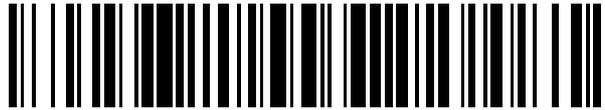


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 684 975**

51 Int. Cl.:

**F24J 2/04** (2006.01)

**F03G 6/00** (2006.01)

**F01D 15/10** (2006.01)

**F03G 6/06** (2006.01)

**F24J 2/07** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.03.2013 PCT/AU2013/000326**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.10.2013 WO13142911**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.03.2013 E 13767505 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.06.2018 EP 2831515**

54 Título: **Una cámara de combustión-receptora híbrida**

30 Prioridad:

**29.03.2012 AU 2012901258**

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

**05.10.2018**

73 Titular/es:

**ADELAIDE RESEARCH & INNOVATION PTY LTD.  
(100.0%)  
Level 14, 115 Grenfell Street  
Adelaide, SA 5000, AU**

72 Inventor/es:

**NATHAN, GRAHAM J.;  
DALLY, BASSAM;  
ASHMAN, PETER y  
STEINFELD, ALDO**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

ES 2 684 975 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**

Una cámara de combustión-receptora híbrida

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a una cámara de combustión-receptora híbrida para capturar energía térmica de una fuente solar y una fuente de combustible. En particular, la cámara de combustión-receptora está adaptada para capturar energía térmica de una fuente solar y adaptar la combustión para generar calor a partir de una fuente de combustible. La invención ha sido ideada particularmente, aunque no únicamente de forma necesaria, para el uso en cualquier proceso de generación de energía o químico. La invención también se refiere a un método para accionar una cámara de combustión-receptora híbrida, así como a un sistema y un método para la generación de energía eléctrica.

Antecedentes

La siguiente descripción de los antecedentes de la técnica está destinada a facilitar una comprensión de la presente invención únicamente. La descripción no es un reconocimiento o admisión de que cualquiera de la materia a la que se hace referencia es o fue parte del conocimiento general común en la fecha de prioridad de la solicitud.

15 Se requiere calor de muchas aplicaciones que incluyan un proceso de generación de energía y químico. Las fuentes de calor son diversas pero la fuente dominante es en la actualidad los combustibles fósiles que produce en cantidades significativas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Este calor es típicamente recogido en calderas para la generación de energía, u hornos, para el procesamiento químico. Aunque la biomasa y los combustibles de desecho pueden desplazar parcialmente el uso de los combustibles fósiles, son una fuente limitada y sólo pueden sustituir a una parte de la necesidad. La principal fuente renovable alternativa de calor a alta temperatura es la energía térmica solar concentrada, que es recogida en un receptor solar, a partir de espejos utilizados para concentrar el componente directo de la radiación solar.

20 La generación de energía utilizando tecnologías térmicas solares de concentración sigue siendo significativamente más cara que la energía de combustible fósil convencional. Adicionalmente, aunque la energía térmica solar permite el almacenamiento térmico, no es rentable proporcionar un almacenamiento suficiente para periodos de nubosidad extendidos. A pesar de sus ventajas, el almacenamiento también añade un coste de inversión, que es una barrera adicional para la implementación.

25 Los sistemas de combustión y solar híbridos pueden evitar la necesidad de almacenamiento térmico, que por otro lado se requiere en sistemas únicamente solares durante periodos de baja insolación. El estado de la técnica en sistemas híbridos co-ubica receptores solares que están diseñados como sistemas autónomos, con cámaras de combustión que están diseñadas únicamente para la combustión. Dicho sistema resulta típicamente en que el sistema solar se enfría durante la noche y la cámara de combustión se apaga (al menos parcialmente) durante el día. Esto resulta en pérdidas de calor significativas e ineficiencia. Esto también requiere intercambiadores de calor para cada una de las fuentes de energía, lo que se añade al coste de inversión del sistema combinado. El porcentaje de energía renovable que se puede lograr mediante sistemas híbridos de contribución solar sin almacenamiento es también limitado.

30 Es deseable para un sistema solar y de combustión híbrido que se pueda hacer funcionar continuamente durante periodos de tiempo extendidos y también que sea capaz de mitigar el impacto térmico que surge de variaciones rápidas en la intensidad de la radiación solar disponible. Un cambio rápido en el flujo solar puede, por ejemplo, ser inducido por el paso de nubes sobre un concentrador solar (tal como un campo de helióstatos).

35 Hay, sin embargo, varios problemas y dificultades a los que se enfrentan los sistemas solares y de combustión híbridos conocidos en relación al funcionamiento durante periodos de tiempo extendidos y también el impacto térmico, algunos de los cuales son remarcados con más detalle más abajo.

40 Un ejemplo de un sistema solar y de combustión híbrido que co-ubica el receptor solar y la cámara de combustión es divulgado en el documento US 4,602,614 (Percival y otros). De forma específica, la divulgación se refiere a un dispositivo que incluye una cavidad receptora, un intercambiador de calor dentro de la cavidad receptora para recibir calor de un proceso de combustión dentro de la cavidad receptora, y una abertura para admitir radiación solar en la cavidad receptora para incidir en el intercambiador de calor. La abertura incorpora una ventana para evitar el escape de gases de combustión de la cavidad durante el proceso de combustión. Con esta disposición, la ventana proporciona una barrera física que debe ser mantenida con el fin de que el sistema solar y de combustión híbrido funcione de forma efectiva. Sin embargo, la ventana tiene una configuración que se introduce en el dispositivo, por lo tanto limitando el volumen disponible para adaptarse a la cavidad. Además, la presencia de una ventana es problemática ya que es cada vez más vulnerable a los daños a medida que aumenta la relación de concentración de la radiación solar concentrada. A altos lujos, incluso las pequeñas partículas pueden causar daño a la superficie de la ventana y llevar a un alto riesgo de fallo. Además, es necesario mantener la ventana en una condición relativamente limpia con el fin de que el sistema funcione de forma efectiva utilizando radiación solar. Esto puede añadir de forma significativa costes de funcionamiento y de mantenimiento. Aún más, el uso de la ventana requiere que el funcionamiento del sistema

solar y de combustión híbrido se ha interrumpido para limpiar la ventana, por lo tanto evitando un funcionamiento a largo plazo continuo del sistema que utiliza ambas fuentes de combustión y de energía solar.

5 Un ejemplo adicional de un sistema solar y de combustión y vivido que co-ubica el receptor solar en la cámara de combustión es divulgado en el documento US 5,884,481 (Johansson y otros), que proporciona un dispositivo que tiene una cámara receptora, un intercambiador de calor dentro de la cámara receptora, y una abertura para admitir radiación solar en la cámara receptora para incidir en el intercambiador de calor. El dispositivo también facilita un proceso de combustión para producir gases de combustión que contactan al intercambiador de calor. En el modo de realización descrito e ilustrado en el documento US 5,884,481, se proporciona una cubierta de abertura para abrir y cerrar selectivamente la abertura. El modo de realización tiene dos modos de funcionamiento. Un modo es un modo de funcionamiento solar en el cual la cubierta de abertura es movida lejos de la abertura para permitir que la radiación solar insole la cámara receptora. El otro modo es un modo de combustión en el cual la cubierta de abertura es movida en un contacto por sellado con la abertura. Con esta disposición, el dispositivo se puede hacer funcionar sólo en el modo de funcionamiento solar o el modo de combustión, de acuerdo con la posición de la cubierta de abertura. En otro modo de realización, que es descrito pero no ilustrado, la abertura receptora es cubierta con una cubierta transparente, tal como una lente de cuarzo, que permite a la energía solar entrar en la cámara receptora pero evita que el fluido calentado escape de la cámara receptora. Aunque esta disposición podría permitir al sistema funcionar en ambos modos al mismo tiempo, podría experimentar, casi con toda seguridad, los problemas referidos anteriormente asociados con la ventana en el documento US 4,602,614.

20 Un problema adicional que se va a encontrar posiblemente con la disposición divulgada en el documento US 5,884,481, cuando está en el modo de funcionamiento solar, es el impacto térmico que surge de variaciones rápidas en la intensidad de la radiación solar disponible. Un cambio rápido en el flujo térmico puede generar altos esfuerzos en los materiales de intercambio térmico, cuya gestión puede suponer penalizaciones significativas. A modo de ejemplo, el uso de materiales de alta temperatura más exóticos podría aumentar, casi con toda seguridad los costes.

25 Un ejemplo adicional más de un sistema solar y de combustión híbrido que co-ubica el receptor solar y la cámara de combustión es divulgado en el documento US 2002/0059798 (Mehos y otros). De forma específica, la divulgación se refiere a un dispositivo que incluye una cúpula delantera que presenta una superficie absorbadora solar que es expuesta a la radiación solar que entra en la cúpula. El dispositivo también tiene un sistema de combustión separado de la cúpula delantera. En otras palabras, el dispositivo tiene zonas separadas para la recogida de energía solar y energía de combustión. Con esta disposición no hay necesidad de una ventana para facilitar la entrada de la radiación solar mientras se evitan las pérdidas térmicas de combustión. Sin embargo, debido a que el dispositivo tiene zonas separadas para la recogida de energía solar y energía de combustión, es posible que el dispositivo necesite ser relativamente grande y también será propenso a pérdidas térmicas más altas. Además, el dispositivo no tiene la capacidad de evitar el impacto térmico.

35 Es debido a estos antecedentes, y los problemas y dificultades asociados con los mismos que la presente invención ha sido desarrollada.

Por consiguiente, es un objeto de la invención proporcionar una cámara de combustión-receptora híbrida que resuelva o mejore los problemas mencionados anteriormente, o al menos que ofrezca una opción útil.

#### Breve descripción de la invención

40 De acuerdo con un primer aspecto de la invención se proporciona una cámara de combustión-receptora híbrida para capturar energía térmica de una fuente solar y de una fuente de combustible, la cámara de combustión-receptora híbrida que comprende:

una cámara que funciona como una zona de combustión para la producción de energía térmica a través de un proceso de combustión que utiliza la fuente de combustible;

la cámara que tiene una abertura sin ventana a través de la cual se puede recibir una radiación solar concentrada y

45 un sistema de sellado fluídico asociado con la abertura sin ventana, el sistema de sellado fluídico que se puede hacer funcionar para establecer un sellado fluídico para restringir el flujo de fluido a través de la abertura sin ventana durante el proceso de combustión.

50 El sellado fluídico no necesita necesariamente eliminar por completo el flujo de fluido a través de la abertura durante el proceso de combustión, sino que necesita sólo restringirlo suficientemente para mantener un nivel apropiado de rendimiento de la cámara de combustión-receptora híbrida, tal y como se entendería por un experto en la técnica.

De forma preferible, el sellado fluídico comprende gas de escapa del proceso de combustión dentro de la cámara.

El sellado fluídico comprende una cortina de gas de escape.

La cámara de combustión-receptora híbrida puede además comprender un trayecto de gas de escape para transportar el gas de escape del proceso de combustión para establecer el sellado fluido, en donde el sistema de sellado fluido comprende la trayectoria de gas de escape.

5 La trayectoria de gas de escape puede estar dispuesta para intercambiar calor desde la cámara a una corriente de aire suministrada a uno o más quemadores para el proceso de combustión.

De forma preferible, la cámara de combustión-receptora híbrida además comprende un absorbedor de energía térmica para recibir energía térmica de la radiación solar concentrada y también para recibir energía térmica de la combustión dentro de la cámara. El absorbedor de energía térmica en efecto captura la energía para una explotación posterior.

El absorbedor de energía térmica puede comprender un medio absorbedor de energía térmica.

10 El absorbedor de energía térmica puede además comprender un intercambiador de calor asociado con la cámara para recibir energía térmica de la radiación solar concentrada y también recibir energía térmica de la combustión dentro de la cámara y transferir el calor recibido al medio absorbedor de energía térmica.

El medio absorbedor de energía térmica puede comprender un medio reactivo y un medio no reactivo.

15 En un modo de realización, el medio absorbedor de energía térmica comprende un medio de transferencia de energía térmica.

El medio de transferencia de energía térmica puede comprender un fluido de transferencia térmica un fluido de trabajo.

El intercambiador de calor puede ser utilizado para un calentamiento directo o un calentamiento indirecto del fluido de trabajo.

20 El fluido de transferencia térmica puede comprender un fluido reactivo honor reactivo gaseoso o líquido, y también puede comprender una mezcla de un fluido y partículas sólidas.

El fluido de trabajo puede ser de cualquier forma apropiada conocida para un experto en la técnica, incluyendo, por ejemplo, vapor para una turbina de vapor, aire para una turbina de gas, y CO<sub>2</sub> en ciertos ciclos de potencia.

25 Para aplicaciones de generación de energía eléctrica, el calentamiento del fluido de trabajo puede ser o bien directo o indirecto. En el caso del calentamiento directo del fluido de trabajo, el fluido utilizado para recoger el calor es el mismo fluido que el utilizado para accionar una turbina. En el caso de que el fluido de trabajo sea indirecto, el calor del medio de transferencia térmica es transferido a un fluido de trabajo que acciona una turbina. En este último caso, el medio de transferencia térmica podría típicamente comprender un fluido de transferencia térmica y el fluido de trabajo podría ser un fluido diferente.

30 A modo de ejemplo únicamente, tanto el medio de transferencia térmica como el fluido de trabajo para el calentamiento directo puede comprender agua para la conversión a vapor, y el medio de transferencia térmica para el calentamiento indirecto puede comprender sales fundidas o aceites térmicos.

En otro modo de realización, el absorbedor de energía térmica puede estar configurado para reacciones químicas endotérmicas de gasificación y para un procesamiento de combustible.

35 De forma preferible, el absorbedor de energía térmica se enfrenta la cámara, por lo que la cámara proporciona una zona común relativa al absorbedor de energía térmica para recibir la radiación solar concentrada y para la producción de energía térmica a través de un proceso de combustión. Con esta disposición, el calor de la combustión dentro de la cámara es transferido a algunas partes del absorbedor de energía térmica como calor de la insolación de la cámara. Esto es particularmente ventajoso y facilita la mitigación del impacto térmico que surge de variaciones rápidas en la intensidad de radiación solar disponible. En particular, facilita la compensación de variaciones en la intensidad de radiación solar disponible a través de variaciones en la intensidad del proceso de combustión. En casos en los que la radiación solar es abundante, la cámara de combustión-receptora híbrida se puede hacer funcionar utilizando sólo el absorbedor de energía térmica recibido de la radiación solar concentrada. En casos en los que la radiación solar no está disponible (tal como en un periodo nocturno) la cámara de combustión-receptora híbrida se puede hacer funcionar utilizando sólo calor de la combustión dentro de la cámara. En otros casos, se puede utilizar tanto la energía térmica de la radiación solar como la energía térmica de la combustión dentro de la cámara, con la energía térmica de la combustión que es controlable para gestionar tanto la salida térmica como el impacto térmico.

40

45

De forma preferible, el absorbedor de energía térmica está dispuesto sustancialmente alrededor de la cámara.

De forma preferible, el absorbedor de energía térmica y la abertura cooperan para definir el límite de la cámara.

50 De forma preferible, la cámara de combustión-receptora híbrida además comprende uno o más quemadores para la combustión de una corriente oxidante y una corriente de combustible, el(los) quemador(es) que están en comunicación fluida con la cámara para dirigir una llama dentro de la cámara, la llama que crea un gas de escape. Típicamente, hay una pluralidad de quemadores.

Con esta disposición, hay una zona de llama dentro de la cámara y el absorbedor de energía térmica está dispuesto alrededor de la zona de llama.

5 Cuando la cámara de combustión-receptora se hace funcionar utilizando ambas fuentes de energía, la radiación solar que entra en la cámara a través de la abertura puede interactuar con la llama en la zona de llama para mejorar la radiación emitida por la llama.

En una disposición, la cámara puede comprender un extremo delantero y un extremo trasero, el extremo delantero que define la abertura para recibir una radiación solar concentrada, el quemador que está dispuesto para encenderse generalmente hacia el extremo trasero en aproximadamente la misma dirección que la radiación solar que entra en la cámara a través de la abertura.

10 En otra disposición, la cámara también puede comprender el extremo delantero que incorpora a la abertura y el extremo trasero, pero con el quemador dispuesto para encenderse generalmente hacia el extremo delantero en aproximadamente la dirección opuesta a la de la radiación solar que entra en la cámara a través de la abertura.

15 En otra disposición más, la cámara puede también comprender el extremo delantero que incorpora la abertura y el extremo trasero, pero con el quemador dispuesto para extenderse generalmente de forma transversal a la radiación solar que entra en la cámara a través de la abertura para por tanto incidir en la radiación solar entrante.

La cámara de combustión-receptora puede además comprender un obturador de abertura móvil de una posición abierta a una posición cerrada, en donde el obturador en la posición cerrada proporciona un sellado físico para la abertura de manera que reduce las pérdidas de calor.

20 De forma preferible, la energía térmica en la cámara es controlable de manera que reduce las cargas de impacto térmico que podrían de otro modo asociarse con cambios rápidos en la radiación solar. De forma más particular, la energía térmica en la cámara es controlable para gestionar la salida térmica y las cargas de impacto térmico.

De forma preferible, la energía térmica capturada es utilizada para calentar un fluido de transferencia térmica, la cámara de combustión-receptora híbrida que además comprende:

25 un intercambiador de calor de fluido de transferencia térmica asociado con la cavidad para recibir energía térmica de la radiación solar concentrada y también para recibir energía térmica de la combustión dentro de la zona térmica.

De forma preferible, la energía térmica capturada es utilizada para calentar un fluido de transferencia térmica, la cámara de combustión-receptora híbrida que además comprende:

30 un recipiente que se puede utilizar como un horno de combustión y como un receptor solar, el recipiente que incluye una carcasa que define una cavidad que proporciona una cámara, la cavidad que tiene una abertura para recibir una radiación solar concentrada;

un quemador para la combustión de una corriente oxidante y de una corriente de combustible, el quemador en comunicación fluida con la cavidad para dirigir una llama en la cavidad, la llama que crea un gas de escape; y

un intercambiador de calor del fluido de transferencia térmica dentro de la cavidad,

35 por lo que en uso el fluido de transferencia térmica recibe la energía térmica de la radiación solar concentrada y del quemador en relaciones que varían de 0:1 a 1.0 y la energía térmica es controlable de manera que se reducen las cargas de impacto térmico que podrían de otro modo asociarse con cambios rápidos en la radiación solar.

De forma preferible, el sellado fluídico comprende un escape de gas del horno de combustión.

40 De forma preferible, la cámara de combustión-receptora híbrida de acuerdo con el tercer aspecto de la invención además comprende una trayectoria de escape para el gas de escape, la trayectoria de gas de escape dispuesta para intercambiar calor desde el recipiente a la corriente de aire suministrada al quemador y después expulsada a través de la abertura para formar el sellado fluídico.

De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se proporciona un método de funcionamiento de la cámara de combustión-receptora híbrida de acuerdo con el primer aspecto de la invención en donde la energía térmica en la cámara es controlada para gestionar la salida térmica y las cargas de impacto térmico.

45 De acuerdo con un tercer aspecto de la invención, se proporciona un sistema para la generación de energía eléctrica que comprende una cámara de combustión-receptora híbrida de acuerdo con el primer aspecto de la invención.

De forma preferible, el sistema de más comprende un generador de vapor para la generación de vapor utilizando el calor derivado del fluido de transferencia térmica y un generador eléctrico que se puede hacer funcionar utilizando energía derivada del vapor para generar electricidad.

De forma preferible, el sistema se puede hacer funcionar de forma selectiva utilizando sólo la energía térmica recibida de la radiación solar concentrada, utilizando sólo el calor de la combustión dentro de la cámara o tanto la energía de la radiación solar como la energía térmica de la combustión dentro de la cámara. Típicamente, la selección de fuente de energía es en respuesta a la disponibilidad de energía solar en la cámara.

- 5 De acuerdo con un cuarto aspecto de la invención, se proporciona un método de generación de energía eléctrica utilizando una cámara de combustión-receptora híbrida de acuerdo con el primer aspecto de la invención.

De forma preferible, el método además comprende convertir la energía térmica derivada del fluido de transferencia térmica en energía eléctrica.

- 10 La energía térmica derivada de la cámara puede convertirse en energía eléctrica utilizando un sistema de conversión que comprende un generador de vapor para la generación de vapor utilizando la energía térmica derivada del fluido de transferencia térmica y un generador eléctrico que puede funcionar utilizando la energía derivada del vapor para generar electricidad.

El generador de vapor puede basarse únicamente en el calor derivado del fluido de transferencia térmica.

- 15 De acuerdo con un quinto aspecto de la invención, se proporciona un método de generación de energía eléctrica que utiliza la cámara de combustión-receptora híbrida de acuerdo con el primer aspecto de la invención configurado para poder funcionar basándose en al menos una de la fuente solar o la fuente de combustible en respuesta a la disponibilidad de energía solar de la fuente solar, el método que comprende controlar el funcionamiento de la cámara de combustión-receptora híbrida y además que comprende establecer un sellado fluídico asociado con la abertura durante el proceso de combustión para minimizar las pérdidas convectivas a través de la abertura, el sellado fluídico que se puede hacer funcionar para restringir el flujo de fluido a través de la abertura.

- 20 En un modo de funcionamiento, la cámara de combustión-receptora híbrida puede controlarse para utilizar únicamente la fuente solar.

- 25 En otro modo de funcionamiento, la cámara de combustión-receptora híbrida puede controlarse para utilizar únicamente la fuente de combustible, en donde el sellado fluídico se establece para minimizar las pérdidas convectivas a través de la abertura.

En otro modo de funcionamiento más, la cámara de combustión-receptora híbrida puede controlarse para utilizar la fuente solar y la fuente de combustible en combinación, en donde el sellado fluídico se establece para minimizar las pérdidas convectivas a través de la abertura a la vez que se permite a la radiación solar pasar a través de la abertura.

- 30 De acuerdo con un sexto aspecto de la invención, se proporciona un método para controlar una cámara de combustión-receptor híbrida de acuerdo con el primer aspecto de la invención configurada para poder funcionar basándose en una fuente solar y en un combustible de fuente de combustible en respuesta a la disponibilidad de energía solar de la fuente solar, el método que comprende producir de forma selectiva energía térmica en una cámara que utiliza uno de a) la fuente solar y la fuente de combustible en combinación, b) solo la fuente solar, y c) solo la fuente de combustible, y controlar la energía térmica en la cámara para gestionar la salida térmica y las cargas de impacto térmico.

- 35 Breve descripción de los dibujos

- 40 Características adicionales de la presente invención son descritas más completamente en la siguiente descripción de varios modos de realización no limitativos de la misma. Esta descripción es incluida únicamente para propósitos de ejemplificación de la presente invención. No debería entenderse como una restricción sobre el resumen, divulgación o descripción de la invención según lo establecido anteriormente. La descripción será hecha con referencia a los dibujos que acompañan, en los cuales:

La figura 1 es una vista en alzado esquemático que muestra una cámara de combustión-receptora híbrida de acuerdo con la invención montada en una torre sobre un campo de helióstatos.

La figura 2 es una vista en alzado esquemática que muestra una cámara de combustión-receptora híbrida de acuerdo con la invención montada en un bastidor de soporte por encima de un plato parabólico.

- 45 La figura 3 es una vista en sección transversal esquemática que muestra una cámara de combustión-receptora híbrida de acuerdo con un primer modo de realización de la invención.

La figura 4 es una vista en sección transversal esquemática a través de la línea 4-4 de sección de la figura 3.

La figura 5 es una vista delantera esquemática de la cámara de combustión-receptora híbrida de las figuras 3 y 4.

La figura 6 es una vista en sección transversal esquemática a través de la línea 6-6 de sección de la figura 5.

- 50 Las figuras 7 y 8 son vistas en sección transversal parciales esquemáticas que muestran los tubos de la cámara de combustión-receptora híbrida de la figura 3 en dos configuraciones alternativas.

La figura 9 es una vista en sección transversal esquemática adicional que muestra la cámara de combustión-receptora híbrida de la figura 3.

La figura 10 es una vista en sección transversal esquemática que muestra una cámara de combustión-receptora híbrida de acuerdo con un segundo modo de realización de la invención.

- 5 La figura 11 es una vista en sección transversal esquemática que muestra una cámara de combustión-receptora híbrida de acuerdo con un segundo modo de realización de la invención.

La figura 12 es una vista en sección transversal esquemática que muestra una cámara de combustión-receptora híbrida de acuerdo con un tercer modo de realización de la invención.

La figura 13 es una vista en sección transversal esquemática a través de la línea 13-13 de la figura 12.

- 10 En los dibujos estructuras similares son referidas mediante números similares a lo largo de todas las diversas vistas. Los dibujos mostrados no son necesariamente a escala, siendo, en general, en su lugar puesto énfasis en la ilustración de los principios de la presente invención.

#### Descripción de modos de realización

- 15 Con referencia la figura 1, se muestra de forma esquemática una cámara 100 de combustión-receptora híbrida montada en una torre 90 por encima de un campo de helióstatos. La cámara 100 de combustión-receptora híbrida está dispuesta para capturar la energía térmica de una fuente solar y una fuente de combustible. En la disposición ilustrada en la figura 1, la fuente solar comprende un campo de helióstatos 50 que reflejan luz solar 8 hacia la cámara 100 de combustión-receptora híbrida. También se muestra un sistema 38 de suministro de combustible que suministra combustible a través de una línea 39 de suministro de combustible a la cámara 100 de combustión-receptora híbrida.  
20 La energía térmica capturada de la fuente de combustible, la fuente solar, o una combinación de las dos fuentes, calienta un fluido de transferencia térmica que se hace circular a través de la cámara 100 de combustión-receptora híbrida a través de líneas 36 de fluido térmicas. Con la disposición mostrada en la figura 1, el fluido térmico circulado es recibido mediante un tanque 32 el almacenamiento y después suministrado a un sistema 30 de generación de energía eléctrica. El fluido enfriador después entra en un tanque 34 de almacenamiento antes de hacerse circular de vuelta a través de la cámara 100 de combustión-receptora híbrida.  
25

- La figura 2 muestra la misma cámara 100 de combustión-receptora híbrida que la de la figura 1, pero montada en un bastidor de soporte por encima de un plato parabólico en lugar de montada en una torre por encima de un campo de helióstatos. Con la disposición de la figura 2, un espejo 42 parabólico proporciona una fuente solar para reflejar la radiación solar en la cámara 100 de combustión-receptora híbrida. Un bastidor 44 de soporte soporta a la cámara 100 de combustión-receptora híbrida y el espejo 42 parabólico. El bastidor 44 de soporte está montado de forma pivotante a una base y un conjunto 46 de pivote.  
30

Otras disposiciones, al margen de las mostradas en las figuras 1 y 2, se pueden utilizar para proporcionar una fuente solar a la cámara 100 de combustión-receptora híbrida. Esto se explica adicionalmente más abajo.

- 35 La figura 3 muestra una cámara 100 de combustión-receptora híbrida de acuerdo con un primer modo de realización de la invención en una vista en sección transversal esquemática. La cámara 100 de combustión-receptora híbrida incluye un recipiente 110 que actúa tanto como un horno de combustión como un receptor solar, y una pluralidad de quemadores 180 para la combustión de una corriente oxidante tal como una corriente de aire, y una corriente de combustible. El recipiente u horno 110 incluye una carcasa 120 que define una cavidad 125 que tiene una abertura 130 para recibir la radiación solar concentrada referida anteriormente. La cavidad 125 proporciona una cámara que define una zona 126 que puede funcionar como una zona de combustión para la producción de energía térmica a través de un proceso de combustión que utiliza el combustible y dentro de la cual se puede recibir la radiación solar concentrada de la fuente solar a través de la abertura 130.  
40

Cada quemador 180 está dispuesto en comunicación fluida con la cavidad 125 de manera que dirige una llama dentro de la cavidad 125. La llama 182 crea una zona de llama y también genera un gas 184 de escape.

- 45 Un absorbedor 190 de energía térmica configurado como un intercambiador de calor que comprende tubos 192 dispuestos dentro de la cavidad 125 a través de la cual pasa el fluido de transferencia térmica. En uso, el fluido de transferencia térmica dentro del intercambiador 190 de calor recibe energía térmica de la radiación solar concentrada que entra en la cavidad 125 a través de la abertura 130 y del quemador o quemadores 180 en relaciones que varían de 0:1 a 1:0.

- 50 La energía térmica es controlable de manera que permite al calor introducido en el fluido de transferencia térmica coincidir con la demanda independientemente de cambios graduales o repentinos en la insolación solar. En particular, permite cambios rápidos en la entrada de combustible para compensar cambios rápidos en la entrada solar, y por lo tanto para reducir cargas de impacto térmico que podrían de otro modo asociarse con cambios rápidos en la radiación solar. Esto se puede lograr controlando los quemadores 180 y/o controlando la radiación solar.

Un sistema 135 de sellado fluido está asociado con la abertura 130 y se puede hacer funcionar para establecer un sellado fluido para restringir el flujo de fluido a través de la abertura durante el proceso de combustión, tal y como se explicará con más detalle posteriormente.

5 La figura 4 es una vista en sección transversal esquemática a través de la línea 4-4 de sección de la figura 3. La figura 4 muestra una pluralidad de tubos 192 intercambiadores de calor para transportar el fluido de transferencia térmica. Disposiciones alternativas para el intercambiador de calor o los tubos 192 de transferencia térmica son mostradas en la figura 7 y 8. Otras disposiciones adecuadas al margen de las ilustradas en las figuras 4, 7 y 8, también se pueden emplear.

10 Volviendo de nuevo a la figura 3, se puede apreciar que la carcasa 120 incluye un extremo 122 delantero y un extremo 128 trasero. El extremo 122 delantero define la abertura 130. En este modo de realización, el quemador o quemadores 180 se encienden generalmente hacia el extremo 128 trasero de la carcasa 120 en aproximadamente la misma dirección que la radiación solar. Los gases 184 de escape son entonces conducidos mediante al menos un ventilador 164 de tiro inducido a través de los tubos 160 de gas de escape. Los tubos 160 de gas de escape son mostrados más claramente en la vista en sección transversal de la figura 4. Pasan a través de una cavidad 150 de aire de entrada. Tal y como se puede ver en la figura 4, la cavidad 150 de aire de entrada está formada entre la carcasa 120 y una pared 140 de intercambiador de calor de aire precalentado. Esto facilita el calentamiento del aire suministrado al quemador o quemadores 180 tal y como se explica más abajo.

20 Después de alcanzar el colector 162 del gas de escape, el ventilador 164 de tiro inducido dirige los gases de escape en un recinto 166 tal y como se ilustra en la figura 5. El recinto 166 incluye nervaduras 170 y 172 de salida que definen una boquilla 168 del gas de escape que tiene una anchura  $W_{noz}$  tal y como se muestra en la vista en sección transversal de la figura 6.

La trayectoria de escape descrita anteriormente e ilustrada en las figuras 3, 5 y 6 sale a través de la abertura 130 para formar un sello fluido.

25 Con esta disposición, el sistema 135 de sello fluido comprende la trayectoria de escape descrita anteriormente, que incluye la boquilla 168 de gas de escape. Otras disposiciones, no mostradas, se pueden proporcionar para producir un sellado fluido a través de la abertura 130.

30 Este modo de realización de la cámara 100 de combustión-receptora híbrida está también provisto de un obturador 200 de abertura mostrado de forma esquemática en la figura 1. El obturador 200 de abertura es móvil entre posiciones cerrada y abierta. En la posición cerrada, el obturador 200 de abertura cubre la abertura 130, tal y como se muestra en la figura 9, para proporcionar un sellado físico a la cavidad 125 de manera que se reducen las pérdidas térmicas. En la posición abierta, el obturador 200 de abertura está despejado de la abertura 130 para permitir la entrada de radiación solar. El obturador 200 de abertura es representado en la posición abierta en una línea de puntos en la figura 9.

35 En este modo de realización, el sellado fluido descrito anteriormente se utilizará en general únicamente durante la operación de mezclado de la cámara 100 de combustión-receptora híbrida. Es decir, el sellado fluido sólo se utilizará cuando la energía solar está entrando en la abertura 130 y cuando también hay combustión en la cavidad 125. En otros momentos, por ejemplo cuando los quemadores 180 están proporcionando un 100% de la energía térmica, un obturador 200 de abertura puede estar cerrado de manera que cubre la abertura 130 para proporcionar un sellado físico a la cavidad 125 de manera que se reducen las pérdidas de calor de combustión.

40 Tal y como se describió anteriormente, una cavidad 150 de aire de entrada rodea a la cavidad 125 para facilitar el precalentamiento del suministro de aire de entrada al quemador o quemadores 180. El aire a temperatura ambiente entra a través de uno o más ventiladores 142 de tiro forzado tal y como se muestra en las figuras 3 y 4. El aire es entonces transportado a través de un colector 144 de entrada de aire radialmente hacia dentro a través de la pared 140 de intercambiador de calor de aire precalentado en la cavidad 150 de entrada de aire. Con el modo de realización ilustrado en las figuras 3 y 4, el aire es introducido adyacente tanto al extremo 122 delantero como al extremo 128 trasero de la carcasa 120. El aire es entonces calentado a medida que se mueve desde los extremos hacia el centro del horno y después sacado mediante las líneas 148 de aire caliente. Esta manera, se forma un intercambio térmico hacia la corriente y en contra de la corriente entre el aire y los gases de escape. Con esta disposición, la sección de intercambiador de calor hacia la corriente proporciona el mayor enfriamiento a la parte más caliente de los tubos 160 de gas de escape, la sección 160b de tubo, en la región en la que los productos de combustión entran en el intercambiador de calor. La sección de intercambiador de calor en contra de la corriente proporciona la mayor eficiencia en el extremo de baja temperatura de la corriente de gas de escape a medida que pasa a través de la sección 160a de tubo de intercambiador de calor.

55 El funcionamiento del primer modo de realización de la invención mostrado en la figura 3 se describirá ahora mientras que se proporcionan detalles adicionales como para los componentes del modo de realización.

La radiación solar concentrada entra en la cavidad 125 a través de la abertura 130. La abertura 130 está montada de forma ventajosa en un concentrador 230 parabólico compuesto (CPC), que es un dispositivo óptico utilizado para

reducir pérdidas radiantes de un receptor de cavidad, que es calentado o bien por conjuntos de helióstatos solares o un concentrador de plato parabólico.

5 El interior de la cavidad 125 está recubierto con tubos 192 para transportar el fluido de transferencia térmica, que puede ser cualquier fluido reactivo o no reactivo gaseoso o líquido y puede también ser una mezcla de un fluido y partículas. Las aplicaciones potenciales incluyen la generación de energía, el procesamiento de combustibles y reacciones de reforma y químicas entre térmicas. Para la generación de energía eléctrica, el calentamiento de fluido de transferencia térmica en la cámara de combustión-receptora híbrida puede ser o bien directa, en cuyo caso el fluido utilizado para recoger el calor es el mismo fluido que el utilizado para accionar la turbina, o indirecta, en cuyo caso se utiliza un fluido diferente para recoger (y/o) el calor que es utilizado para accionar las turbinas. Dos fluidos de 10 transferencia térmica indirecta comunes son sales fundidas y aceites térmicos, mientras que un fluido directo común es el vapor, pero esta lista es únicamente ilustrativa. Aplicaciones de generación sin potencia incluyen la gasificación, en la cual el fluido de transferencia térmica comprenderá principalmente vapor y partículas carbonosas en suspensión, aunque cualquier variación de esto se puede utilizar para facilitar procesos de gasificación efectivos.

15 En la disposición ilustrada en la figura 1, el fluido de transferencia térmica es calentado directamente y comprende agua que es convertida en vapor para accionar el sistema 30 de generación de energía eléctrica de una manera conocida.

20 Los tubos 192 se pueden configurar en un rango de maneras alternativas o conformar con perfiles alternativos para permitir que el flujo térmico coincida durante el funcionamiento con las dos fuentes de calor, la radiación solar concentrada y la(s) llama(s). Las configuraciones anulares y escalonadas son mostradas a modo de ejemplo en las figuras 7 y 8, pero será evidente para el experto en la técnica que también se pueden utilizar configuraciones alternativas para equilibrar el flujo de calor. Las figuras 7 y 8 también muestran pequeños huecos entre los tubos 192 que son necesarios para permitir tanto la expansión térmica como la transferencia térmica convectiva a los tubos durante el modo de combustión. Aletas, concavidades y otros dispositivos aerodinámicos también se pueden utilizar para aumentar el componente convectivo de transferencia térmica del fluido de transferencia térmica.

25 Varios quemadores 180 son introducidos desde cualquier extremo de la cavidad 125. En la configuración mostrada en la figura 3, los quemadores 180 están dispuestos próximos a la abertura 130, para encenderse generalmente hacia el extremo 128 trasero de la cavidad 125, en aproximadamente la misma dirección que en la radiación solar entrante.

30 El uso de múltiples quemadores 180 también permite que se equilibre la transferencia térmica en la parte superior de la cavidad 125 con respecto a la de la parte inferior debido a la influencia de la flotabilidad. Además, la disposición del flujo entre los tubos 192 de transferencia térmica se puede diseñar para ayudar a equilibrar cualquier variación en la transferencia térmica entre la parte superior y la parte inferior de la cavidad 125 debido a la influencia de la flotabilidad.

35 Con referencia la figura 3, se puede apreciar que el ventilador 164 de tiro inducido es colocado aguas abajo del precalentador 141 de aire, en donde la corriente del gas de escape ha sido enfriada. Esto se utiliza para reducir la presión en la cavidad 125 y por tanto para inducir que los gases de combustión abandonen la cavidad 125 a través del precalentador 141 de aire y también para proporcionar la fuerza motriz para el chorro de gases de escape a través de la abertura 130. En combinación con los ventiladores 142 de tiro forzado, que insuflan el aire frío a través del precalentador 141 de aire, la presión en la cavidad 125 se puede controlar para ser muy próxima a la atmosférica, por tanto minimizando la entrada o salida de gases de combustión fuera de, o aire frío dentro a través, de la abertura 130.

40 Los productos de combustión calientes de la(s) llama(s) 182 se difunden a través de los huecos en los tubos 192 receptores para abandonar la cavidad 125 en el extremo opuesto de la cámara a la abertura y entonces entran en el precalentador 141 de aire, que está dispuesto en una configuración co-anular alrededor de la cavidad 125. Esto recupera calor de los productos de combustión calientes para por lo tanto también calentar el aire de combustión.

45 El intercambiador 141 de calor de precalentamiento de aire está dispuesto de manera que el aire frío entra en cualquier extremo del intercambiador de calor y lo abandona en la parte media. Es decir, proporciona tanto un dispositivo hacia la corriente como contra la corriente. El intercambiador de calor hacia la corriente proporciona el mayor enfriamiento a la parte más caliente de los tubos en la región en la que los productos de combustión calientes entran en el intercambiador de calor. El intercambiador de calor contra la corriente proporciona la mayor eficiencia en el extremo de baja temperatura de la corriente de gas de escape.

50 Los productos de escape enfriados abandonan el intercambiador 141 de calor en estrecha proximidad a la abertura 130 de la cavidad 125 para permitir que algunos de los productos de escape sean dirigidos de forma ventajosa sobre la abertura 130 como una cortina de chorros, que comprenden gases de combustión. Los chorros se pueden dirigir a través de la abertura 130 desde un rango de ubicaciones potenciales alrededor de la abertura 130, con las dos alternativas deseables mostradas en las figuras 3 y 4. Sin embargo, estas son a modo de ejemplo, siendo posible cualquier plano a través del CPC 230. El propósito de estos chorros es minimizar las pérdidas convectivas a través de 55 la abertura 130, o bien desde los gases calientes que escapan hacia fuera o del aire frío que es introducido en la cavidad 125. La capacidad de evitar que el aire ambiente sea inducido dentro de la cavidad 125 es también necesaria para controlar la estequiometría de la combustión. Los productos de escape pueden ser utilizados de forma alternativa para proporcionar una recirculación de gas de combustión (también conocida como "recirculación de gas de escape"

- 5 para control del NOx. Al mismo tiempo, es ventajoso minimizar tanto la cantidad y la longitud de la trayectoria óptica a través de la cortina de escape, dado que los gases de combustión contienen tanto CO2 como vapor de agua, que son gases especialmente absorbentes, y debido a que los gradientes de densidad de la abertura introducirán algún direcciónamiento del haz, lo cual reducirá la relación de concentración de la radiación solar durante el funcionamiento mixto, en la cual se utiliza al mismo tiempo la radiación solar concentrada y una llama. Sin embargo, la cortina de escape sólo será necesaria durante estos periodos de funcionamiento mixto.
- 10 El modo de funcionamiento mixto será empleado de forma útil durante periodos de insolación solar reducida, pero cuando es suficiente para proporcionar una contribución útil a la cámara de combustión-receptora híbrida. Bajo dichas circunstancias, el modo de funcionamiento mixto ofrece varias ventajas sobre funcionamientos solares autónomos. Esto permite que el flujo térmico a los tubos sea controlado de forma independiente a las variaciones intermitentes de radiación solar, lo cual tiene el potencial de reducir o evitar de forma importante las cargas de impacto térmico asociadas con cambios rápidos en el flujo solar. Esto permite que la radiación solar sea recolectada a bajos flujos de lo que es posible para un funcionamiento autónomo.
- 15 Con referencia a la figura 9, se muestran dimensiones clave. La longitud,  $L_c$ , de la cavidad con respecto al diámetro,  $D_c$ , puede ser efectiva a lo largo de un amplio rango pero está típicamente en el rango  $1 < L_c/D_c < 10$  y de forma más eficiente en el rango  $2,5 < L_c/D_c < 5$ .
- El diámetro  $d_{th}$  de paso de abertura al de la calidad  $D_c$ , puede funcionar de forma efectiva a lo largo del rango  $1 < d_{th} / D_c < 10$  pero típicamente funciona de forma más eficiente en el rango de  $2 < d_{th} / D_c < 5$ .
- 20 El sistema 135 de sellado fluido para suministrar la cortina de escape para proporcionar el sellado fluido en este modo de realización es mostrado con más detalle en las figuras 5 y 6. El escape enfriado del intercambiador 141 de calor es recogido a través del colector 162 de gas de escape y suministrado a través de un ventilador 164 en un generador de cortina de escape anular. El generador de cortina de escape comprende un recinto 166 anular y una boquilla 168. La sección transversal del recinto (en la línea de sección 6-6) puede estrecharse de forma ventajosa en una voluta para proporcionar un caudal aproximadamente constante alrededor del anillo (tal y como se muestra en la figura 5), pero también puede ser constante alrededor del anillo. La anchura de la boquilla  $W_{noz}$  es típicamente constante alrededor del anillo, excepto para las nervaduras 170, 172 para proporcionar una integridad estructural, pero se puede variar de forma alternativa progresivamente para compensar variaciones en el campo de presión alrededor del recinto 166. El dispositivo generará una cortina de escape de casi cualquier anchura de la boquilla,  $W_{noz}$ , pero está típicamente en el rango de  $2 < W_{noz}/d_{ap} < 200$  y está ventajosamente en el rango de  $5 < W_{noz}/d_{ap} < 50$ .
- 25 El obturador 200 de abertura, mostrado en la figura 9, puede ser efectivo para un amplio rango de formas, pero es de forma ventajosa circular para coincidir con la forma circular de la abertura 130. Es móvil, típicamente mediante una bisagra 202, de manera que se puede mover en la posición cerrada para sellar la cámara cuando la insolación solar es demasiado baja para proporcionar una entrada positiva al dispositivo y moverse en la posición abierta para evitar cualquier bloqueo de la radiación concentrada cuando la radiación solar es introducida en la cavidad 125. El obturador 200 es enfriado, de forma ventajosa mediante un fluido de transferencia térmica (por ejemplo, agua), tanto para proteger el obturador 200 como para proporcionar una entrada útil para la recogida de calor por el fluido de transferencia térmica.
- 30 El CPC 230 es enfriado también de forma ventajosa mediante el fluido de transferencia térmica.
- 35 La introducción un gas de escape recirculado en la cavidad 125, si se realiza de forma óptima, puede también mejorar la transferencia térmica de la combustión debido a que incrementará el coeficiente de transferencia térmica convectiva incrementando el caudal de gases y también incrementará la permisividad de fase gas debido a la concentración más alta de CO2 y H2O en la mezcla, lo cual aumentará este aspecto de la transferencia térmica por radiación. Sin embargo, también reducirá la transferencia térmica reduciendo la temperatura de la llama y también puede reducir la admisibilidad reduciendo la cantidad de hollín. El diseño proporciona flexibilidad para optimizar cómo los gases de combustión son introducidos con el fin de maximizar la transferencia térmica total.
- 40 Durante periodos en los que el dispositivo es calentado completamente por la(s) llama(s) 182, el obturador 200 será colocado sobre la abertura 130 para proporcionar un sellado físico y para evitar pérdidas de calor por radiación. Este dispositivo puede también ser enfriado, de forma ventajosa, con el fluido de transferencia térmica para recoger el calor útil y controlar su temperatura.
- 45 Durante el modo de funcionamiento "sólo solar", la cámara 100 de combustión-receptora híbrida es calentada completamente por la radiación solar concentrada. En este modo, ningún gas es transportado a través de la cavidad 125, excepto el que puede ser requerido por propósitos de enfriamiento. Este modo aplicará cuando el flujo solar es suficientemente alto para hacer funcionar la cámara 100 de combustión-receptora híbrida por sí misma.
- 50 Un segundo modo de realización de la invención es mostrado en la figura 10. El segundo modo de realización es similar en algunos aspectos al primer modo de realización y referencias numéricas correspondientes son utilizadas para identificar partes correspondientes.
- 55

- En particular, la figura 10 muestra el segundo modo de realización de la cámara 100 de combustión-receptora híbrida de acuerdo con la invención en una vista en sección esquemática. El segundo modo de realización de la cámara 100 de combustión-receptora híbrida incluye un horno 110 y un quemador 180 para la combustión de una corriente oxidante, tal como una corriente de aire, y una corriente de combustible. El horno 110 incluye una carcasa 120 que define una cavidad 125 que tiene una abertura 130 para recibir la radiación solar concentrada mostrada en las figuras 1 y/o 2 por ejemplo.
- El quemador 180 está dispuesto en comunicación fluida con la cavidad 125 de manera que dirige una llama 182 dentro de la cavidad 125. La llama 182 crea un gas 184 de escape.
- Un absorbedor 190 de energía térmica configurado como un intercambiador térmico que incluye tubos 192 de fluido de transferencia térmica está dispuesto en la cavidad 125. En uso, el fluido de transferencia térmica dentro del intercambiador de calor recibe energía térmica de una radiación solar concentrada y del quemador un 180 en relaciones que varían de 0:1 a 1:0. La energía térmica es controlable de manera que mantiene la salida térmica independiente de una entrada solar variable y reduce las cargas de impacto térmico que de otro modo podrían estar asociadas con cambios rápidos en la radiación solar.
- La carcasa 120 incluye un extremo 122 delantero y un extremo 128 trasero. El quemador 180 se enciende generalmente hacia el extremo 128 delantero como una carcasa 120 en aproximadamente la dirección opuesta a la radiación solar. Los gases 184 de escape son entonces conducidos por al menos un ventilador 164 de tiro inducido a través de un tubo 160 de gas de escape. Un intercambiador 141 de aire precalentado está dispuesto para transferir calor desde los gases 184 de escape para suministrar aire al quemador 180.
- En el lado aguas abajo del ventilador 164 de tiro inducido un generador de cortina de gas de escape (no mostrado) induce un sellado fluidico o una cortina 178 de gas de escape. Varios sistemas de generación de gas de escape se pueden emplear como el sistema 135 de sellado fluidico; por ejemplo, el colector 162 de gas de escape descrito con referencia al primer modo de realización de la invención e ilustrado en las figuras 5 y 6 también puede ser utilizado para el segundo modo de realización de la invención ilustrado en la figura 10.
- El funcionamiento del segundo modo de realización de la invención mostrado en la figura 10 será descrito a continuación a la vez que se proporcionan detalles adicionales como para los componentes del modo de realización.
- La radiación solar concentrada entra en la cavidad 125 a través de la abertura 130. La abertura 130 está montada de forma ventajosa con un concentrador 230 parabólico de concentración (CPC).
- El interior de la cavidad 125 está revestido con tubos para transportar el fluido de transferencia térmica que se va a calentar. El fluido de transferencia térmica puede ser cualquier fluido gaseoso o líquido, tal como una sal fundida o vapor, en el caso de aplicaciones de generación de energía. Aplicaciones que no generan energía incluyen una mezcla de vapor y partículas carbonosas que se van a calentar con el propósito de gasificación, pero esta lista no pretende ser exhaustiva. Se requieren pequeños huecos entre los tubos 192 para permitir una expansión térmica.
- Un anillo de quemadores 180 es introducido desde el extremo opuesto a la cámara a la abertura, para encenderse hacia la abertura, en la dirección, en general, opuesta a la radiación solar entrante (en la vista esquemática de la figura 10, sólo se muestra uno de los quemadores). Aunque esto puede ser adecuado en algunas aplicaciones, para muchas aplicaciones se proporcionarán múltiples quemadores 180.
- Los productos de combustión caliente de la llama 182 son inducidos para invertirse en la dirección y someterse a un segundo paso a lo largo de la parte trasera de los tubos 192 para proporcionar una transferencia térmica convectiva mediante el ventilador 164 de tiro inducido, de forma similar a la configuración de co-flujo de la figura 3. La combinación de ventiladores de tiro forzado e inducido es utilizada para equilibrar la presión en la cavidad 125 de una manera similar a la descrita para el primer modo de realización mostrado en la figura 3.
- Un intercambiador 141 de calor es proporcionado para recuperar calor de los productos de combustión mediante el precalentamiento del aire de combustión.
- El escape enfriado se puede suministrar a la abertura 130 de la cavidad 125 para permitir que algo de los productos de escape sea dirigido de forma ventajosa sobre la abertura 130 como una cortina, o chorros, de gases de combustión. Los chorros se pueden dirigir a través de la abertura 130 desde dos lados (tal y como se muestra en la figura 1), desde todas partes, o desde un lado (tal y como se muestra en las figuras 5 y 6). Esto inhibirá la entrada de aire frío a través de la abertura 130, mientras que también permite entrar a la radiación concentrada. Los productos de escape también pueden ser utilizados para proporcionar una recirculación de gas de combustión para el control de NOx. La cortina de escape sólo será necesaria durante períodos de funcionamiento mixto, en los cuales tanto la radiación solar concentrada como una llama 182 son utilizadas al mismo tiempo. La cantidad y distribución de los gases de escape puede variar. Un escape suficiente se utilizará típicamente para evitar la inducción de aire frío dentro de la cavidad 125, a la vez que se minimiza la longitud de la trayectoria de la radiación solar concentrada a través de los gases de combustión, que son espectralmente absorbentes.

Durante períodos en los que la cámara 100 de combustión-receptora híbrida es calentada completamente por la llama, un obturador 200 se colocará sobre la abertura 130 para proporcionar un sellado físico y para evitar pérdidas de calor por radiación. Este dispositivo puede también ser enfriado, de forma ventajosa, con el fluido de transferencia térmica para recoger calor útil y controlar su temperatura.

- 5 Durante períodos en los que la cámara 100 de combustión-receptora híbrida es calentada completamente por la radiación solar concentrada, ningún gas es transportado a través de la cavidad 125, excepto si se requiere para propósitos de enfriamiento. Este modo puede aplicar cuando el flujo solar es suficientemente alto para hacer funcionar la cámara 100 de combustión-receptora híbrida por sí misma.

- 10 De nuevo, con este modo de realización de la invención, es posible un modo mixto de funcionamiento, con un uso simultáneo de energía solar concentrada y combustión que proporciona un amplio rango de ventajas tal y como se ha descrito previamente.

El modo de realización de co-flujo de la figura 3 y la configuración contraflujo de la figura 10 cada una ofrece algunas ventajas y desventajas. Estos dos modos de realización son proporcionados a modo de ilustración, y pequeñas variaciones a las configuraciones mostradas y descritas no son excluidas de la invención.

- 15 Las ventajas anticipadas del modo de realización de co-flujo, mostrado en la figura 3, sobre el modo de realización de contraflujo mostrado en la figura 10, son como sigue:

Las pérdidas convectivas a través de la abertura se espera que sean menores debido a que los gases no necesitan hacer una inversión de flujo sin una pared.

- 20 Los gases de combustión abandonan el intercambiador de calor en la ubicación correcta para hacer fácil suministrar los como un gas inerte sobre la abertura solar.

El intercambiador de calor también está bien configurado para permitir al aire calentado ser suministrado directamente al quemador.

- 25 Quizás el mayor reto para esta configuración es el reto de los materiales para el intercambiador de calor de escape de aire. Se ha de notar que el intercambiador de calor alta temperatura está diseñado para estar en co-flujo para asegurar un calentamiento máximo a la parte más calientes de la tubería.

En la práctica puede ser necesario enfriar el extremo delantero del intercambiador de calor de aire de escape con fluido de intercambio térmico para asegurar que permanece suficientemente frío, especialmente en el modo solo solar.

También evita que la radiación solar concentrada directa incida en los quemadores.

- 30 La configuración anular, en la cual precalentadores de aire rodean totalmente la cámara interior, es una ventaja al reducir las pérdidas de calor globales a través de las paredes. Como con los receptores de torre, las pérdidas de calor convectivas son más altas que para los dispositivos montados sobre tierra debido a las velocidades del aire ambiente más altas y a las temperaturas más bajas.

Las ventajas del modo de realización de contraflujo, mostrado en la figura 10, sobre el modo de realización de co-flujo de la figura 3, son las siguientes:

- 35 Ofrece una transferencia térmica convectiva más alta a los tubos mediante la inversión en la dirección del flujo de gases, para proporcionar un paso adicional de los gases que pasan por la parte trasera de los tubos.

Un tercer modo de realización de la invención es mostrado en la figura 11. El tercer modo de realización es similar en algunos aspectos al primer modo de realización y referencias numéricas correspondientes son utilizadas para identificar partes correspondientes.

- 40 En particular, la figura 11 muestra el tercer modo de realización de la cámara 100 de combustión-receptora híbrida de acuerdo con la invención en una vista en sección trasversal esquemática. En este tercer modo de realización, la sección trasversal de la cámara 100 de combustión-receptora híbrida y de forma más particular la cavidad 125 y la abertura 130, es generalmente cuadrada para coincidir con espejos cuadrados utilizados típicamente en un campo de heliostatos. Son posibles otras configuraciones en sección trasversal, incluyendo la configuración rectangular.

- 45 Un cuarto modo de realización de la invención es mostrado en las figuras 12 y 13. El cuarto modo de realización es similar en algunos aspectos al primer modo de realización y referencias numéricas correspondientes son utilizadas para identificar partes correspondientes.

- 50 En particular, las figuras 12 y 13 muestran el cuarto modo de realización de la cámara 100 de combustión-receptora híbrida de acuerdo con la invención en una vista en sección esquemática. En este cuarto modo de realización, la sección trasversal de la cámara 100 de combustión-receptora híbrida, y de forma más particular la cavidad 125 y la abertura 130, es generalmente cuadrada para coincidir con los espejos cuadrados utilizados típicamente en un campo de heliostatos.

Tal y como se aprecia mejor en la figura 13, la configuración en sección trasversal de este modo de realización de la cámara 100 de combustión-receptora híbrida es generalmente circular. Son posibles otras configuraciones en sección trasversal, incluyendo una configuración rectangular que es posiblemente ventajosa.

5 En este cuarto modo de realización, el recipiente 110 comprende una sección 194 lateral, una sección 195 superior y una sección 196 inferior. La abertura 130 es incorporada en la sección 195 lateral y el quemador 180 es incorporado en la sección 196 inferior, tal y como se muestra en la figura 12. Con esta disposición, el quemador 180 está dispuesto para extenderse generalmente de forma trasversal a la radiación solar que entra en la cavidad 125 a través de la abertura 130 a través de la abertura por lo tanto incidiendo en la radiación solar entrante.

10 El cuarto modo de realización de la cámara 100 de combustión-receptora híbrida está orientado de tal manera que la abertura 130 se dirige hacia la fuente solar y por lo tanto la porción de la sección 194 lateral que incorpora la abertura constituye el extremo delantero de la cámara de combustión-receptora híbrida.

En los modos de realización que han sido descritos e ilustrados, el absorbedor de energía térmica está configurado como un intercambiador de calor de fluido de transferencia térmica. Son posibles otras disposiciones, tal y como se remarca más abajo.

15 Una de dichas disposiciones indica la aplicación de la cámara de combustión-receptora híbrida para una gasificación solar híbrida, tal y como se ha indicado ya anteriormente. En dicha disposición, el intercambiador de calor que comprende el fluido intercambiador de calor en los tubos 192 sería reemplazado por un absorbedor de energía térmica que tiene una provisión para vapor y partículas carbonosas pulverizadas. Para lograr esto se requerirán materiales de alta temperatura para el absorbedor de energía térmica, tal como carburo de silicio, para permitir que se alcancen las temperaturas de gasificación.

20 Un quinto modo de realización de la invención está dirigido a dicha disposición. El quinto modo de realización no es mostrado ya que es esencialmente el mismo que el primer modo de realización, excepto en que el medio de transferencia térmica comprende reactivos de gasificación, típicamente que son una mezcla de vapor y de partículas carbonosas, pero algunas veces también que incluyen un gas portador adicional y/o un oxidante. En otras palabras, el absorbedor de energía térmica comprende tubos dentro de los cuales se calientan los reactivos de gasificación. Con esta disposición, la cámara de combustión-receptora híbrida está configurada como un reactor. Materias primas carbonosas de origen o bien fósil o de biomasa pueden calentarse en la presencia de agua a alta temperatura para generar "gas sintético" que es una mezcla de CO y H<sub>2</sub>. La materia prima se puede transportar a través de un reactor como partículas, transportadas o bien mediante un reactivo gaseoso, tal como el vapor, o mediante un producto gaseoso, tal como el "gas sintético" o mediante un gas inerte, tal como nitrógeno. El uso de un oxidante también puede incorporarse para lograr alguna gasificación autotérmica para complementar la energía solar.

Dicho reactor también puede estar configurado como un reactor de bucle químico para calentar, por ejemplo, una sustancia química Red-Ox.

35 La cámara 100 de combustión-receptora híbrida de acuerdo con cada uno de los modos de realización descritos anteriormente es diseñada para ser montada en el punto focal de cualquier concentrador solar con un punto de enfoque. Las dos porciones de tecnología para concentración solar más adecuadas a esta tarea son la configuración de torre de potencia solar que emplea un campo de helióstatos de espejos tal y como se describió anteriormente con referencia a la figura 1, o el estilo de plato parabólico de concentrador tal y como se describió anteriormente con referencia la figura 2. La disposición de montaje para albergar la cámara 100 de combustión-receptora híbrida en el punto focal de la torre 90 de energía es ilustrada en la figura 1, mientras que la utilizada para montar la en un plato parabólico es ilustrado en la figura 2. La ventaja de la torre de potencia es que permite el uso de receptores individuales mucho más grandes, lo cual resulta en unas pérdidas térmicas inferiores y unas economías de escala mayor es para la cámara 100 de combustión-receptora híbrida. La ventaja potencial del diseño de plato es que la producción en masa de los platos o de ser ventajosa para algunas aplicaciones.

45 La figura 1 también muestra el sistema para el caso en el cual un fluido de transferencia térmica se hace circular a través de la cámara 100 de combustión-receptora híbrida y se utiliza para generar vapor a través de un sistema de generación de energía eléctrica, tal como se utiliza para sistemas de torre de potencia sólo solares. El fluido de transferencia térmica puede ser un aceite térmico, una sal fundida o se puede utilizar cualquier otro fluido térmico adecuado. De forma alternativa, el fluido de transferencia térmica puede constituir un fluido de trabajo en forma de agua para la conversión en vapor, un sistema que es denominado generación de vapor directa. La figura 1 también muestra el caso para el cual se proporciona algún almacenamiento térmico con el sistema. Esto puede ser ventajoso para algunas aplicaciones, pero no es un componente necesario del sistema, de manera que es sólo ilustrativo.

50 La cámara 100 de combustión-receptora híbrida de acuerdo con la invención es robusta, debido a que utiliza un sellado fluido y por lo tanto evita la necesidad de una ventana como la conocida en la técnica anterior para sellar físicamente la abertura durante el funcionamiento que utiliza el proceso de combustión en conjunción con la radiación solar. Las ventanas son necesariamente vulnerables, especialmente a gran escala. Al mismo tiempo, esta configuración permite que se asuma la gasificación alta presión, debido a que los tubos son capaces de soportar una presión mucho más grande que las ventanas.

- La cámara 100 de combustión-receptora híbrida de acuerdo con la invención evita la necesidad de oxígeno en el proceso de gasificación, incluso durante el modo de combustión, dado que los reactivos de gasificación son calentados de forma indirecta y por lo tanto no mezclados con los productos de combustión. Por tanto, la invención evita la necesidad de una unidad de separación de aire, que es cara tanto en costes de funcionamiento como de inversión.
- 5 Esto proporciona un producto de mayor grado que el que es posible con una gasificación autotérmica convencional.
- De lo anterior, es evidente que la presente invención proporciona una disposición altamente efectiva para el sellado de la abertura durante el funcionamiento de la cámara de combustión-receptora híbrida que utiliza el proceso de combustión en conjunción con la radiación solar.
- 10 El sellado fluídico no necesita necesariamente eliminar toda la entrada de aire ambiente en la cámara o la salida de productos de combustión de la cámara, sino que sólo necesita limitarlos de forma suficiente para mantener una eficiencia apropiada de la cámara de combustión-receptora híbrida. La entrada de aire frío reducirá la eficiencia descendiendo la temperatura de llama, debido a la sustitución parcial del aire de combustión caliente con aire ambiente frío, y la descenderá también por la pérdida de gases calientes desde la cámara. Sin embargo, si está pérdida de suficientemente pequeña, el efecto del rendimiento es posiblemente también pequeño.
- 15 El sellado fluídico evita la necesidad de una ventana para sellar físicamente la abertura durante el funcionamiento utilizando el proceso de combustión en conjunción con la radiación solar, tal y como se describió anteriormente.
- La ausencia de una ventana para sellar físicamente la abertura 130 durante el funcionamiento utilizando el proceso de combustión en conjunción con la radiación solar es particularmente ventajosa, ya que no solo proporciona una construcción más robusta de la cámara 100 de combustión-receptora híbrida, sino que también conduce a una construcción más compacta, y eficiente en el espacio ya que no hay necesidad de adaptarse a una construcción de ventana intrusiva. Una disposición compacta y eficiente en el espacio es ventajosa, en particular para aplicaciones en las que la cámara de combustión-receptora híbrida se requiere que se monte en una condición elevada, tal como en una torre tal y como se representa de forma esquemática en la figura 1, en donde el tamaño y el peso puede tener un impacto significativo en el coste.
- 20 Además, el sellado fluídico permite a la cámara 100 de combustión-receptora híbrida hacerse funcionar de forma continua durante periodos de tiempo extendidos y también ser capaz de mitigar el impacto térmico que surge de variaciones rápidas en la intensidad de la radiación solar disponible.
- Es una característica particular de los modos de realización descritos e ilustrados que el calor de la combustión dentro de la cavidad 125 sea transferido a las mismas partes del absorbedor 190 de energía térmica a medida que el calor de la radiación solar entra en la cavidad. Tal y como se expuso anteriormente esto es particularmente ventajoso ya que facilita la mitigación del impacto térmico que surge de variaciones rápidas en la intensidad de radiación solar disponible. En particular, facilita la compensación de variaciones en la intensidad de radiación solar disponible a través de variaciones en la intensidad del proceso de combustión. En casos en los que la radiación solar es abundante, la cámara 100 de combustión-receptora híbrida se puede hacer funcionar utilizando sólo la energía térmica recibida de la radiación solar concentrada. En los casos en los que la radiación solar no está disponible (tal como en un periodo nocturno), la cámara de combustión-receptora híbrida puede hacerse funcionar utilizando solo la energía térmica de la combustión dentro de la cámara. En otros ejemplos, se puede utilizar tanto la energía térmica de la radiación solar como la energía térmica de la combustión dentro de la cámara con la energía térmica en la cámara siendo controlable para gestionar la salida térmica y las cargas de impacto térmico. En particular, la energía térmica en la zona es controlada de manera que se reducen las cargas de impacto térmico que podrían de otro modo asociarse con cambios rápidos en la radiación solar.
- 30 El control de la energía térmica en la cámara se puede lograr a través de un control selectivo de la intensidad de la llama y/o un control selectivo de la intensidad de la radiación solar entre la cámara a través de la abertura.
- 45 Debería apreciarse que el alcance de la invención no está limitado al alcance de los diversos modos de realización descritos.
- La referencia a descripciones deposición, tales como “superior”, “inferior”, “en la parte superior” y “en la parte inferior” se han de tomar en el contexto de los modos de realización representados en los dibujos, y no se ha de tomar como limitativo de la invención a la interpretación literal del término sino más bien a cómo debería entenderse por el experto destinatario.
- 50 Adicionalmente, donde se utilizan los términos “sistema”, “dispositivo” y “aparato” en el contexto de la invención, se debe entender como que incluyen referencias a cualquier grupo de componentes o elementos relacionados o que interactúan, interrelacionados, dependientes o asociados que pueden estar ubicados en las proximidades, separados de, integrados con, o discretos unos de otros.
- A lo largo de toda esta memoria descriptiva, a menos que el contexto requiera lo contrario, la palabra “comprende” o variaciones tales como “comprende” o “que comprende” se entenderá que implica la inclusión del entero o grupo de enteros pero no la exclusión de cualquier otro grupo de enteros.
- 55

**REIVINDICACIONES**

1. Una cámara de combustión-receptora híbrida para capturar energía térmica de una fuente solar y de una fuente de combustible, la cámara de combustión-receptora híbrida que comprende:
  - 5 una cámara (125) que se puede hacer funcionar como una zona (126) de combustión para la producción de energía térmica a través del proceso de combustión utilizando la fuente de combustible; caracterizada porque:
    - la cámara (125) tiene una abertura (130) sin ventana a través de la cual se puede recibir energía solar concentrada; y
    - un sistema (135) de sellado fluídico asociado con la abertura (130) sin ventana, el sistema (135) de sellado fluídico que se puede hacer funcionar para establecer un sellado fluídico para restringir el flujo de fluido a través de la abertura (130) sin ventana durante el proceso de combustión.
- 10 2. La cámara de combustión-receptora híbrida de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el sellado fluídico comprende un gas de escape del proceso de combustión.
3. La cámara de combustión-receptora híbrida de la reivindicación 2, en donde el sellado fluídico comprende una cortina de gas de escape.
- 15 4. La cámara de combustión-receptora híbrida de acuerdo con las reivindicaciones 2 o 3, que además comprende una trayectoria de gas de escape para transportar gas de escape desde el proceso de combustión para establecer el sellado fluídico, en donde el sistema de sellado fluídico comprende la trayectoria de gas de escape.
5. La cámara de combustión-receptora híbrida de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además comprende un absorbedor (190) de energía térmica para recibir energía térmica de la radiación solar concentrada y también recibir energía térmica de la combustión dentro de la cámara (125).
- 20 6. La cámara de combustión-receptora híbrida de acuerdo con la reivindicación 5, en donde el absorbedor (190) de energía térmica comprende un medio de transferencia de energía térmica.
7. La cámara de combustión-receptora híbrida de acuerdo con la reivindicación 6, en donde el absorbedor (190) de energía térmica además comprende un intercambiador de calor asociado con la cámara (125) para recibir energía térmica de la radiación solar concentrada y también para recibir energía térmica de la combustión dentro de la cámara (125) y transferir el calor recibido al medio absorbedor de energía térmica.
- 25 8. La cámara de combustión-receptora híbrida de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, en donde el medio de transferencia de energía térmica comprende un fluido de transferencia térmica.
9. La cámara de combustión-receptora híbrida de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, en donde el medio de transferencia de energía térmica comprende un fluido de trabajo.
- 30 10. La cámara de combustión-receptora híbrida de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 9, en donde el absorbedor (190) de energía térmica se enfrenta a la cámara (125), por lo que la cámara (125) proporciona una zona común con respecto al absorbedor (190) de energía térmica para recibir una radiación solar concentrada y para la producción de energía térmica a través de un proceso de combustión.
- 35 11. La cámara de combustión-receptora híbrida de acuerdo con la reivindicación 10, en donde el absorbedor (190) de energía térmica está dispuesto sustancialmente alrededor de la periferia de la cámara (125).
12. La cámara de combustión-receptora híbrida de acuerdo con la reivindicación 11, en donde el absorbedor (190) de energía térmica y la abertura (130) cooperan para definir el límite de la cámara.
13. La cámara de combustión-receptora híbrida de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 12, que además comprende un quemador (180) para la combustión de una corriente oxidante y una corriente de combustible, el quemador (180) que está en comunicación fluida con la cámara (125) para dirigir una llama en la cámara, la llama que crea el gas de escape.
- 40 14. La cámara de combustión-receptora híbrida de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores en donde la energía térmica en la cámara (125) es controlable.
- 45 15. La cámara de combustión-receptora híbrida de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores que se puede hacer funcionar para utilizar la energía térmica capturada para calentar el fluido de transferencia térmica, la cámara de combustión-receptora híbrida que además comprende un intercambiador (190) de calor asociado con la cámara (125) para recibir energía térmica de la radiación solar concentrada y también recibir energía térmica de la combustión dentro de la zona térmica.

16. La cámara de combustión-receptora híbrida de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, que se puede hacer funcionar para utilizar la energía térmica capturada para calentar el fluido de transmisión térmica, la cámara de combustión-receptora híbrida que además comprende:
- 5 un recipiente (110) que se puede utilizar tanto como un horno de combustión como un receptor solar, el recipiente (110) que incluye una carcasa (120) que define una cavidad que proporciona dicha cámara (125);
- un quemador (180) para la combustión de una corriente oxidante y una corriente de combustible, el quemador (180) en comunicación fluida con la cavidad (125) para dirigir una llama dentro de la cavidad (125), en donde la llama crea un gas de escape; y
- 10 un intercambiador (190) de calor para calentar el fluido de transferencia térmica, el intercambiador (190) de calor que está dentro de la cavidad (125),
- por lo que en uso el fluido de transferencia térmica recibe la energía térmica de la radiación solar concentrada y del quemador en relaciones que varían de 0:1 a 1:0 y la energía térmica es controlable de manera que reduce las cargas de impacto térmico que podrían de otro modo estar asociadas con cambios rápidos en la radiación solar.
- 15 17. La cámara de combustión-receptora híbrida de acuerdo con la reivindicación 16, en donde el sellado fluídico comprende un gas de escape del horno de combustión.
18. La cámara de combustión-receptora híbrida de acuerdo con la reivindicación 17, que además comprende una trayectoria de escape para el gas de escape, la trayectoria de gas de escape dispuesta para intercambiar calor desde el recipiente (110) a una corriente de aire suministrada al quemador y después expulsada a través de la abertura (130) de manera que forma el sellado fluídico.
- 20 19. Un método de funcionamiento de la cámara de combustión-receptora híbrida de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, en donde la energía térmica en la cámara (125) es controlada para gestionar la salida térmica y las cargas de impacto térmico.
20. Un sistema para la generación de energía eléctrica que comprende una cámara de combustión-receptora híbrida de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18.
- 25 21. Un método de generación de energía eléctrica que utiliza una cámara de combustión-receptora híbrida de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18.
- 22 Un método de generación de energía eléctrica de acuerdo con la reivindicación 21 donde la cámara de combustión-receptora híbrida está configurada para hacerse funcionar basándose en al menos una de, una fuente solar y un combustible de fuente de combustible en respuesta a la disponibilidad de energía solar de la fuente solar, y en donde
- 30 el método además comprende controlar el funcionamiento de la cámara de combustión-receptora híbrida y además comprende establecer un sellado fluídico asociado con la abertura durante el proceso de combustión para minimizar las pérdidas convectivas a través de la abertura, el sellado fluídico que se puede hacer funcionar para restringir el flujo de fluido a través de la abertura.
- 35 23. Un método de acuerdo con la reivindicación 19, en donde la cámara de combustión-híbrida está configurada para hacerse funcionar basándose en una fuente solar o en una fuente de combustible en respuesta a la disponibilidad de energía solar de la fuente solar, en donde el método además comprende producir de forma selectiva energía térmica en la cámara (125) utilizando una de (a) la fuente solar y la fuente de combustible en combinación, (b) solo la fuente solar, y (c) solo la fuente de combustible.

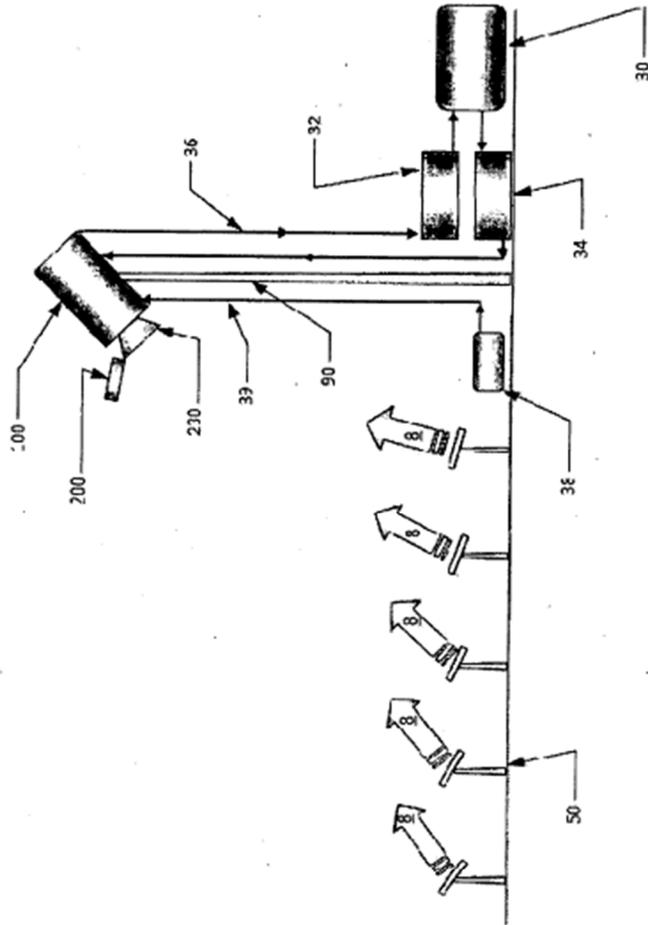
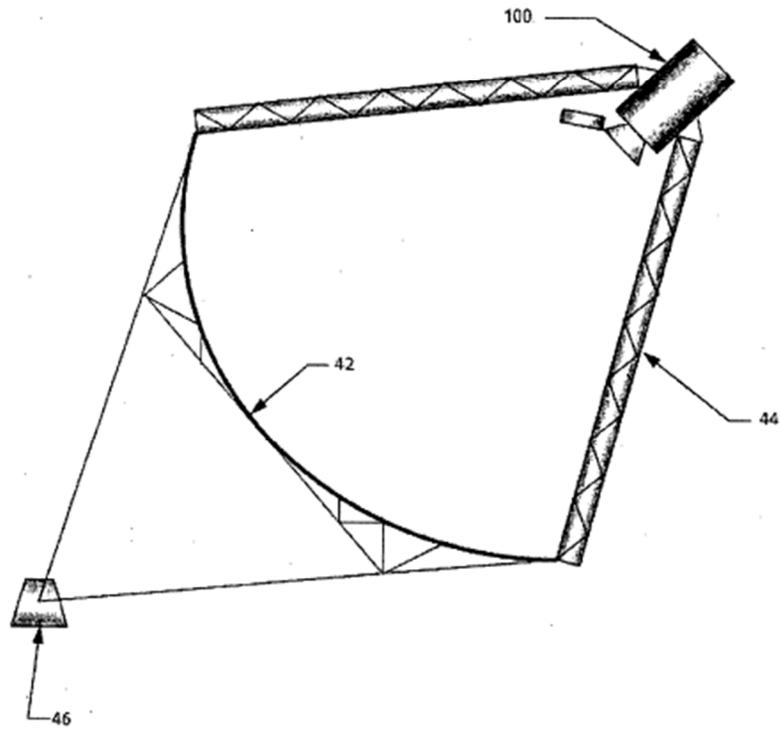


Figura 1



**Figura 2**

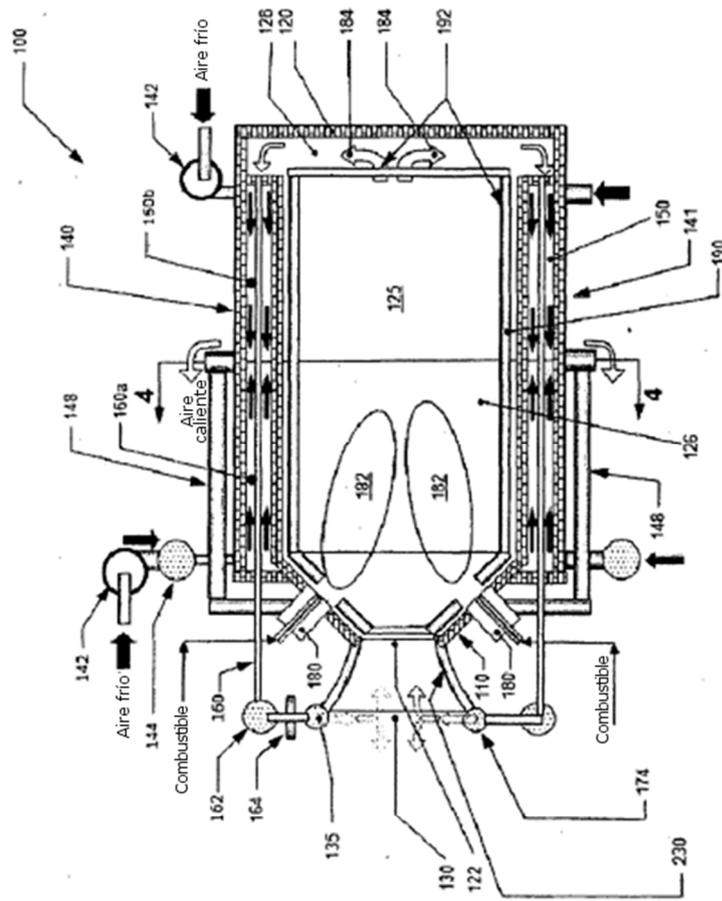
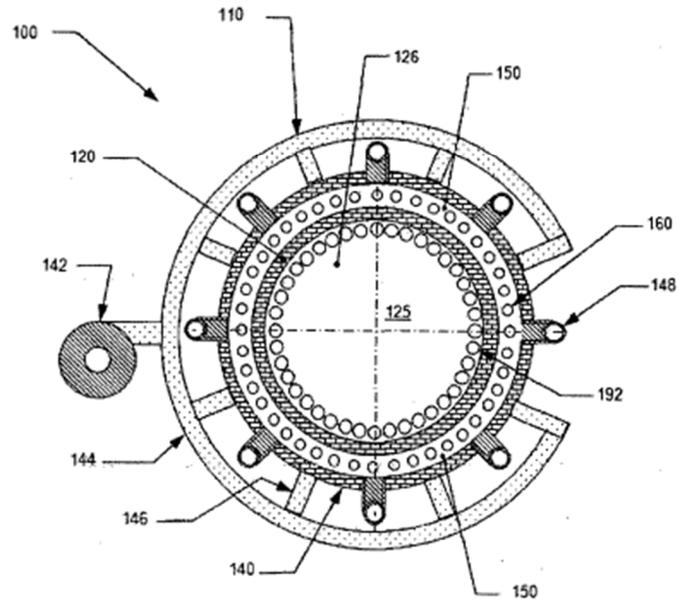
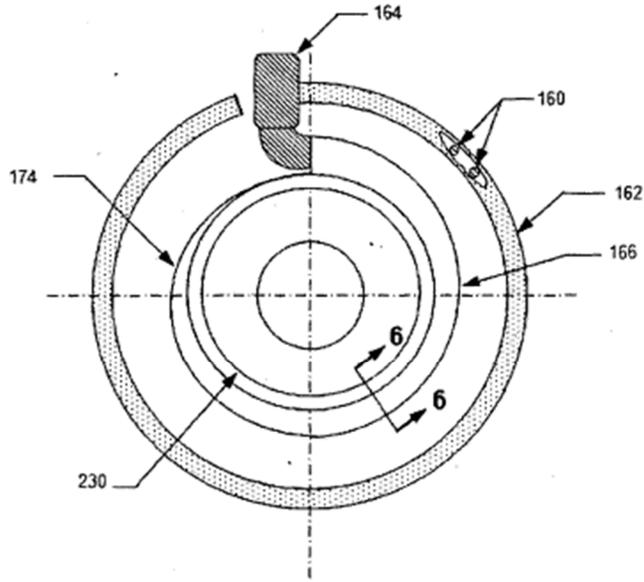


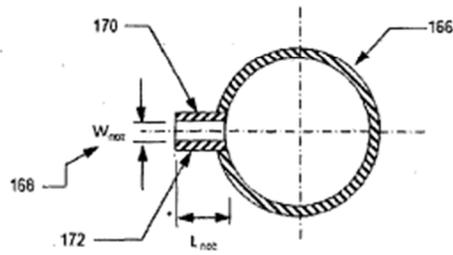
Figura 3



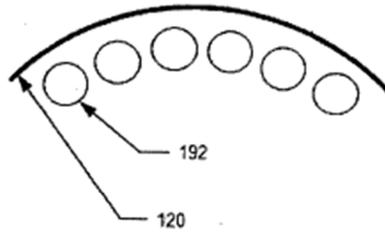
**Figura 4**



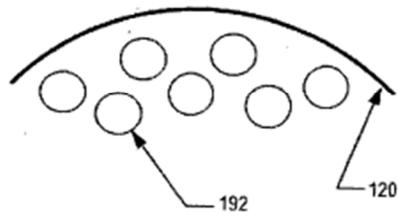
**Figura 5**



**Figura 6**



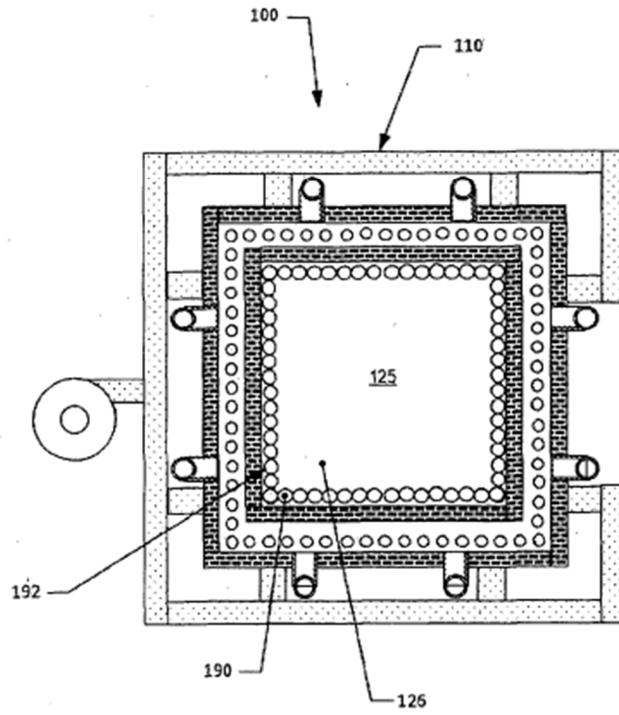
**Figura 7**



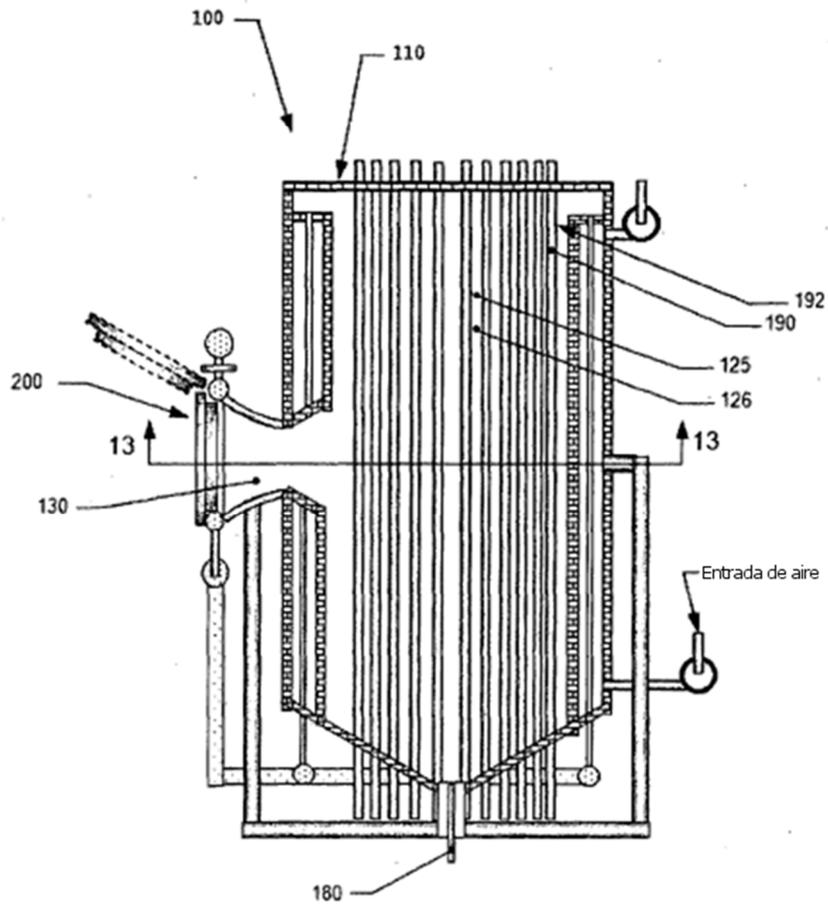
**Figura 8**



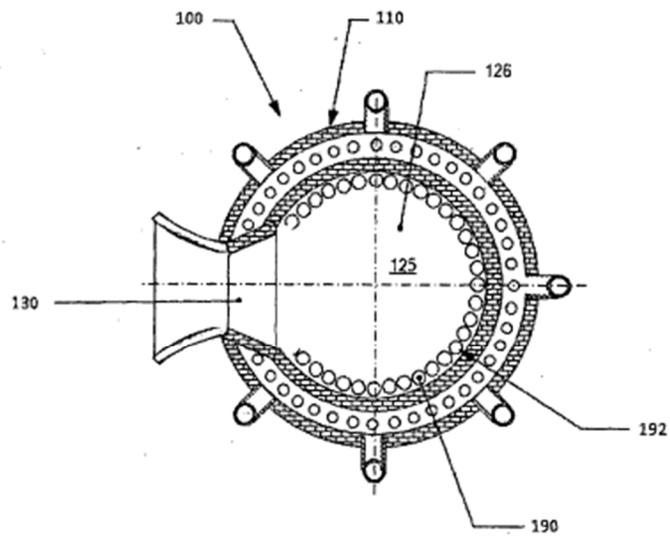




**Figura 11**



**Figura 12**



**Figura 13**