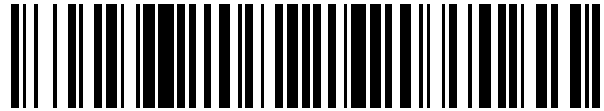


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 544 002**

21 Número de solicitud: 201590033

51 Int. Cl.:

F24J 2/07 (2006.01)
F28D 20/00 (2006.01)
F03G 6/06 (2006.01)
F24J 1/00 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

10.10.2013

30 Prioridad:

16.10.2012 US 61/714,377

43 Fecha de publicación de la solicitud:

26.08.2015

88 Fecha de publicación diferida del informe sobre el estado de la técnica:

23.10.2015

Fecha de la concesión:

29.09.2016

45 Fecha de publicación de la concesión:

06.10.2016

73 Titular/es:

**ABENGOA SOLAR LLC (100.0%)
1250 Simms St
80401 Lakewood US**

72 Inventor/es:

**ERICKSON, Luke y
MUREN, Russell**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

54 Título: **Método y sistema de energía solar químico-térmico asociado**

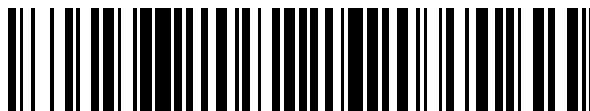
ES 2 544 002 B1

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

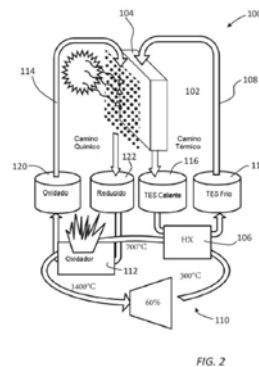


11 Número de publicación: **2 544 002**

21 Número de solicitud: 201590033

57 Resumen:

Método y sistema de energía solar químico-térmico para un sistema CSP que asocia una vía de energía térmica y una vía de energía química. La vía de energía térmica utiliza un fluido de transferencia de calor para captar la luz del sol concentrada como energía térmica a media temperatura y transferir esta energía a un ciclo de energía de térmica a eléctrica. En paralelo, la vía química utiliza un material rédox que experimenta una fotoreducción directa en el receptor para almacenar la energía solar como potencial químico. Este material rédox es después oxidado a temperaturas muy elevadas en el ciclo de energía en serie con el intercambiado de calor de vía química. Esta asociación permite que el receptor funcione a muy elevadas eficiencias típicas de las torres de energía térmicas del estado de la técnica a la vez que se consigue simultáneamente eficiencias de ciclo de energía típicas de plantas de combustión de gas natural y se consigue un eficiencia de conversión total de solar a eléctrica muy elevada.



ES 2 544 002 B1

DESCRIPCIÓN

Método y sistema de energía solar químico-térmico asociado.

Campo técnico

Las realizaciones expuestas aquí incluyen sistemas y métodos en el campo de la generación
5 de energía solar de concentración ("CSP"), también conocidos como generación de energía
solar térmica. Los sistemas y métodos expuestos generalmente utilizan dos vías de energía
paralelas combinadas, una térmica y otra química, para convertir la energía solar en energía
eléctrica con elevada eficiencia. Específicamente, las realizaciones expuestas incluyen un
10 receptor solar en combinación con un material de almacenamiento de energía química
separado y un fluido de transferencia de calor que fluye o es transportador en las vías
separadas. El material de almacenamiento de energía química sufre fotoreducción de baja
temperatura en el receptor. Además, el fluido de transferencia de calor ("HTF") es calentado
hasta una temperatura operacional en el receptor solar. El material de almacenamiento de
energía química y el HTF son utilizados para activar un ciclo de energía que funciona a
15 temperaturas relativamente altas debido a que el material de almacenamiento de energía
química es oxidado exotérmicamente como, o en secuencia con, el HTF que está siendo
enfriado.

Antecedentes

Las técnicas solares de concentración generalmente se pueden dividir en sistemas térmicos
20 para la generación de energía eléctrica y sistemas químicos para la producción de
combustibles y procesamiento químico. Son bien conocidas en la técnica variaciones en las
plantas de CSP térmicas que utilizan diferentes tipos de configuraciones de reflector tales
como, superficies deprimidas, platos parabólicos, y campos de heliostatos. Sistemas CSP
conocidos utilizan muchos fluidos de transferencia de calor alternativos tales como aceites,
25 sales fundidas, y vapor y se pueden utilizar para realizar distintos ciclos de energía tales como
los ciclos de Rankine de vapor, de Rankine de vapor supercrítico, y de Brayton de dióxido de
carbono supercrítico.

El estado actual de la técnica en torres de CSP de alta temperatura está representado por las
torres de generación de vapor directo tales como las mostradas en la Solicitud de Patente de
30 Estados Unidos 2008/0302314 y las torres de sal de nitrato fundida tales como las mostradas
en la Solicitud de patente de Estados Unidos 2008/0000231. Estos tipos de torres normalmente
funcionan a temperaturas de hasta aproximadamente 600°C. La eficiencia de generación de
energía más grande se podría conseguir con temperaturas operacionales de más de 600 °C.

Es difícil conseguir temperaturas operacionales por encima de 600 °C con estrategias CSP convencionales.

Las torres solares de concentración para realizar reacciones químicas han sido sugeridas en varias formas. Un concepto conocido utiliza luz solar concentrada para generar calor para
5 descomponer biomasa, tal como el descrito en la Solicitud de Patente de Estados Unidos 2010/0249468. Otro método conocido se caracteriza por el uso de luz solar concentrada para hacer que el agua sufra fotólisis a través de la interacción con catalizadores, tal como el descrito en la patente de Estados Unidos 4.045.315. Otras tecnologías utilizan luz solar concentrada y un ciclo de oxidación/reducción para crear gas de hidrogeno a partir de agua o
10 gas de monóxido de carbono a partir de dióxido de carbono, tal como las descritas en la Solicitud de patente de Estados Unidos 2009/0107044. Los métodos químicos anteriores no son particularmente adecuados para la generación de energía eléctrica utilizando turbinas de energía basadas en ciclo de energía.

La maximización de la eficiencia de una planta de energía para un sistema de energía solar de
15 concentración es de gran importancia debido a que produce una reducción en el coste total del sistema la requerir un campo solar y receptor más pequeños para la misma producción de energía neta. En una torre de energía solar concentrada, la eficiencia solar a eléctrica total es el producto de la eficiencia del campo solar, la eficiencia (solar a térmica) del receptor, la eficiencia del almacenamiento, y la eficiencia (solar a eléctrica) del ciclo de energía. El sistema
20 de conversión térmica a eléctrica es muy similar a los sistemas de combustibles fósiles a temperaturas comparables, sin embargo, la eficiencia de conversión de un ciclo de energía solar es típicamente mucho menor que el de una planta de gas de ciclo combinado debido a las bajas temperaturas operacionales.

Las realizaciones expuestas aquí están dirigidas a superar uno o más de los problemas
25 expuestos aquí.

Sumario de realizaciones

Las realizaciones expuestas aquí incluyen sistemas y métodos de energía solar de concentración (CSP) que combinan una vía de energía térmica y una química. La vía térmica utiliza un fluido de transferencia de calor para recoger la luz de sol concentrada como energía
30 térmica a una temperatura media y transferir esta energía a un ciclo de energía térmico a eléctrico. En paralelo, la vía química utiliza un material rédox que experimenta fotoreducción directa en el receptor para almacenar la energía solar como potencial químico. Este material rédox es después oxidado a unas temperaturas muy elevadas en el ciclo de energía en serie

con el intercambiador de calor de vía térmica. Esta combinación permite que el receptor trabaje a unas eficiencias elevadas típicas de las torres de energía térmicas el estado de la técnica mientras que a la vez se consiguen eficiencia de ciclo de energía típica de plantas de combustión de gas natural y se consigue una elevada eficiencia total de conversión de solar a eléctrico.

Una realización expuesta es un sistema CSP que comprende un receptor solar configurado para recibir flujo luminoso solar concentrado y una cantidad de fluido de transferencia de calor (HTF) en comunicación térmica con el receptor solar de manera que el flujo luminoso solar concentrado calienta el HTF. El sistema incluye también un intercambiador de calor en comunicación térmica con el HTF que proporciona intercambio de calor entre el HTF y el fluido de trabajo de un ciclo de generación de energía. Además, el sistema incluye también un material de almacenamiento de energía química que fluye en una vía química combinada con la vía térmica. El material de almacenamiento de energía química está también en comunicación con el receptor solar de manera que el flujo luminoso solar concentrado reduce una cantidad de material de almacenamiento de energía química en la parte de reducción de una reacción de oxidación-reducción. De este modo, el material de almacenamiento de energía química se puede denominar alternativamente como material rédox.

El sistema además incluye un oxidador en comunicación con el material de almacenamiento de energía química, proporcionando el oxidador la oxidación exotérmica del material de almacenamiento de energía química y proporcionando además el intercambio de calor entre el material de almacenamiento de energía química y el fluido de trabajo del ciclo de energía. De este modo, el sistema utiliza vías de energía paralelas, una térmica y una química. El uso de dos vías combinadas en el receptor solar da lugar a una planta de CSP de alta eficiencia.

El sistema puede incluir además almacenamiento de energía química operativamente asociado con un conducto HTF. Además el sistema puede incluir almacenamiento de energía química separada que incluye un sistema de almacenamiento químico reducir que recibe operativamente el material de almacenamiento de energía química desde el receptor solar; y/o un sistema de almacenamiento químico oxidado que recibe el material de almacenamiento de energía química procedente del oxidador.

Una realización alternativa expuesta aquí comprende un método de generación de energía que tiene ciertas etapas que se puede realizar en cualquier orden adecuado y que típicamente se realizaran de una forma cíclica. Las realizaciones del método se inician proporcionando un receptor solar configurado para recibir el flujo luminoso solar concentrado. El HTF de cualquier tipo adecuado es hecho fluir, transportado o llevado de otra forma a comunicación térmica con

el receptor solar en donde el HTF es calentado con el flujo luminoso solar concentrado. El HTF calentado es entonces hecho fluir o transportado desde el receptor solar a un intercambiador de calor en el conducto de fluido de transferencia de calor. En el intercambiado de calor, el calor es intercambiado entre el fluido de transferencia de calor calentado y el fluido de trabajo de un ciclo de energía.

En un ciclo paralelo, un material (rédox) de almacenamiento de energía química en comunicación con el receptor solar es irradiado por el flujo luminoso solar concentrado haciendo con ello que una cantidad de material de almacenamiento de energía química se reduzca. El material de almacenamiento de energía química reducido es entonces hecho fluir o transportado entre el receptor solar y un elemento oxidante. En el oxidador, el material de almacenamiento de energía química es oxidado haciendo que libera la energía de calor. La energía de calor liberada es intercambiada con el fluido de trabajo del ciclo de energía. Se puede generar energía con el fluido de trabajo calentado del ciclo de energía.

Las realizaciones expuestas todas se caracterizan por tener dobles vías de energía térmica y química. Las realizaciones se pueden implementar en cualquier tipo de aparato de energía solar de concentración y con cualquier tipo de generación de ciclo o ciclos de generación de energía.

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es un diagrama esquemático del sistema simplificado que ilustra un sistema de CSP de técnica anterior.

La Fig. 2 es un diagrama esquemático de sistema simplificado que ilustra una realización del sistema que tiene unas vías de energía químicas como se ha descrito aquí.

La Fig. 3 es un diagrama esquemáticos que ilustra un ciclo rédox.

La Fig. 4 es un ciclo de energía simplificado esquemático que ilustra un ciclo de energía adecuado para la implementación con sistemas descritos aquí.

La Fig. 5 es un esquema de receptor simplificado que ilustran como las vías combinadas expuestas aquí reducen las pérdidas por radiación.

La Fig. 6 es un diagrama esquemático de sistema simplificado que ilustra un diseño recibido alternativo.

La Fig. 7 es una representación de carta de flujo de un método representativo como se ha expuesto aquí.

Descripción detallada

A menos que se indique lo contrario, todos los números que expresan cantidades de ingredientes, condiciones de reacción de dimensiones etcétera utilizados en la memoria y las reivindicaciones se entiende que son modificados en todos los casos por el término
5 “aproximadamente”.

En esta solicitud y reivindicaciones, el uso del singular incluye el plural a menos que se indique lo contrario. Además, el uso de “o” significa “y/o” a menos que se indique lo contrario. Además, el uso del término “que incluye” así como otras formas, tales como “incluye” e “incluido”, no es limitante. También, los términos tales como “elemento” o “componente” engloban tanto
10 elementos como componentes que comprende una unidad y elementos y componentes que comprenden más de una unidad a menos que se indique lo contrario.

Como se ha apuntado anteriormente, los sistemas CSP conocidos generalmente operan a una eficiencia total significativamente menor cuando se comparan con una planta de generación de energía de ciclo combinado. La reducida eficiencia de un sistema CSP es principalmente
15 debida a las bajas temperaturas de funcionamiento. Para maximizar la eficiencia de planta solar total, sería ventajoso utilizar los ciclos de energía de alta eficiencia disponibles para sistemas de gas de ciclo combinado con una planta CSP, asumiendo que esto se podría realizar sin comprometer el equilibrio de la planta CSP. Este logro no se podría llevar a cabo en las torres de energía solar del estado de la técnica, tales como torres de sal de nitrato o
20 torres de vapor supercalentado. En estas torres, la vía de energía es estrictamente térmica, lo que significa que toda la energía transferida desde el receptor al ciclo de energía es transferida como energía térmica. Un flujo de energía representativo en un sistema CSP convencional se ilustra en la Fig. 1. La radiación solar es concentrada por el campo solar. La radiación solar concentrada es transferida como energía térmica al receptor y capturada con un fluido de
25 transferencia de calor intermedio. La energía térmica es entonces almacenada como fluido de transferencia de calor de almacenamiento caliente en grandes depósitos. Cuando se necesita, el fluido de transferencia de calor caliente es enviado al ciclo de energía a través de un intercambiador de calor. Finalmente, la energía térmica se convierte en electricidad en un ciclo de energía termodinámico.

30 En las configuraciones de planta CSP conocidas, los factores controlan el receptor y las eficiencias de ciclo de energía fundamentalmente se contrarrestan entre sí. La eficiencia del ciclo de energía aumenta con la temperatura de entrada del fluido de transferencia de calor. Sin embargo, la eficiencia del receptor solar disminuye con el aumento de temperatura debido a las pérdidas de calor de convección y de radiación más elevadas. Además, el receptor tiene límites

de temperatura absoluta de la descomposición de sal y el receptor contiene restricciones. Debido a que las temperaturas del ciclo de energía y del receptor están fundamentalmente combinadas en una planta con sólo una vía de energía térmica, no se puede conseguir eficiencia de sistema total muy elevada.

5 Las realizaciones del sistema y método expuestas aquí utilizan vías de energía paralelas, una térmica y una química en una planta de energía solar concentrada de elevada eficiencia (CSP). Como se muestra en la Fig. 2, un sistema representativo 100 incluye una o más vías térmicas 102 que constan de un fluido de transferencia de calor (HTF) tal como vapor/agua, sal fundida o sólida, metal fundido o sólido, aceite, un material de cambio de fase u otro HTF adecuado en
10 comunicación térmica con el receptor solar 104. El receptor solar 104 está típicamente asociado con una torre receptora central y recibe el flujo luminoso solar concentrado reflejado por un campo de heliostatos. Los métodos expuestos aquí se podrían implementar con otros diseños CSP sin embargo, que incluyan pero no se limiten a sistemas de superficies deprimidas parabólicas, Fresnel lineal, y de plato/motor.

15 El HTF calentado en el receptor solar 104 es hecho fluir o transportado a un intercambiador de calor 106 en un conducto de fluido de transferencia de calor 108. Es importante señalar que aunque la terminología convencional de fluido de transferencia de calor (HTF) se utilice aquí, el sistema y métodos se pueden implementar con un HTF sólido, líquido, gaseosos o que cambia de fase. De este modo, el conducto de fluido de transferencia de calor 108 puede ser un
20 sistema de tuberías o conductos y válvulas adecuados para el control de flujo de fluido, o el conducto de fluido de transferencia de calor 108 puede ser cualquier tipo de sistema adecuado para el transporte de sólidos. El conducto de fluido de transferencia de calor 108 puede incluir secciones de flujo de fluido en algunas secciones de transporte de sólido.

En el intercambiador de calor 106, la energía térmica es intercambiada entre el HTF y el fluido
25 de trabajo del ciclo de energía. El intercambiador(es) puede ser de cualquier tipo o de cualquier nivel de sofisticación necesario para proporcionar intercambio de calor entre el HTF y un fluido de trabajo de ciclo de generación de energía. El intercambiador de calor 106 y otros subsistemas están, para comodidad térmica, descritos y mostrados en las figuras como elementos esquemáticos simples. Todos los elementos de un sistema comercial serían
30 implementados con aparatos más complejos. Como se muestra generalmente en la Fig. 2, el fluido de trabajo calentado activa un ciclo de generación de energía 110. Por consiguiente, el fluido de trabajo es, o bien directamente o bien a través de un fluido de ciclo de energía intermedio, convertido en energía mecánica y después en energía eléctrica.

El sistema 100 y los métodos expuestos aquí incluyen también una vía de energía química que

incluye un material de almacenamiento de energía química que experimenta reacciones de oxidación y reducción reversibles (alternativamente denominado aquí como un “material rédox”). En particular, el material rédox es reducido en el receptor 104 y oxidado en un oxidador 112. El oxidador o un aparato asociado también proporciona intercambio de calor con el fluido de trabajo del ciclo de energía 110. El material rédox es hecho fluido o transportado entre el receptor y el oxidador en un conducto de material de almacenamiento de energía química 114 que puede estar configurado para el flujo de fluido o el transporte de sólidos como se ha descrito aquí con respecto al conducto de HTF 108.

Como se ha apuntado aquí, el material rédox es fotoreducido directamente por la elevada concentración de fotones incidentes en el receptor 104, de este modo, el material rédox almacena la energía electromagnética absorbida como un potencial químico. En el oxidador 112, el material rédox es oxidado, liberando de este modo energía térmica de alta temperatura. Un diagrama representativo de este tipo de proceso químico se muestra en la Fig. 3 y se describe a continuación. Es importante señalar que el elemento oxidador 112 típicamente estará implementado con aparatos significativamente más complejos que los mostrados en la Fig. 2. Por ejemplo, el oxidador 112 puede incluir cámaras de oxidación separadas, suministros de aire o gas, lecho fluidificado, intercambiador de calor y otros elementos.

Típicamente, los sistemas CSP consiguen un cierto nivel de eficiencia cuando se implementan, por ejemplo, con receptores de sal fundida o de vapor del estado de la técnica actual. Además, las plantas de energía implementadas con ciclos de energía de combustión tienen muy buen rendimiento (por ejemplo, plantas de gas natural de ciclo combinado). La arquitectura termoquímica combinada descrita aquí permite que un sistema CSP tenga ventaja tanto respecto a las tecnologías de generación de energía sin consumo de ningún combustible fósil como a las emisiones dañinas medioambientalmente. De este modo, los sistemas y métodos expuestos tienen una ventaja sobre las plantas CSP del estado de la técnica conocidas en la aumentada eficiencia de conversión térmica a eléctrica debido en parte a la elevada temperatura del proceso de oxidación. Por ejemplo, las plantas de generación de energía basadas en CSP de sal fundida o vapor típicas consiguen eficiencias de térmico a eléctrico de 40-44 %. Como se muestra en la Fig. 2 y se detalla más adelante, los sistemas y métodos descritos pueden conseguir temperaturas adecuadas para realizar un sistema de generación de energía que tenga eficiencias totales de aproximadamente 60% que están mucho más cerca de las eficiencias presentadas por plantas de gas natural de ciclo combinado.

La vía de energía química descrita anteriormente representa la nueva arquitectura de sistema en la industria de CSP. Mientras que la vía térmica transfiere energía calentando y enfriando un

fluido de transferencia de calor, una vía química transfiere energía almacenando energía en un material a través de una reacción endotérmica y liberándola en una reacción exotérmica. Como se ha apuntado anteriormente, la vía química consta de una material que experimenta reacciones de reducción y oxidación reversibles. Para fines ilustrativos, un conjunto de reacciones potenciales se muestra en la Fig. 3, aunque las realizaciones expuestas aquí se pueden implementar con cualquier material rédox alternativo.

Como se muestra esquemáticamente en la Fig. 3, un ciclo rédox representativo se caracteriza por una etapa de reducción (cuadro superior) que tiene lugar en el receptor solar. Un fotón golpea el material oxidado y lo rompe en un material reducido y oxígeno libre. Esta etapa depende sólo de la energía de suministro de fotones para romper el enlace entre los átomos de metal y de oxígeno. El material reducido (MnO en este ejemplo) es transferido a un depósito de almacenamiento. Cuando es necesario, es transferido al ciclo de energía en el que es quemado en oxígeno liberando calor y cerrando en bucle creando de nuevo el material oxidado original.

El proceso rédox representativo anterior está regido por el equilibrio entre la energía de los enlaces químicos y la energía del fotón. Las energías de enlace están típicamente descritas en términos de energía libre de Gibbs, ΔG , y la energía requerida para realizar una reacción endotérmica o la energía liberada por una reacción exotérmica se puede calcular con la Ecuación 1

$$\Delta G_{reacción} = \sum coeff_{productos} \Delta G_{productos} - \sum coeff_{reactivos} \Delta G_{reactivos} \quad \text{Ecuación 1}$$

Los valores de ΔG de referencia se pueden obtener a partir de los textos químicos bases de datos NITS u otras fuentes. Los coeficientes proceden de la ecuación química equilibrada. Para que se produzca la fotoreducción, la energía del fotón que causa la reacción debe ser más alta que la energía libre requerida para que se produzca la reacción. Para comparar las energías, la energía de fotón se puede calcular a partir de la Ecuación 2.

$$E_{fotón} = hc/\lambda \quad \text{Ecuación 2}$$

en donde h es la constante de Planck, c es la velocidad de la luz, y λ en la longitud de onda del fotón. Los fotones disponibles para la captación solar están generalmente en el rango visible, 380-750 nm.

Han sido examinados varios materiales rédox potenciales para su capacidad de adecuación en los sistemas descritos utilizando las Ecuaciones 1 y 2. Una muestra de los resultados se presenta en la tabla 1. Todas las ecuaciones presentadas suponen una temperatura de

reacción de 500 °C.

Ecuación química equilibrada	$\Delta G_{\text{reacción}}$ [kJ/mol _{reactant}]	Longitud de onda de fotón requerida
$\text{Mn}_2\text{O}_3 + h\nu \rightarrow 2\text{MnO} + \frac{1}{2} \text{O}_2$	30	<3940 nm
$2\text{Al}_2\text{O}_3 + h\nu \rightarrow 4\text{Al} + 3\text{O}_2$	717	<167 nm
$\text{CoO} + h\nu \rightarrow \text{Co} + \frac{1}{2} \text{O}_2$	176	<678 nm
$\text{NiO} + h\nu \rightarrow \text{Ni} + \frac{1}{2} \text{O}_2$	167	<718 nm

Tabla 1. Muestra de cálculos para la fotoreducción directa del material rédox

- A partir de esta tabla, se puede observar que el aluminio no es una buena opción de material rédox debido que su óxido no se puede reducir por la luz visible. Los óxidos de cobalto y níquel no se pueden absorber desde todo el extremo rojo del espectro pero podrían capturar la mayoría de la energía disponible. El óxido de manganeso, alternativamente, no absorbe toda la energía de la luz visible para la reacción de manera que en su lugar algo de energía de fotón será convertida a energía cinética o térmica.
- 5
- 10 Un material (rédox) almacenamiento de energía química ideal para el sistema descrito tendrá cuatro características:
- una elevada absorción del espectro UV y visible de manera que sea absorbida la máxima cantidad máxima de luz.
 - una diferencia de energía entre los estados oxidado y reducido ligeramente más pequeña que la energía de los fotones de espectro visible de manera que la mayor cantidad de energía sea convertida de potencial electromagnético a potencial químico.
 - una velocidad de oxidación baja a temperaturas más bajas y en ausencia de un mecanismo de ignición para minimizar la re-oxidación antes de momento deseado.
 - una velocidad de oxidación elevada en las condiciones de ciclo de energía para maximizar la eficiencia.
- 15
- 20

Diversos materiales que presentan estas características en distinto grado han sido identificados previamente. Generalmente, los materiales mejor conocidos son los óxidos de transición. Por

ejemplo, óxidos de manganeso y óxidos de cobalto con adiciones de óxido de hierro y óxido de aluminio se han identificado previamente como cantidades principales para dirigir las tecnologías de fotoreducción. Véase por ejemplo, General Atomics. “Thermochemical heat storage for concentrated solar power based on multivalent metal oxides.” DOE Program Review, Mayo de 2011. http://www1.eere.energy.gov/solar/csp_pr2011.html con acceso el 19 de Diciembre de 2011, cuya descripción se incorpora aquí en su totalidad. Sin embargo, la gestión de pérdida de calor se identificó como un problema en el estudio de reactor de horno giratorio anterior. Adicionalmente, la fracción de material que experimenta la reducción esta baja, del orden del 3 %, lo que implica elevados costes de capital.

- 10 Los sistemas y métodos expuestos aquí utilizan fotones solares para fotoreducir directamente el material rédox. La energía no se desplaza a través de un estado térmico entre el estado potencial electromagnético (fotón solar) y el químico. De hecho, la tecnología expuesta trabaja mejor con materiales que no se disocian termoquímicamente por debajo de 1400 °C, la temperatura caliente de ciclo de energía, que es mucho más caliente que la que se puede conseguir con las tecnologías CSP conocidas.

Los sistemas y métodos expuestos aquí se pueden utilizar para accionar cualquier tipo de ciclo de generación de energía. El ciclo de energía conocido más adecuado para funcionar con eficiencias cercanas o por encima de 60 % es sin embargo, el ciclo de Brayton de aire o una variación del mismo. Un diagrama altamente simplificado de una posible configuración de ciclo de energía no limitativo y representativo 400 se ilustra en la Fig. 4. La configuración ejemplo de la Figura 4 ilustra cómo las fuentes de calor térmico y químico descritas anteriormente podrían estar integradas en un ciclo de energía de Brayton de aire 402 en combinación con el ciclo de cola o “bottoming” de Rankine de vapor 404. Como se ha apuntado anteriormente, también se pueden utilizar otros ciclos de energía. Ciertas ventajas se pueden obtener si el fluido de trabajo contiene un agente oxidante. Por ejemplo un ciclo de dióxido de carbono supercrítico de bucle abierto se podría utilizar en el que el CO₂ o el H₂O serían reducidos a CO o H₂, respectivamente, que se podría utilizar después para la generación de combustible líquido o como combustible para células de combustible.

En la realización de la Fig. 4, el ciclo de Brayton de aire abierto superior utiliza aire como fluido de trabajo y un agente oxidante. El aire es inicialmente comprimido en el compresor 406 que es accionado mediante una conexión mecánica a una turbina aguas abajo 408. El aire comprimido procedente del compresor 406 es calentado a través del intercambio de calor con el HTF en el intercambiador de calor 106. El aire calentado y comprimido oxida el material de almacenamiento de energía química en el oxidador 112 y de este modo es calentado más por

contacto directo o intercambio de calor indirecto con el material de almacenamiento de energía química a medida que libera calor durante la reacción de oxidación exotérmica. El aire a alta temperatura acciona una o más turbinas 408 que a su vez accionan el compresor 406 y uno o más generadores (no mostrados en la Fig. 4) para generar energía eléctrica.

- 5 La realización de la Fig. 4 incluye también un ciclo de cola o “bottoming” de Rankine de vapor inferior 404 que recibe algo de aire enfriado procedente de la salida de la turbina 508. El calor es intercambiado entre el aire y un fluido de trabajo secundario, por ejemplo vapor, en un recuperador/intercambiador de calor 410. El vapor calentado acciona entonces una segunda turbina 412 o una segunda serie de turbinas que a su vez accionan uno o más generadores
10 para generar energía eléctrica. El vapor que sale de la turbina 412 es condensado en un condensador 414 y bombeado como agua de nuevo al recuperador/intercambiador de calor 410 mediante la bomba 416.

Una fuente de ineficiencia para los receptores químicos de fotoreducción directa y termoquímico es la pérdida de calor durante las etapas de reducción. En un receptor termoquímico combinado como se ha descrito aquí, algunos o la mayoría de las pérdidas de calor del
15 material rédox se pueden recapturar por el receptor térmico y cualquier calor residual almacenado en el material rédox a la salida del receptor se puede transferir de nuevo para precalentar el HTF que entra en el receptor.

Un diagrama que se ilustra un diseño de receptor con gestión de pérdida de calor mejorada se muestra en la Fig. 5. La radiación solar incidente (mostrada como las flechas 502) está concentrada en el receptor 104 en donde algunos de los fotones son absorbidos por el material rédox (puntos 504). Un gran parte de los fotones incidentes remanentes es absorbida por el receptor térmico (ilustrado como el panel 506). El HTF está fluyendo dentro del panel 506 absorbiendo calor. De los fotones absorbidos por el material rédox, algunos causan
25 fotoreducción mientras que otros directamente calientan el material rédox. Parte de este calor absorbido es radiado y se pierde en el ambiente pero parte es reabsorbido por el receptor térmico (ilustrado por las flechas discontinuas 508). De manera similar, parte de las pérdidas de radiación desde el receptor térmico serán reabsorbidas por el material rédox. Debido a que el material rédox estará a una temperatura más baja que el receptor térmico, la temperatura de
30 superficie media vista por el ambiente será menos que la temperatura de superficie del receptor térmico, por lo que se reducen las pérdidas térmicas de radiación totales. Por lo tanto, a pesar de la eficiencia relativamente baja de la etapa de fotoreducción, el receptor todavía mantendrá una eficiencia total elevada.

La realización del receptor de la Fig. 5 combina una cortina de alimentación por gravedad del

material rédox con una hoja de tubo de receptor de cavidad tradicional que tiene enfriamiento de HTF. Alternativamente, como se muestra en la Fig. 6, el elemento receptor se puede implementar como un receptor de cavidad giratorio 104 en el que las paredes son enfriadas por el HTF y son utilizados deflectores para verter de manera continua el material rédox 600 a través del espacio de cavidad. En la configuración de la Fig. 6, las partículas de material rédox están contenidas en uno o más de los receptores de cavidad giratorios 602. Cuando el receptor 603 gira, las partículas 600 son agitadas y caen a través del espacio, absorbiendo la radiación solar. Algunos de los fotones serán absorbidos por las paredes del reactor en lugar de las partículas y serán convertidos en calor. Las paredes del reactor serán enfriadas por el fluido de transferencia de calor de vía térmica 604. La configuración proporciona pérdidas de calor por radiación y convección minimizadas y maximiza la conversión de energía solar en energía térmica y potencial químico.

Una ventaja más del sistema de vías térmica-química combinadas es que los sistemas térmicos y químico paralelos se pueden utilizar para almacenar energía en diferentes escalas de tiempo. Los sistemas CSP térmicos, tales como torres de sal fundida, proporcionan almacenamiento de energía térmica de corto plazo /escala de día) de relativamente bajo coste. Por ejemplo, haciendo referencia a la Fig. 2, el HTF calentado puede ser almacenado directamente en un sistema de almacenamiento térmico 116 operativamente asociado con el conducto HTF 108 que recibe el flujo procedente del receptor 104 antes del intercambiador de calor 106. Alternativamente, el HTF calentado podría ser utilizado para calentar un medio de almacenamiento térmico separado a través del intercambio de calor en el sistema de almacenamiento térmico caliente. El calor se puede entonces proporcionar al HTF a partir del sistema de almacenamiento térmico caliente 116 durante los periodos de bajo flujo luminoso solar, en las noches o durante periodos cubiertos por nubes, por ejemplo. De manera similar, el HTF enfriado se puede almacenar, o utilizar para calentar un medio de almacenamiento de calor separado en un sistema de almacenamiento de energía térmica frío 118. El sistema de almacenamiento de energía térmica frío 118 podría estar operativamente asociado con el conducto HTF 108 para recibir flujo procedente del intercambiador de calor 106 al receptor 104 y ser utilizado como se ha mencionado anteriormente durante periodo de menor radiación solar.

El sistema químico paralelo expuesto hace posible el almacenamiento a largo plazo (estacional) debido a que el material rédox no está almacenado a una elevada temperatura y por tanto no sufre pérdidas de calor durante el almacenamiento. Por ejemplo, como se muestra también en la Fig. 2, el material rédox oxidado o reducido se puede almacenar durante un periodo de tiempo largo en un sistema de almacenamiento de material de almacenamiento

químico oxidado 120 y un sistema de almacenamiento de material de almacenamiento químico reducido 122, respectivamente. Ambos sistemas de almacenamiento químico 120 y 122 podrían estar operativamente asociados con el conducto de material de almacenamiento de energía química con el sistema de almacenamiento de material oxidado que está aguas abajo del oxidador 112 y el sistema de almacenamiento de material reducido que está aguas abajo de receptor 104.

Una realización representativa del sistema 100 utiliza un material de cambio de fase (PCM) de silicio de aluminio (AlSi) como HTF o en este ejemplo, el material de transferencia de calor. El PCM de AlSi puede alcanzar mayores temperaturas que el vapor o las sales de nitrato por lo que se proporciona rendimiento de receptor mejorado. Las elevadas temperaturas son ventajosas debido a que el sistema funcionará mejor cuando la mayoría de los requisitos de calor del sistema sean suministrados por un receptor térmico de alta eficiencia.

Como se ha apuntado anteriormente, el sistema y los métodos expuestos pueden ser implementados ventajosamente en una configuración de torre de potencia que consta de un campo de heliostatos enfocados en un receptor en la parte superior de la estructura de la torre. El PCM de AlSi (u otro HTF adecuado) y el material rédox serán transferidos desde el receptor a los tanques de almacenamiento o sistemas de almacenamiento en la base de la torre. El PCM u otro HTF adecuado y los materiales rédox pueden ser entonces transferidos al ciclo de energía cuando se necesite generación de electricidad.

Como se ha apuntado anteriormente, el sistema de conversión térmico a eléctrico adecuado pero no exclusivo es un ciclo de energía de Brayton de aire abierto con un ciclo de cola o "bottoming" de Rankine de vapor. El aire de entrada será comprimida a alta presión, pasará a través de un intercambiador de calor con PCM de AlSi u otro HTF para calentarlo a temperaturas medias, después será hecho pasar a través de la cámara de oxidación para oxidar el material rédox y calentar el aire a temperaturas muy elevadas. El aire altamente calentado será utilizado para alimentar una turbina y un generador eléctrico. El aire de escape será utilizado como fuente de calor para un ciclo de Rankine de cola o "bottoming" de vapor típico a través de un generador de vapor de recuperación de calor.

Las realizaciones expuestas incluyen también métodos de generación de energía, por ejemplo el método de generación de energía 700 ilustrado en la Fig. 7. El método de la Fig. 7 incluye varias etapas que se puede realizar en cualquier orden adecuado y que típicamente serán realizadas de una manera cíclica. El método se inicia proporcionando un receptor solar configurado para recibir flujo luminoso solar concentrado (etapa 702). El fluido de transformación de calor de cualquier tipo es hecho fluir o transportador de otra forma en

comunicación termina con el receptor solar en donde el HTF es calentado con el flujo luminoso solar concentrado (etapa 704). El HTF calentado es entonces hecho fluido o transportado desde el receptor solar a un intercambiador de calor en un conducto de fluido de transferencia de calor (Etapa 706). En el intercambiador de calor, el calor es intercambiado entre el fluido de transferencia de calor calentado y el fluido de trabajo de un ciclo de energía (Etapa 708).

En un ciclo paralelo, el material de almacenamiento de energía química (rédox) en comunicación con el receptor solar es irradiado por el flujo luminoso solar concentrado lo que produce que una cantidad de material de almacenamiento de energía química sea reducida (Etapa 710). El material de almacenamiento de energía química reducido es entonces hecho fluir o transportado entre el receptor solar y un oxidador en el conducto de material de almacenamiento de energía química (Etapa 712). En el oxidador, el material de almacenamiento de energía química es oxidado produciendo liberación de energía (Etapa 714). La energía de calor liberada es intercambiada con el fluido de trabajo del ciclo de energía (Etapa 716). La energía puede ser generada con el fluido de trabajo calentado por el ciclo de energía (Etapa 718).

En resumen, los sistemas y métodos descritos aquí que se caracterizan por vías térmica y química combinadas conseguirán potencialmente una velocidad de conversión total de solar a eléctrico más elevada que la otra tecnología CSP conocida. Esto se traducirá en ahorros de coste de capital directo y LCOE debido a que cada componente puede ser proporcionalmente más pequeño para una velocidad de generación de electricidad dada. Una comparación de la tecnología expuesta del estado de la técnica y las tecnologías CSP en desarrollo se puede encontrar en la Tabla 2. Todos los valores en esta tabla sin estimaciones de valores objetivo y puede no haber sido comprobados comercialmente hasta la fecha.

	Eficiencia de campo solar	Eficiencia de receptor	Eficiencia de almacenamiento	Eficiencia de ciclo de energía	Eficiencia Total
Sal fundida	50-60%	80-90%	97%	40-45%	16-24%
Aire	50-60%	70-80%	n/a	50-55%	18-26%
Vapor Saturado	50-60%	85-90%	n/a	30-35%	13-19%
Vapor Supercalentado	50-60%	80-85%	n/a	40-45%	16-23%

Partícula Solida	50-60%	60-70%	97%	45-50%	13-20%
Térmico y químico combinado	50-60%	70-85%	97%	55-60%	19-30%

Tabla 2: Comparación de la tecnología propuesta con el estado de la técnica y tecnologías en desarrollo (valores objetivo estimados).

Además de la elevada eficiencia del sistema a bajo coste, los sistemas y métodos de vía térmica y química combinadas ofrecen dos beneficios significativos. En primer lugar, como se ha descrito con detalle anteriormente, las dos vías de energía ofrecen dos medios de almacenamiento de energía. La vía térmica utiliza cualquier sistema de almacenamiento térmico existente para almacenamiento a corto plazo. Esto es una importante ventaja que el CSP soporta tecnologías de viento y fotovoltaicas debido a que permite que las plantas CSP se ajusten a la demanda a la vez que se reduce el LCOE. El sistema descrito también puede combinar almacenamiento a corto plazo barato con almacenamiento a largo plazo para adaptarse a la demanda estacional. Una vez reducido, el material rédox se puede almacenar en un ambiente inerte durante periodos de tiempo muy largos y ser utilizado para la producción de energía cuando sea necesario. Esto permitirá además que el CSP cumpla las demandas de red durante los momentos en los que hay muy poca generación renovable.

El segundo beneficio adicional es la capacidad de producir syngas. En lugar de utilizar aire como oxidante en el ciclo de energía, el material rédox podría ser quemado con dióxido de carbono o valor para producir monóxido de carbono o hidrógeno. Juntos, estos dos gases constituyen syngas que se pueden utilizar para crear combustibles líquidos. Este proceso posiblemente disminuiría la capacidad de generación eléctrica del sistema pero puede ser una forma relativamente eficiente de producir combustibles de carbono neutro renovables.

Varias realizaciones de la invención también podrían incluir permutaciones de los distintos elementos mencionados en las reivindicaciones como si cada reivindicación dependiente fuera una reivindicación dependiente múltiple que incorpora las limitaciones de cada una de las reivindicaciones dependientes precedentes así como las reivindicaciones independientes. Tales permutaciones están expresamente dentro del campo de esta invención.

Aunque la invención se ha descrito y mostrado particularmente con referencia a un cierto número de realizaciones, los expertos en la técnica entenderán que se pueden hacer cambios en la forma y detalles de las distintas realizaciones expuestas aquí sin que se salgan del campo de la filosofía y campo de la invención y que las distintas realizaciones expuestas aquí

no están destinadas a actuar como limitaciones al campo de las reivindicaciones. Todas las referencias citadas aquí están incorporadas en su totalidad como referencia.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de energía solar de concentración que comprende: un receptor solar configurado para recibir flujo luminoso solar concentrado;
- 5 un fluido de transferencia de calor en comunicación térmica con el receptor solar de manera que el flujo luminoso solar concentrado caliente una cantidad de fluido de transferencia de calor;
- un intercambiador de calor en comunicación térmica con el fluido de transferencia de calor, proporcionando el intercambiador de calor el intercambio de calor entre el fluido
- 10 de transferencia de calor y un fluido de trabajo de un ciclo de energía;
- un conducto de fluido de transferencia de calor que proporciona el flujo o transporte del fluido de transferencia de calor entre el receptor solar y el intercambiador de calor;
- un material de almacenamiento de energía química en comunicación con el receptor solar de manera que el flujo luminoso solar concentrado reduce una cantidad de
- 15 material de almacenamiento de energía química;
- un oxidador en comunicación con el material de almacenamiento de energía química, proporcionando el oxidador la oxidación del material de almacenamiento de energía química y proporcionando además el intercambio de calor entre el material de almacenamiento de energía química y el fluido de trabajo del ciclo de energía; y
- 20 un conducto de material de almacenamiento de energía química que proporciona el flujo o transporte del material de almacenamiento de energía química entre el receptor solar y el oxidador.
2. El sistema de energía solar de concentración de la reivindicación 1, que además comprende un sistema de almacenamiento de energía térmica operativamente asociado
- 25 con el conducto de fluido de transferencia de calor.
3. El sistema de energía solar de concentración de la reivindicación 2, que además comprende:
- un sistema de almacenamiento de energía térmica que recibe el fluido de transferencia de calor calentado desde del receptor solar; y
- 30

un sistema de almacenamiento de energía térmica que recibe el fluido de transferencia de calor enfriado desde el intercambiador de calor.

4. El sistema de energía solar de concentración de la reivindicación 1, que además comprende:

5 un sistema de almacenamiento de material de almacenamiento de energía química reducido operativamente asociado con el conducto de material de almacenamiento de energía química y que recibe el material de almacenamiento de energía química reducido desde el receptor solar; y

10 un sistema de almacenamiento de material de almacenamiento de energía química oxidado asociado operativamente con el conducto de material de almacenamiento de energía química y que recibe el material de almacenamiento de energía química oxidado procedente del oxidador.

5. El sistema de energía solar de concentración de la reivindicación 1, en el que el fluido de transferencia de calor comprende uno o más de agua, una sal sólida; una sal fundida, un metal sólido; un metal fundido y un aceite.

6. El sistema de energía solar de concentración de la reivindicación 1, en el que el fluido de transferencia de calor comprende un material de cambio de fase de silicio de aluminio.

7. El sistema de energía solar de concentración de la reivindicación 1, que además comprende:

una torre que soporta el receptor solar; y

un campo de heliostatos que tiene heliostatos situados para enfocar la luz del sol sobre el receptor.

8. El sistema de energía solar de concentración de la reivindicación 1, en el que el ciclo de energía comprende:

un ciclo de energía superior de Brayton de aire abierto; y

un ciclo de cola o "bottoming" de Rankine de vapor.

9. El sistema de energía solar de concentración de la reivindicación 1, en el que el fluido de trabajo del ciclo de energía contiene un agente oxidante.

30

10. Un método de generación de energía que comprende las etapas de:
- proporcionar un receptor solar configurado para recibir flujo luminoso solar concentrado;
- calentar un fluido de transferencia de calor en comunicación térmica con el receptor solar con el flujo luminoso solar concentrado;
- 5 hacer fluir o transportar el fluido de transferencia de calor entre el receptor solar y un intercambiador de calor en el conducto de fluido de transferencia de calor;
- intercambiar el calor entre el fluido de transferencia de calor calentado y un fluido de trabajo de un ciclo de energía dentro del intercambiador de calor;
- 10 reducir un material de almacenamiento de energía química en comunicación con el receptor solar irradiando el material de almacenamiento de energía química con el flujo solar concentrado;
- hacer fluir o transportar el material de almacenamiento de energía química entre el receptor solar y un oxidador en un conducto de material de almacenamiento de energía química;
- 15 oxidar el material de almacenamiento de energía química reducido en un oxidador, proporcionando el oxidador además intercambio de calor entre el material de almacenamiento de energía química y el fluido de trabajo del ciclo de energía; y
- generar energía con el fluido de trabajo del ciclo de energía.
11. El método de la reivindicación 10 que además comprende almacenar el fluido de transferencia de calor en un sistema de almacenamiento de energía térmica operativamente asociado con el conducto de fluido de transferencia de calor.
- 20
12. El método de la reivindicación 10 que además comprende:
- almacenar el fluido de transferencia de calor calentado recibido desde el receptor solar en un sistema de almacenamiento de energía térmica caliente; y
- 25 almacenar el fluido de transferencia de calor enfriado recibido desde el intercambiador de calor en un sistema de almacenamiento de energía térmica frío.
13. El método de la reivindicación 10, que además comprende:

almacenar el material de almacenamiento de energía química reducido procedente del receptor en un sistema de almacenamiento de material de almacenamiento de energía química reducido; y

5 almacenar el material de almacenamiento de energía química oxidado recibido desde el oxidador en un sistema de almacenamiento de material de almacenamiento de energía química oxidado.

14. El método de la reivindicación 10, en el que el fluido de transferencia de calor comprende uno o más de los siguientes materiales: agua, una sal sólida; una sal fundida, un metal sólido; un metal fundido y un aceite.

10 15. El método de la reivindicación 10, en el que el fluido de transferencia de calor comprende un material de cambio de fase de silicio de aluminio.

16. El método de la reivindicación 10, que comprende además las etapas de:

proporcionar una torre para soportar el receptor solar; y

15 proporcionar un campo de heliostatos que tiene heliostatos situados para enfocar sobre el receptor.

17. El método de la reivindicación 10, que comprende además generar energía con un ciclo de energía que comprende:

un ciclo de energía superior de Brayton de aire abierto; y

un ciclo de cola o "bottoming" de Rankine de vapor.

20 18. El método de la reivindicación 10, que comprende oxidar el material de almacenamiento de energía química reducido en el oxidador con un agente oxidante en el fluido de trabajo del ciclo de energía.

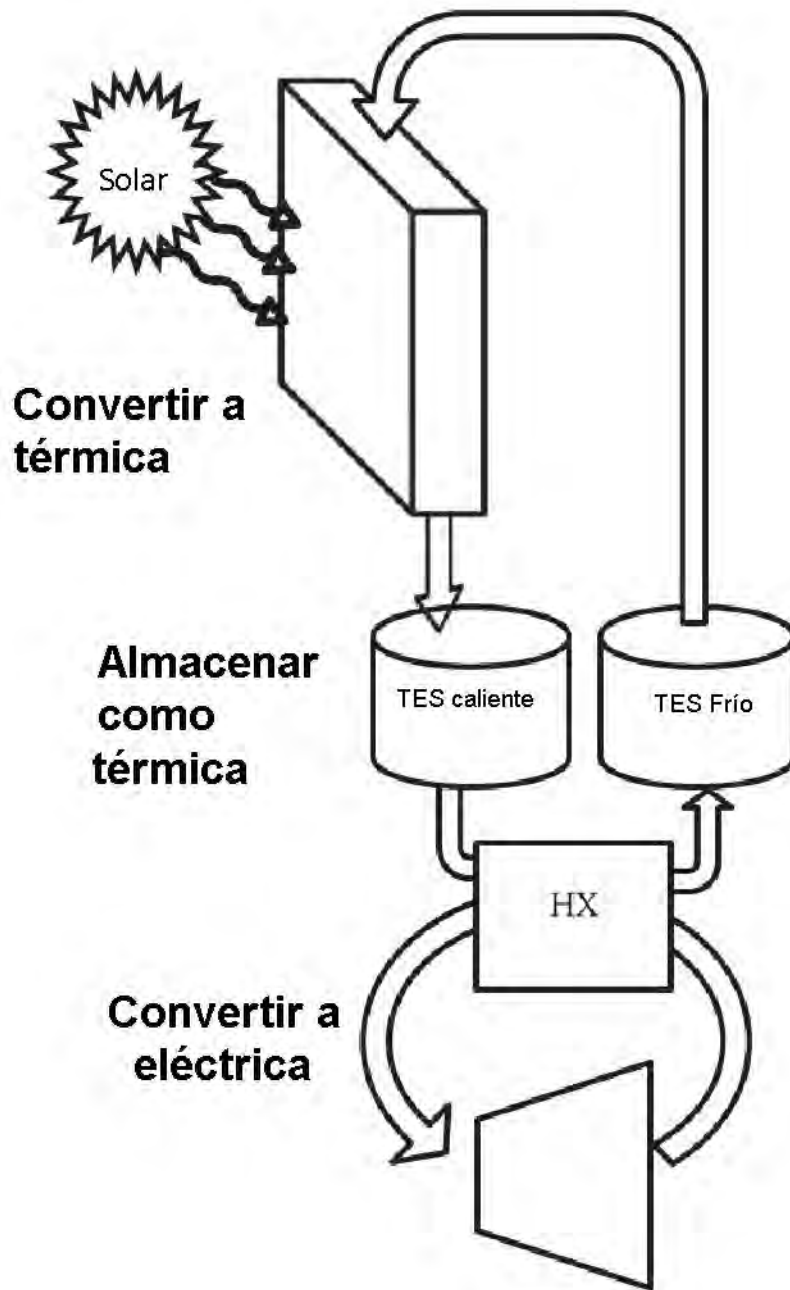


FIG. 1 (Técnica anterior)

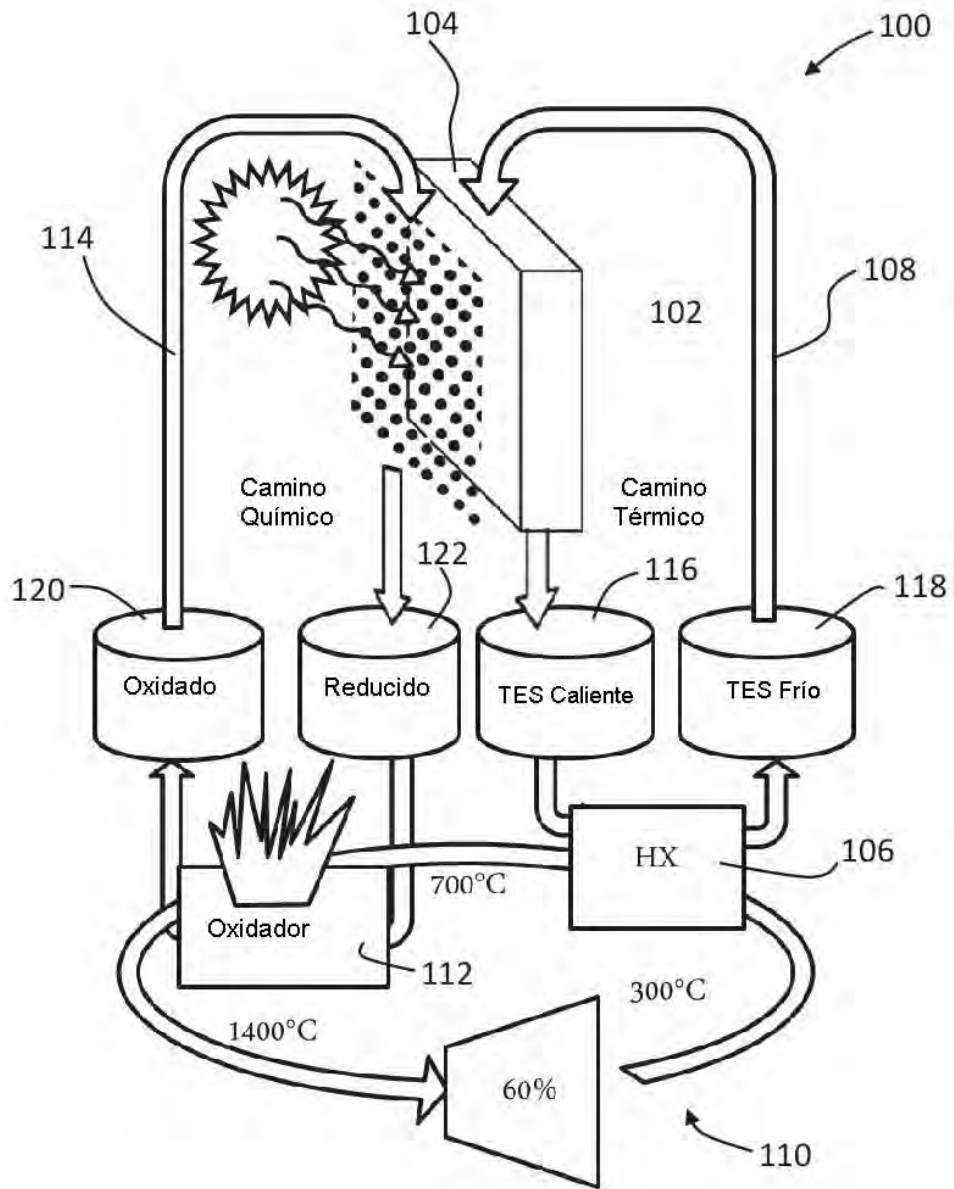


FIG. 2

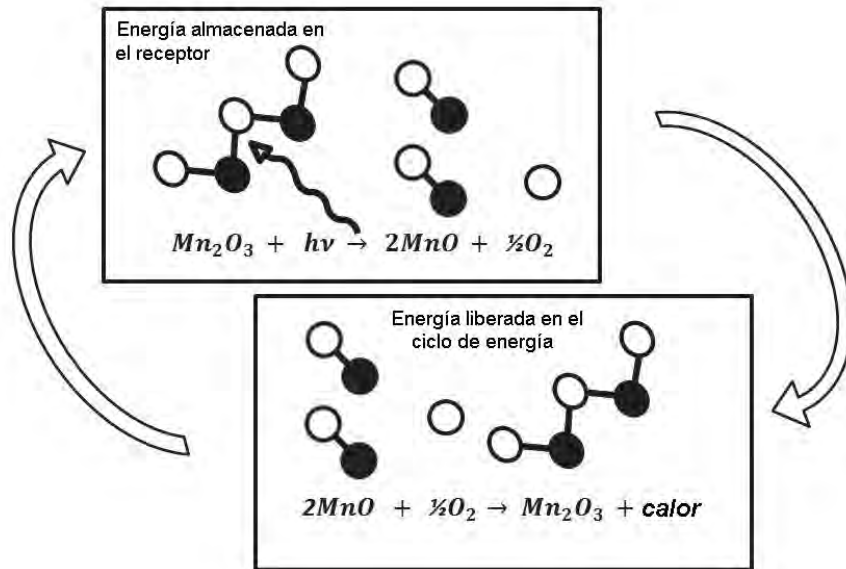


FIG. 3

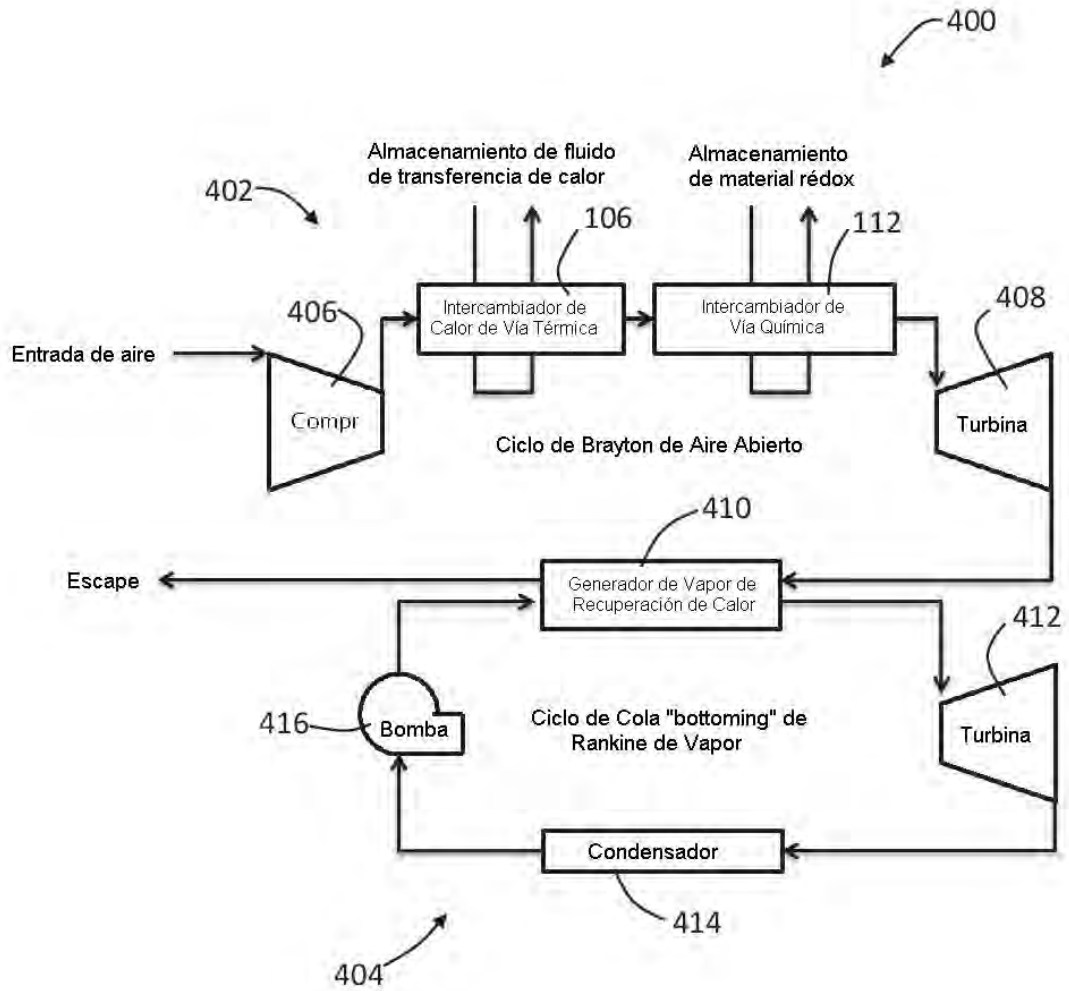


FIG. 4

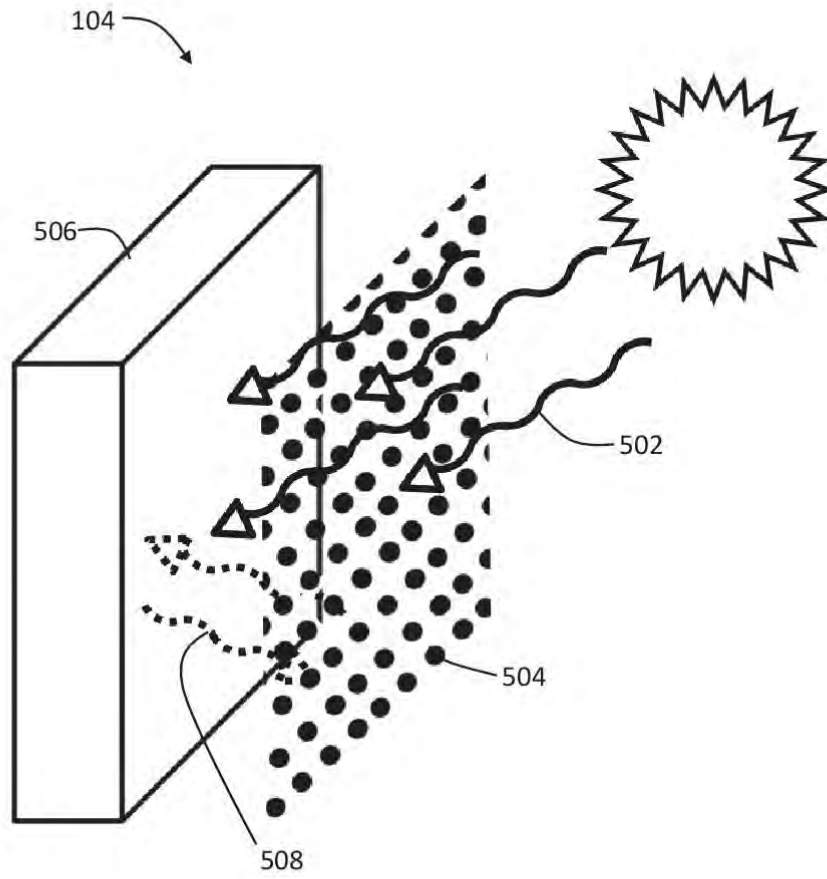


FIG. 5

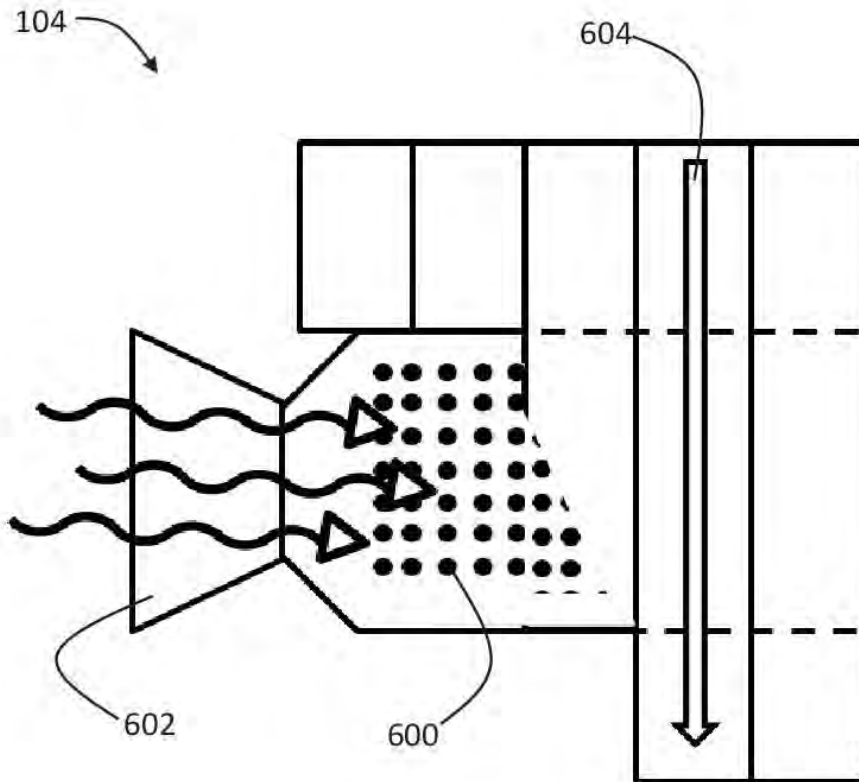


FIG. 6

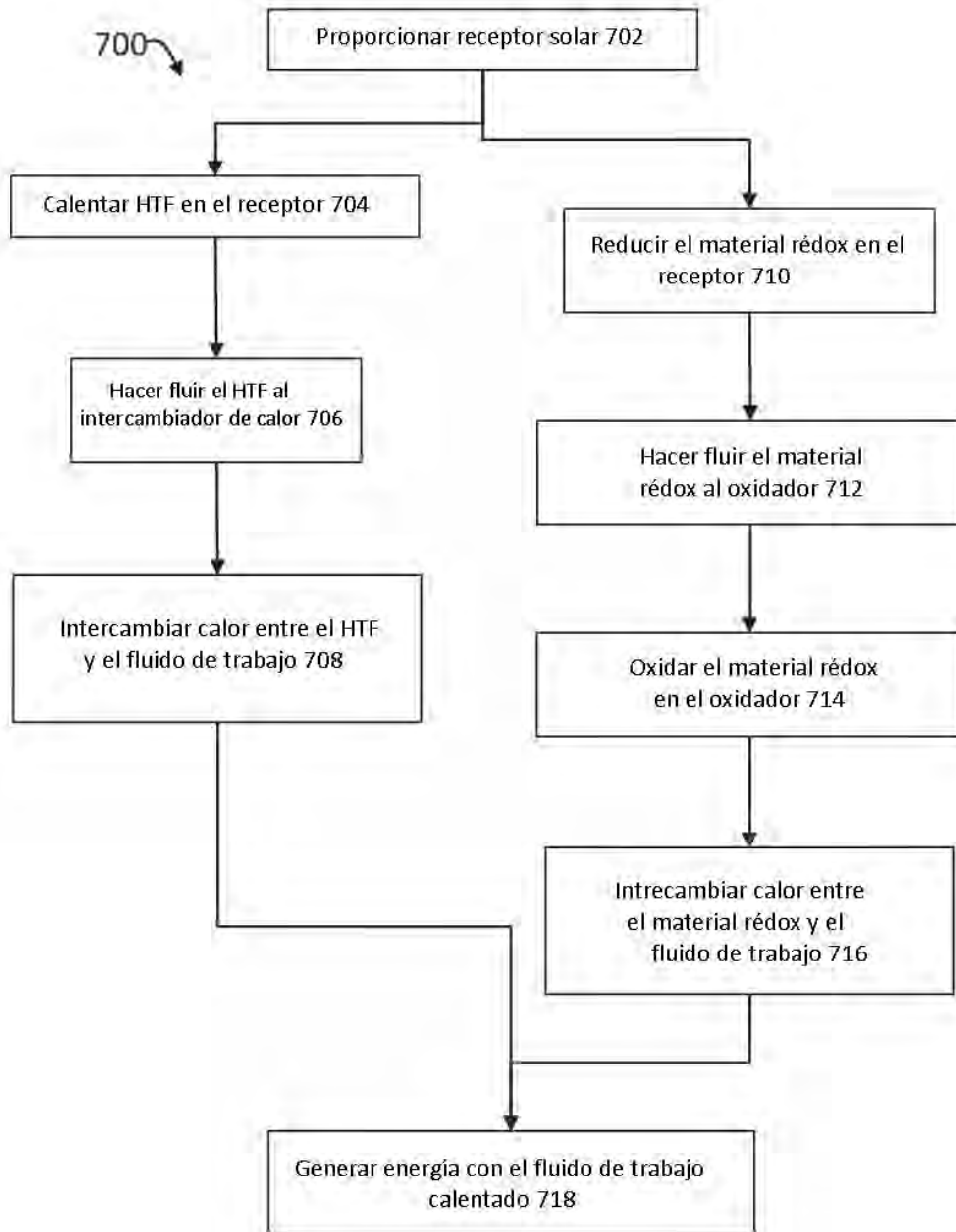


FIG. 7



②① N.º solicitud: 201590033

②② Fecha de presentación de la solicitud: 10.10.2013

③② Fecha de prioridad: **16-10-2012**

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	"Thermochemical heat storage for concentrated solar power" (General Atomics), Octubre, 2011; páginas 1-72. Recuperado de internet el 14.10.2015; http://www.osti.gov/scitech/servlets/purl/1039304	1,10
A	US 2010263832 A1 (DALLA BETTA RALPH A.) 21.10.2010, todo el documento.	1,10
A	US 2008256952 A1 (LITWIN ROBERT Z. et al.) 23.10.2008, todo el documento.	1,10

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
16.10.2015

Examinador
J. Merello Arvilla

Página
1/4

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

F24J2/07 (2006.01)

F28D20/00 (2006.01)

F03G6/06 (2006.01)

F24J1/00 (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

F28D, F24J, F03G

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 16.10.2015

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-18	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-18	SI
	Reivindicaciones	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	"Thermochemical heat storage for concentrated solar power", (General Atomics).	Octubre 2011
D02	US 2010263832 A1 (DALLA BETTA RALPH A)	21.10.2010
D03	US 2008256952 A1 (LITWIN ROBERT Z. et al.)	23.10.2008

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

Los documentos D01-D03 citados son relativos al estado de la técnica de sistemas de energía solar de concentración pero no divulgan ni sugieren un sistema con un receptor solar que combine el encontrarse en comunicación térmica con un fluido de transferencia de calor y con un material de almacenamiento de energía química en los términos indicados en la reivindicación 1 en estudio según la cual el sistema comprende un receptor solar que está configurado para recibir flujo luminoso solar concentrado; un fluido de transferencia de calor en comunicación térmica con el receptor solar de manera que el flujo luminoso solar concentrado caliente una cantidad de fluido de transferencia de calor; un intercambiador de calor en comunicación térmica con el fluido de transferencia de calor, proporcionando el intercambiador de calor el intercambio de calor entre el fluido de transferencia de calor y un fluido de trabajo de un ciclo de energía; un conducto de fluido de transferencia de calor que proporciona el flujo o transporte del fluido de transferencia de calor entre el receptor solar y el intercambiador de calor; un material de almacenamiento de energía química en comunicación con el receptor solar de manera que el flujo luminoso solar concentrado reduce una cantidad de material de almacenamiento de energía química; un oxidador en comunicación con el material de almacenamiento de energía química, proporcionando el oxidador la oxidación del material de almacenamiento de energía química y proporcionando además el intercambio de calor entre el material de almacenamiento de energía química y el fluido de trabajo del ciclo de energía; y un conducto de material de almacenamiento de energía química que proporciona el flujo o transporte del material de almacenamiento de energía química entre el receptor solar y el oxidador. No se considera obvio para un experto en la materia que partiera del estado de la técnica indicado el proponer un sistema de energía solar de concentración como el de la reivindicación 1. Por tanto la reivindicación 1 cuenta con novedad (Ley 11/1986, Art. 6.1.) por no encontrarse divulgada en el estado de la técnica y cuenta con actividad inventiva (Ley 11/1986, Art. 8.1.) por no resultar del mismo de una manera obvia para un experto en la materia.

Por contar la reivindicación 1 con novedad y actividad inventiva las reivindicaciones dependientes de la misma, es decir las reivindicaciones 2 a 9, cuentan a su vez con novedad (Ley 11/1986, Art. 6.1.) y con actividad inventiva (Ley 11/1986, Art. 8.1.).

La reivindicación 10 propone un método de generación de energía basado en las características técnicas de la reivindicación 1 y por tanto también se considera que dicha reivindicación 10 cuenta con novedad (Ley 11/1986, Art. 6.1.) y con actividad inventiva (Ley 11/1986, Art. 8.1.).

Por contar la reivindicación 10 con novedad y actividad inventiva las reivindicaciones dependientes de la misma, es decir las reivindicaciones 11 a 18, cuentan a su vez con novedad (Ley 11/1986, Art. 6.1.) y con actividad inventiva (Ley 11/1986, Art. 8.1.).