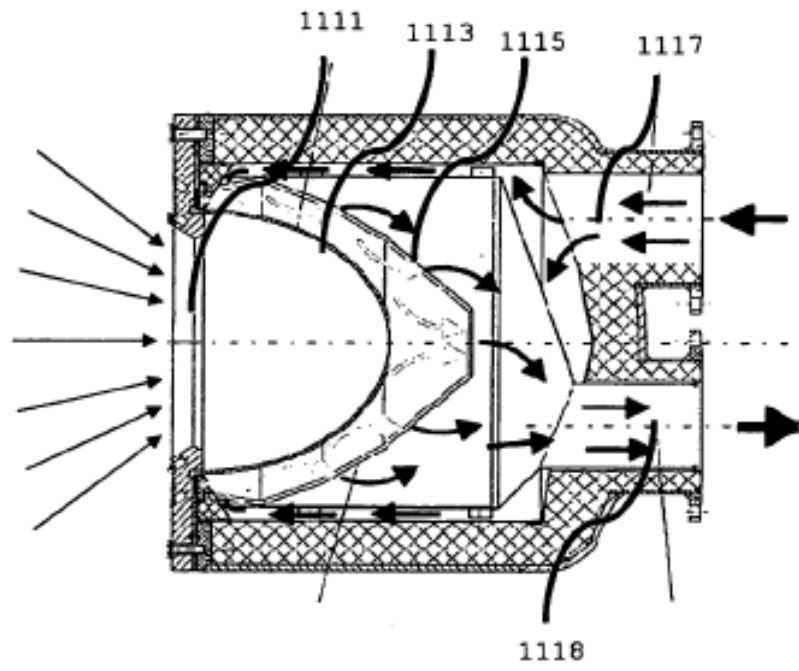


Fig. 11:

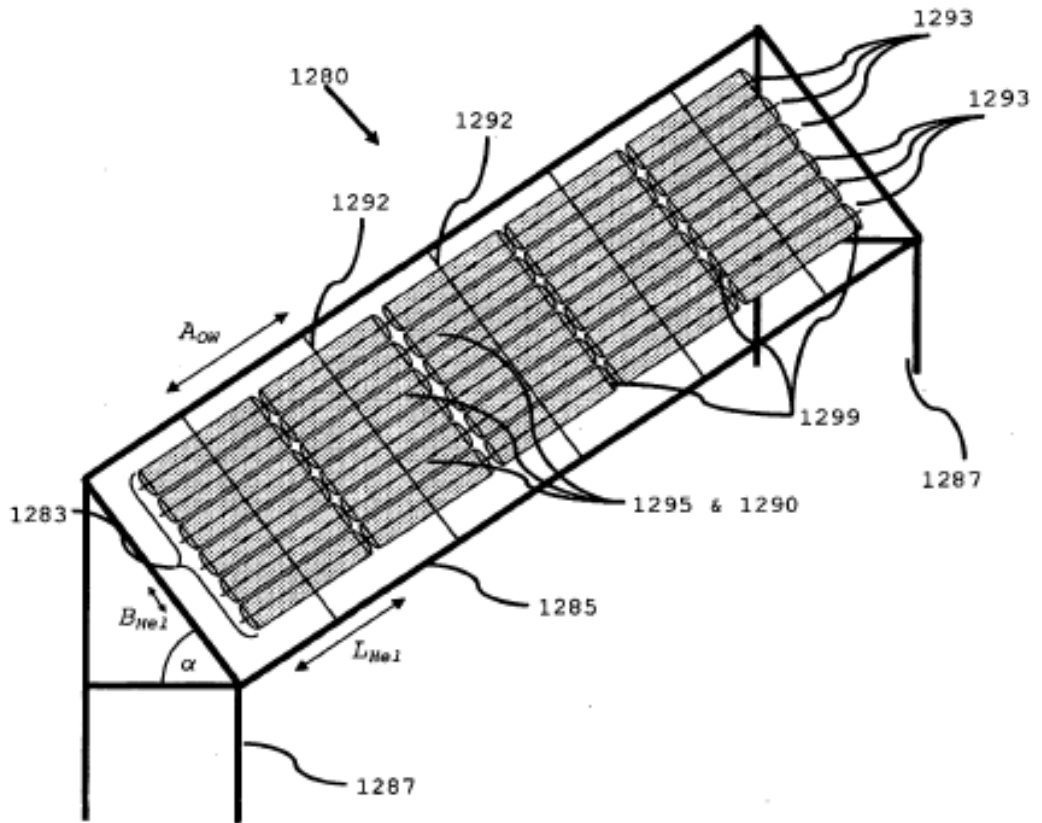


Fig. 12:



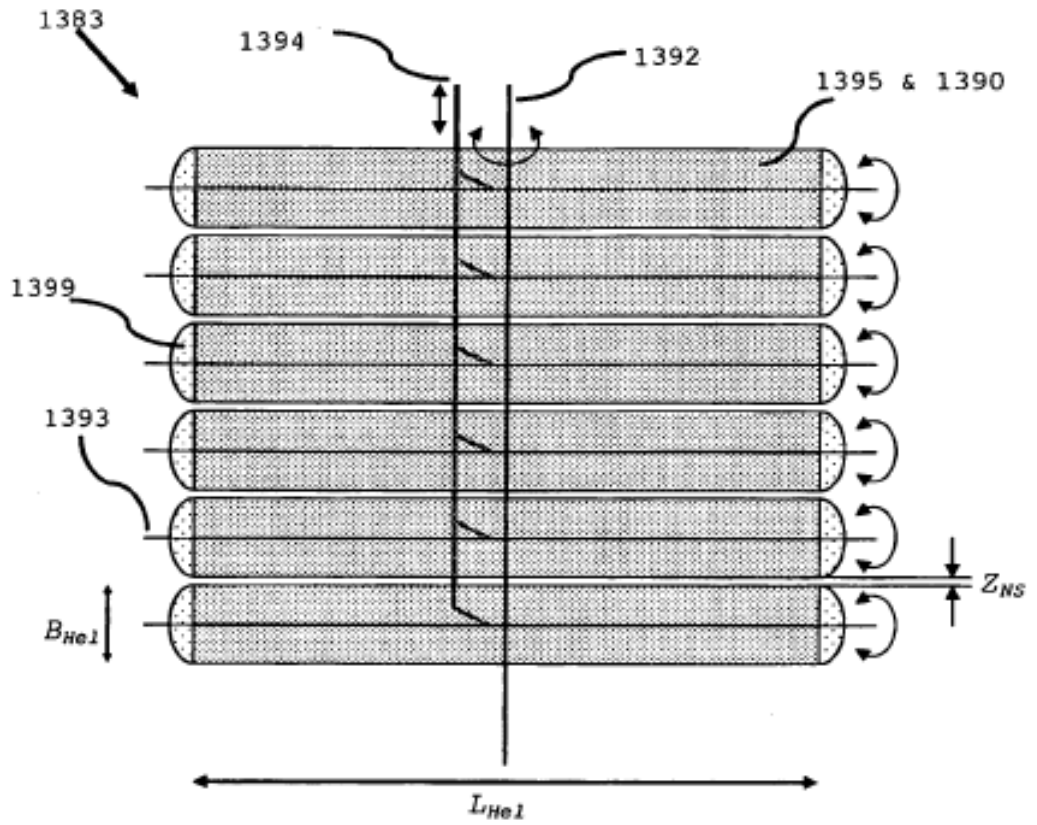


Fig. 13:

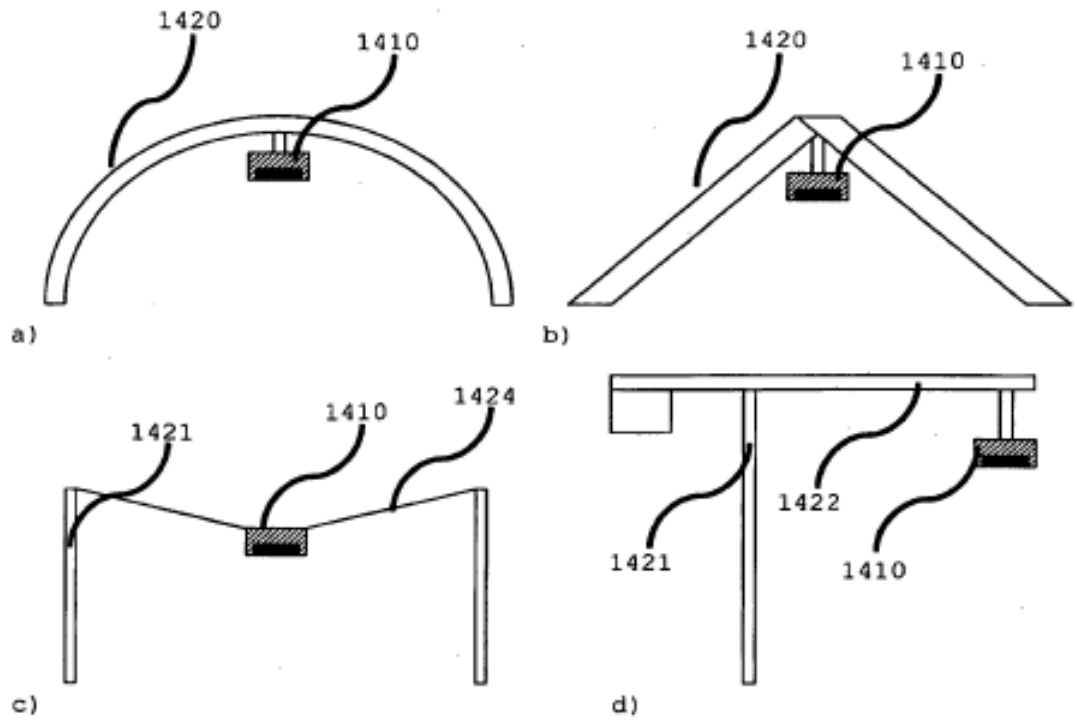


Fig. 14:

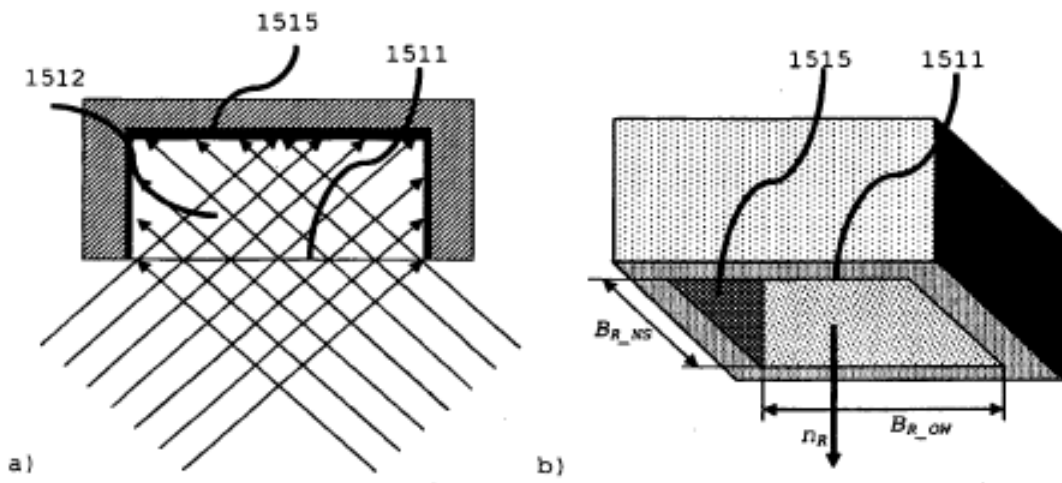


Fig. 15:

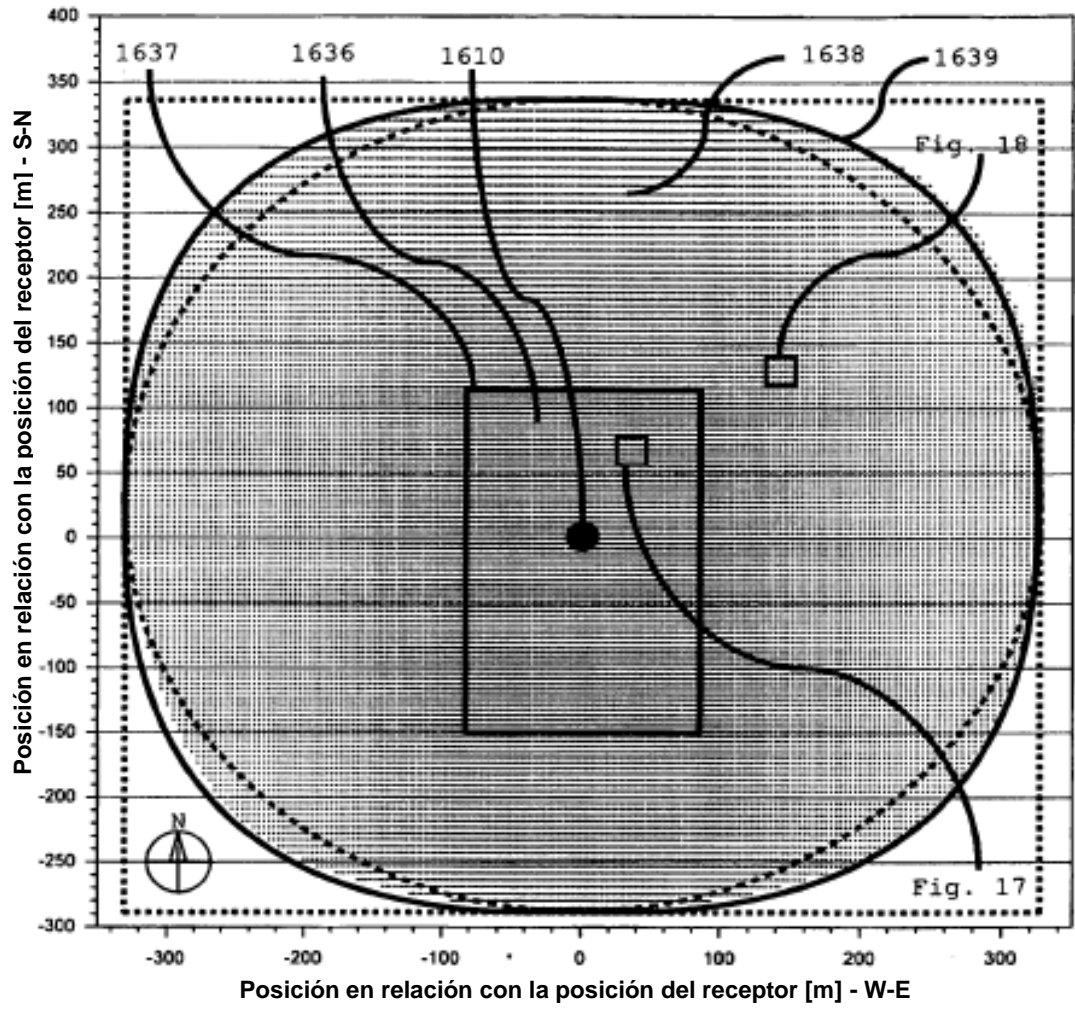


Fig. 16:

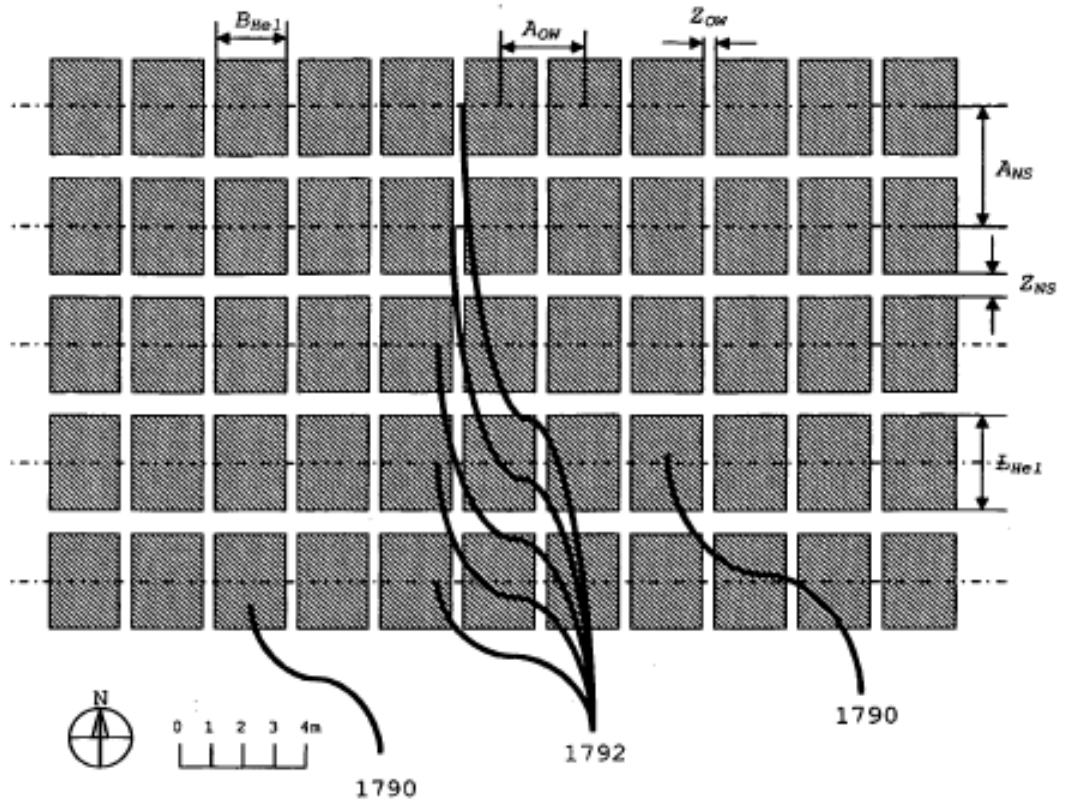


Fig. 17:

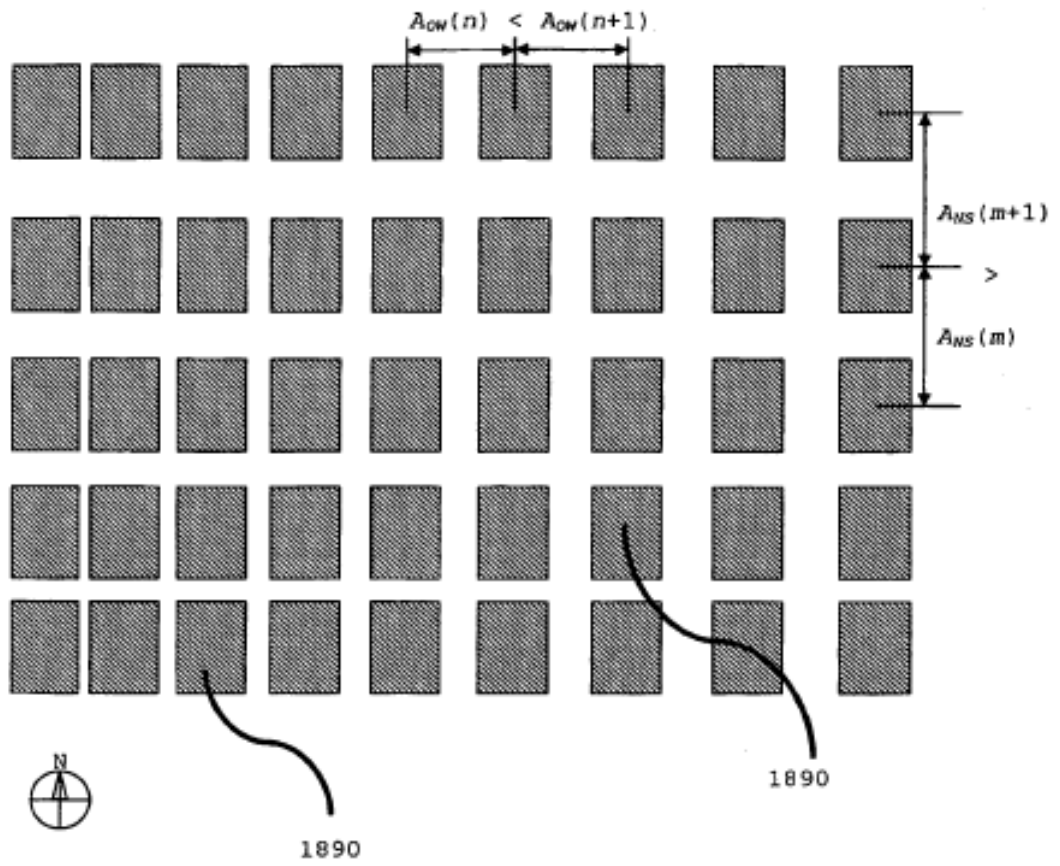


Fig. 18:

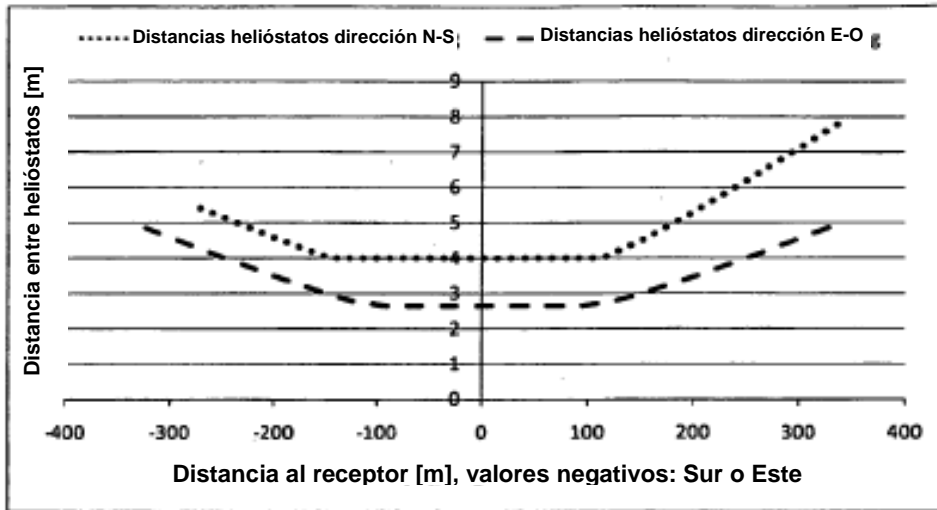


Fig. 19:

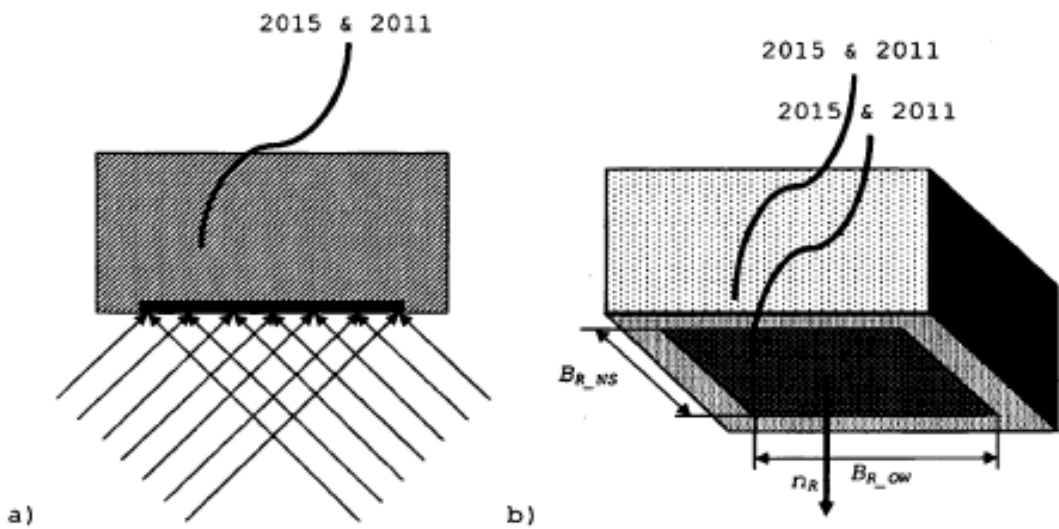


Fig. 20:

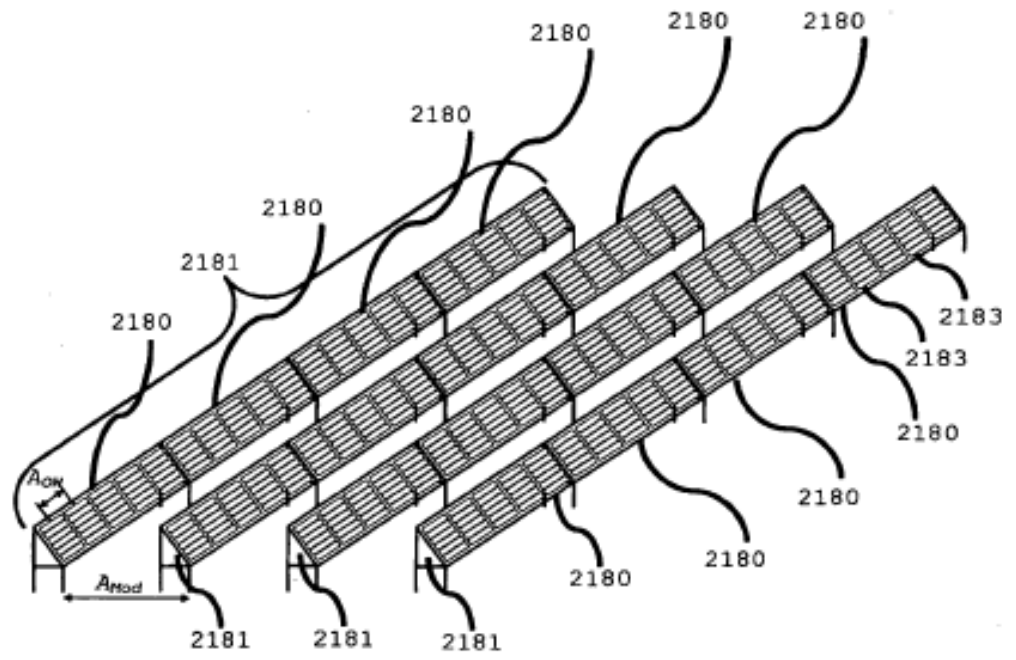


Fig. 21:

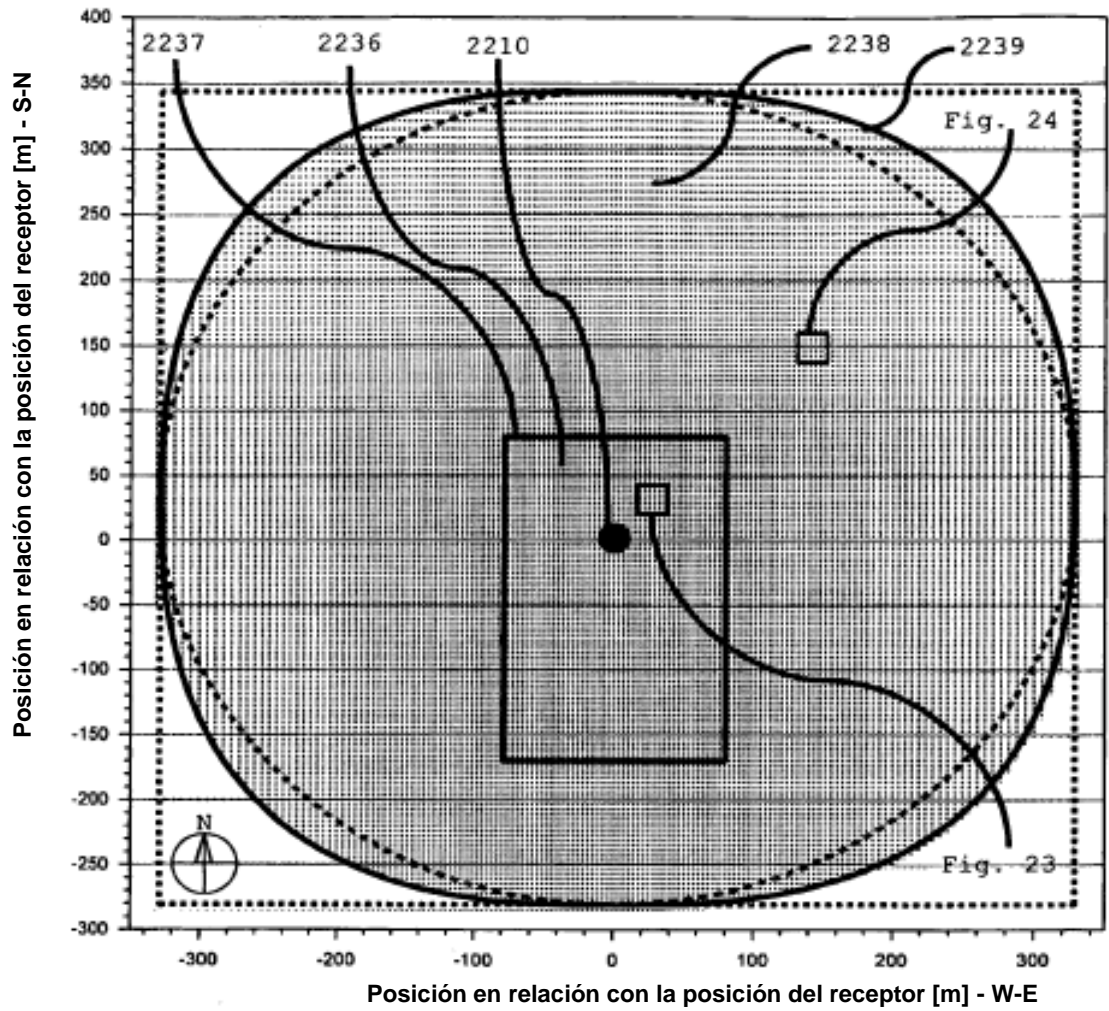


Fig. 22:



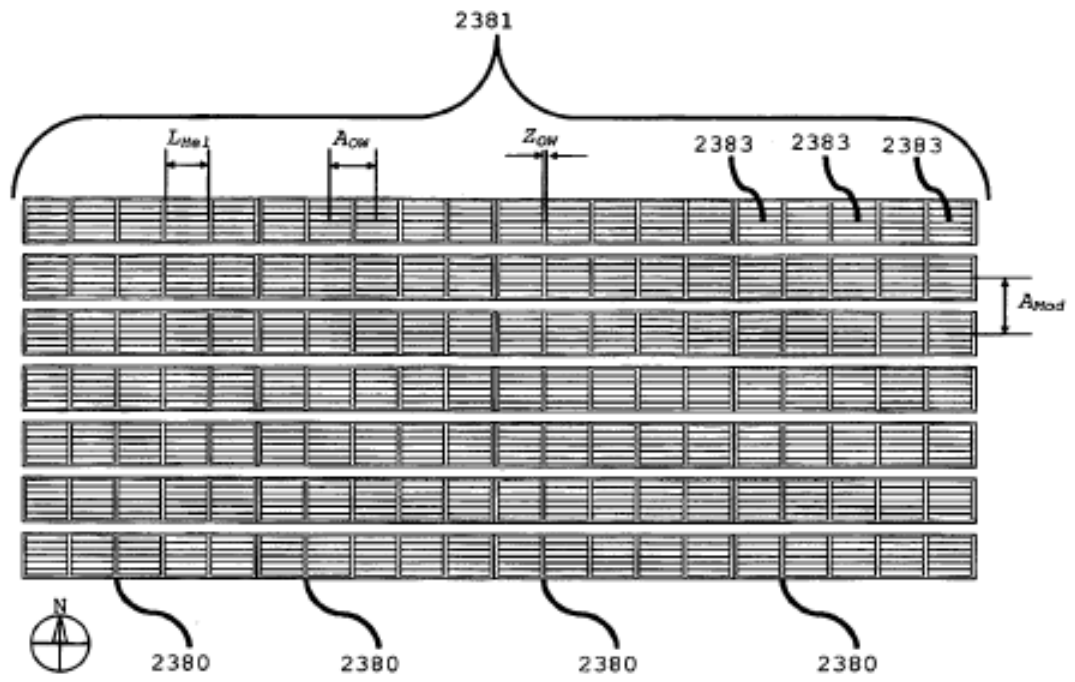


Fig. 23:

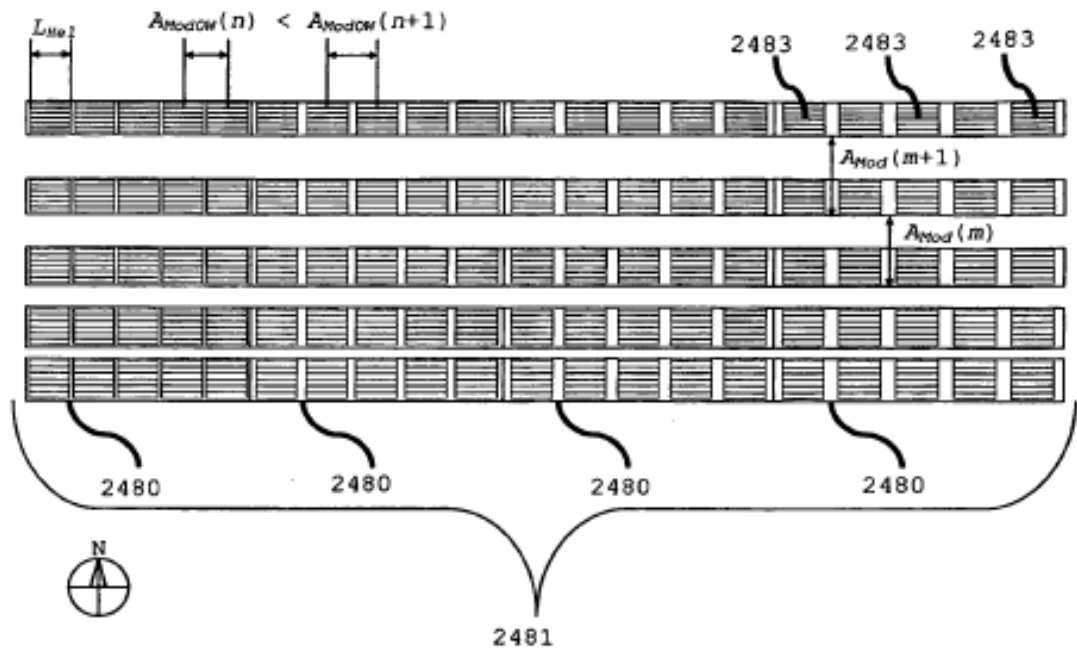


Fig. 24:

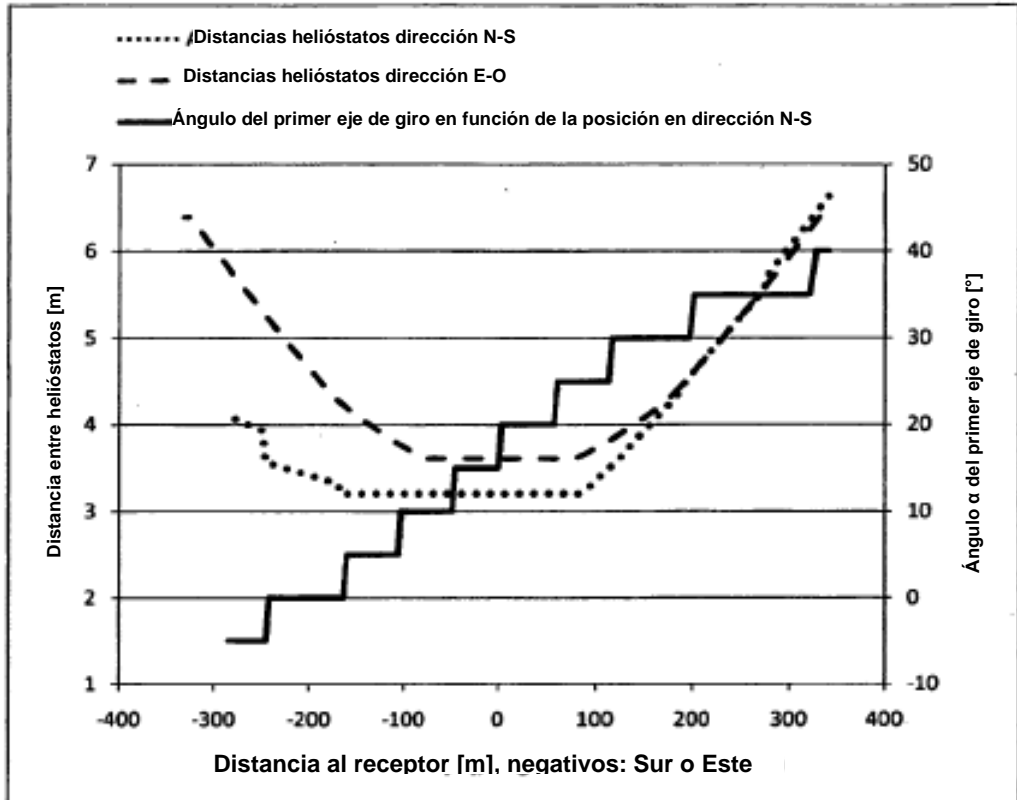


Fig. 25:

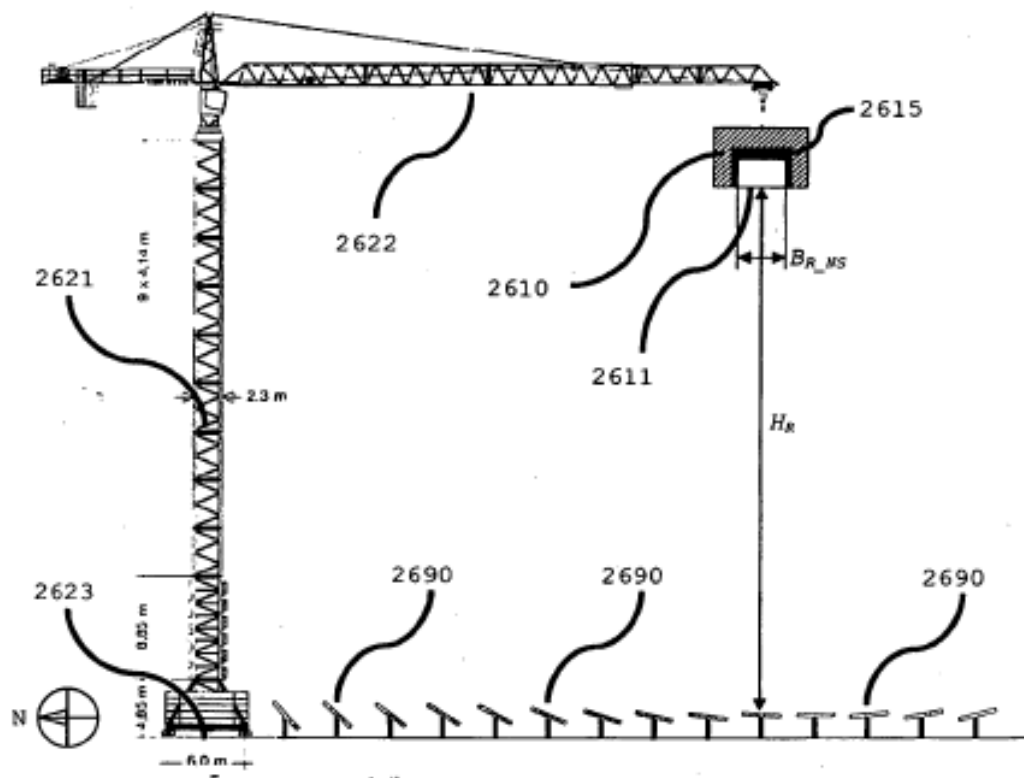


Fig. 26:

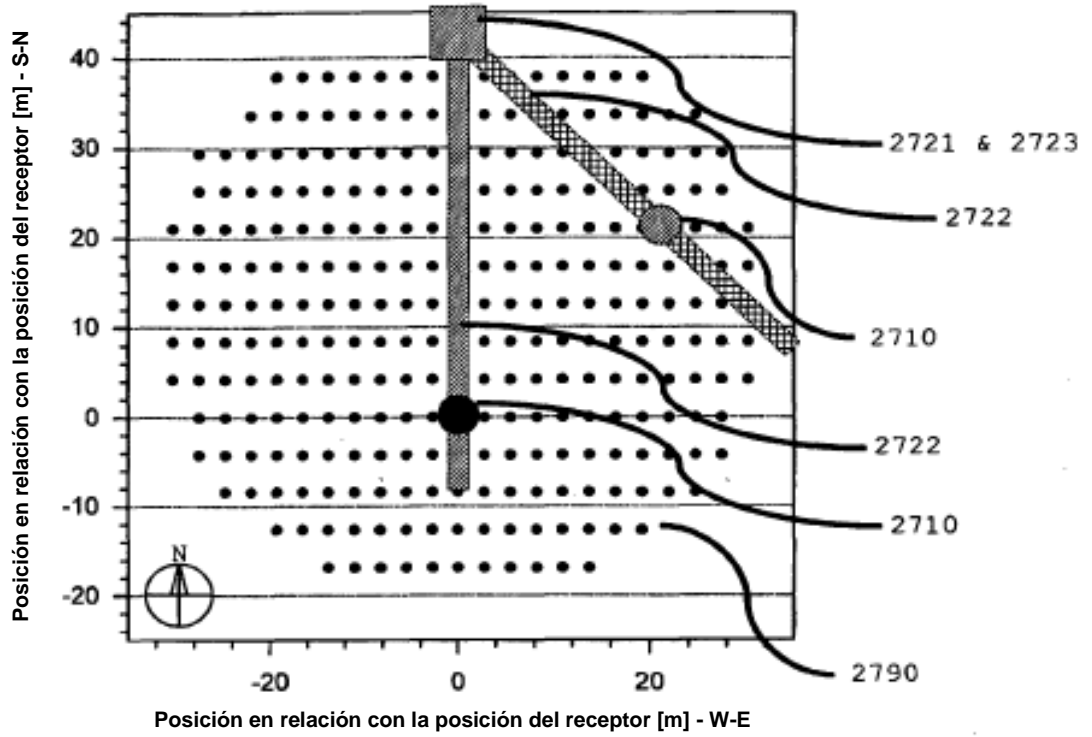


Fig. 27: