

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 568 641**

51 Int. Cl.:

F23L 7/00 (2006.01)

F23C 9/00 (2006.01)

F23J 15/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.09.2009 E 09792984 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.04.2016 EP 2329192**

54 Título: **Funcionamiento transitorio de un sistema de combustión oxígeno/combustible**

30 Prioridad:

26.09.2008 US 238713

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

03.05.2016

73 Titular/es:

**AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC. (100.0%)
7201 Hamilton Boulevard
Allentown, PA 18195-1501, US**

72 Inventor/es:

**KLOOSTERMAN, JEFFREY, WILLIAM y
WHITE, VINCENT**

74 Agente/Representante:

DURÁN MOYA, Luis Alfonso

ES 2 568 641 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

Funcionamiento transitorio de un sistema de combustión oxígeno/combustible

5 **SECTOR DE LA INVENCION**

La presente invención está dirigida a la captación de CO₂ en un sistema de combustión de oxígeno/carbón. En particular, la presente invención está dirigida a aumentar o mantener un nivel de CO₂ durante el arranque, parada y/o eventos de desconexión de un sistema de combustión oxígeno/carbón en un nivel predeterminado o por encima del mismo.

10 **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

15 Un sistema de combustión de oxígeno/carbón conocido comprende un horno (o sección radiante) construido y dispuesto para recibir un combustible y un oxidante para formar un fluido de combustión, una sección convectiva construida y dispuesta para recibir el fluido de combustión, y uno o varios cambiadores de calor construidos y dispuestos para transferir calor desde el fluido de combustión a un medio de intercambio calorífico. En funcionamiento continuado, el sistema de combustión conocido de oxígeno/carbón extrae energía al controlar el calor del medio de intercambio calorífico.

20 El sistema de combustión conocido oxígeno/carbón puede ser sometido a condiciones de arranque, a título ejemplo solamente, después de su construcción, después de su parada para mantenimiento, o como consecuencia de un evento de desconexión. El sistema de combustión conocido puede estar sometido a condiciones de parada, solamente a título de ejemplo, antes del mantenimiento previsto, como respuesta a un evento de desconexión, como respuesta a una disponibilidad reducida de combustible, o como respuesta a limitaciones operativas. El sistema de combustión conocido puede estar sometido a un evento de desconexión, solamente a título de ejemplo, con ocasión de problemas operativos tales como eventos de desconexión de la turbina, como respuesta a eventos de desconexión del tiro forzado o inducido del ventilador, como respuesta a cuestiones de la instalación, como respuesta a una pérdida de condiciones de la llama, o como respuesta a la sobrepresión de una o varias secciones del sistema de combustión.

Como es bien conocido en la técnica, la combustión de combustibles carbonosos tiene como resultado la producción de CO₂. La emisión de CO₂ tiene lugar en funcionamiento estable, arranque, parada, y eventos de desconexión.

35 Existen varias tecnologías conocidas para la captación de CO₂. Estas tecnologías conocidas se centran en postcombustión y/o precombustión de captación de CO₂. Por ejemplo, para bajas concentraciones o bajas presiones parciales, se pueden utilizar disolventes químicos para lavar los gases de salida de la combustión. La utilización de disolventes químicos tiene como resultado una pérdida de energía para regenerar el disolvente poco concentrado para obtener elevados niveles de captación de CO₂. De manera alternativa, se puede captar CO₂ antes de la combustión utilizando absorbentes físicos de un ciclo combinado de gasificación integrado según un diseño de instalación IGCC. Este diseño requiere oxígeno a elevada presión y con elevada pureza y genera hidrógeno gaseoso que es quemado a continuación en una turbina de gas para producir potencia. Niveles elevados de CO₂ sustancialmente puro requieren diseños no estándar para el sistema de disolvente físico. Una tercera opción consiste en utilizar oxígeno de pureza menor y a una presión más reducida como oxidante para la combustión en un dispositivo estándar de caldera de combustión de una central de potencia. Los gases de salida de la combustión procedentes de la opción que utiliza oxígeno en la combustión son sometidos a eliminación de nitrógeno incrementando por lo tanto la presión parcial de CO₂. El gas puede ser refrigerado a continuación, sometido a condensación del agua, y purificado para producir un producto de CO₂.

50 En los sistemas conocidos de combustión por oxígeno/combustible, durante la operación de arranque, parada, y eventos de desconexión, no se puede captar adecuadamente CO₂ purificando el mismo dado que los niveles de CO₂ permanecen más bajos que el nivel predeterminado durante un período más largo de lo deseado.

55 El documento FR 2 872 566 A1 está dirigido a un procedimiento para la producción de energía a partir de combustibles fósiles con captación de dióxido de carbono. En particular, se da a conocer un procedimiento de combustión con captación de dióxido de carbono, en el que se llevan a cabo como mínimo las siguientes etapas: a) una corriente rica en oxígeno es mezclada con un flujo de alto contenido de dióxido de carbono, b) introducir una mezcla de combustible en una cámara de combustión, c) mantener la presión interna de la cámara de combustión en un valor por encima de la presión atmosférica, d) tratar el gas de salida de combustión por refrigeración para condensar el agua y compuestos de azufre, y e) licuar por lo menos una parte de los humos tratados obtenidos en la etapa d) por compresión y refrigeración.

60 Por lo tanto, existe una necesidad no satisfecha de proporcionar un procedimiento, sistema, y aparato que mejore la captación de CO₂ al incrementar y/o mantener el nivel de CO₂ en los sistemas de combustión de oxígeno/combustible durante el arranque, parada, y/o eventos trip.

65

CARACTERÍSTICAS DE LA INVENCION

La presente invención da a conocer la mejora de la captación de CO₂ de una combustión oxígeno/combustible al incrementar y/o mantener un nivel de CO₂ en sistemas de combustión durante el arranque, parada, y/o eventos de desconexión.

De acuerdo con la invención, se prevé un procedimiento para la combustión de oxígeno/combustible de acuerdo con la reivindicación 1.

De acuerdo con un ejemplo que no forma parte de la invención, un sistema de oxígeno/combustible incluye un horno construido y dispuesto para recibir y efectuar la combustión de un combustible para formar un fluido de combustión, una sección convectiva construida para recibir el fluido combustible procedente del horno, uno o varios cambiadores de calor en la sección convectiva construidos y dispuestos para transferir calor del fluido de combustión a un medio de intercambio calorífico, y una unidad de purificación de CO₂ construida y dispuesta para purificar CO₂ por encima de un nivel predeterminado de CO₂. En la realización, el horno está construido para hacer circular un fluido cebador antes de la activación de, como mínimo, un quemador, siendo seleccionado el fluido cebador de un grupo que consiste en O₂ sustancialmente puro, CO₂ sustancialmente puro, y combinaciones de los mismos. El fluido de combustión incluye CO₂, en el que el nivel de CO₂ aumenta en función del tiempo. El sistema está construido y dispuesto para continuar produciendo fluido de combustión por encima del nivel predeterminado de CO₂ en el fluido de combustión, para un determinado período de tiempo, siendo el nivel predeterminado suficiente para permitir que el CO₂ sea purificado mediante una unidad de purificación de CO₂.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, se da a conocer un procedimiento de funcionamiento de una combustión oxígeno/combustible de acuerdo con la reivindicación 6.

Una ventaja de la presente invención consiste en el incremento del nivel de CO₂ en un sistema de combustión durante el arranque permitiendo por lo tanto la captación y/o purificación de CO₂.

Otra ventaja de la presente invención consiste en la captación de más CO₂, resultando por lo tanto en menores emisiones de CO₂ del CO₂ no captado.

Otra ventaja de la presente invención consiste en la captación y/o purificación de CO₂ durante el arranque, parada, y eventos trip.

Una ventaja de la presente invención consiste en mantener el nivel de CO₂ por encima de un nivel predeterminado en un sistema de combustión durante la parada y eventos trip.

Otra ventaja adicional de la presente invención consiste en mantener los niveles de CO₂ por encima de un nivel predeterminado durante los eventos trip.

Otra ventaja adicional de la presente invención consiste en un diseño más sencillo de la instalación que quema oxígeno/combustible no requiriendo instalación y conductos de manipulación de aire.

Otros aspectos del procedimiento y sistema se darán a conocer en esta descripción. Las características que se han explicado en lo anterior, así como otras características y ventajas de la presente invención se apreciarán y se comprenderán por los técnicos en la materia a partir de la siguiente descripción detallada y dibujos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 muestra una vista esquemática de un sistema de combustión.

La figura 2 muestra una vista esquemática del sistema de combustión.

La figura 3 muestra una representación esquemática de un procedimiento para conseguir el estado deseado en un sistema de combustión.

La figura 4 muestra una representación esquemática de un procedimiento para conseguir un estado deseado en un sistema de combustión.

La figura 5 muestra una representación esquemática de un procedimiento para conseguir un estado deseado en un sistema de combustión, que no forma parte de la invención.

La figura 6 muestra una representación esquemática de un procedimiento para mantener el nivel de CO₂ durante la parada y/o eventos trip.

La figura 7 muestra gráficamente la relación entre el nivel de CO₂ en los gases de salida de combustión y el tiempo

de acuerdo con una realización a título de ejemplo de la invención.

La figura 8 muestra gráficamente la relación entre el nivel de CO₂ en los gases de salida de combustión y el tiempo de acuerdo con una realización a título de ejemplo de la invención.

La figura 9 muestra gráficamente la relación entre el nivel de CO₂ en los gases de salida de combustión y el tiempo de acuerdo con una realización a título de ejemplo de la invención.

La figura 10 muestra gráficamente la relación entre el nivel de CO₂ en los gases de salida de combustión y el tiempo de acuerdo con una realización a título de ejemplo de la invención.

La figura 11 muestra gráficamente la relación entre el nivel de CO₂ en los gases de salida de combustión y el tiempo de acuerdo con una realización a título de ejemplo de la invención.

Siempre que sea posible, se utilizarán los mismos numerales de referencia en los dibujos para representar iguales partes.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

La presente invención se describirá a continuación de manera más completa con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se ha mostrado una realización preferente de la invención. No obstante, la invención puede ser realizada en muchas formas distintas y no se debe considerar limitada a las realizaciones que se explican; sino que, estas realizaciones se facilitan de manera que la descripción sea integral y completa y transmita por completo el ámbito de la invención a los técnicos en la materia.

Tal como se utiliza en esta descripción, el término "combustible sólido" se refiere a cualquier combustible sólido adecuado para la combustión. Por ejemplo, la invención puede ser utilizada con muchos tipos de combustibles sólidos, incluyendo sin que ello sea limitativo: carbones de antracita, bituminosos, subbituminosos, y lignitos; alquitrán; bitumen; coque de petróleo: sólidos de residuos de fabricas de papel y sólidos de residuos de sistemas sanitarios; madera; turba; vegetales; y combinaciones y mezclas de todos estos combustibles. Tal como se utiliza en esta descripción, el término "oxígeno" se refiere a un oxidante con una concentración de O₂ mayor que el medio ambiente o las condiciones atmosféricas. Tal como se utiliza en esta descripción, el término "fluido de combustión" se refiere a un fluido resultante de la combustión de combustibles, que puede ser utilizado para transferencia convectiva de calor. Este término comprende, como mínimo, algunos productos de combustión y puede incluir además fluidos mezclados con fluidos de combustión y que se desplazan a través de cómo mínimo una parte del sistema de combustión.

La figura 1 muestra una ilustración esquemática de un sistema de combustión -102- de acuerdo con la presente invención. De manera específica, la figura 1 muestra un sistema de combustión -102- como instalación de carbón que quema oxígeno. Haciendo referencia a la figura 1, el sistema de combustión -102- comprende un horno -104- y una sección convectiva -106-. El horno -104- recibe y quema carbón pulverizado con oxígeno para generar calor y un gas de salida de combustión o gas de chimenea correspondiente. Si bien la invención ha sido descrita con respecto a carbón pulverizado, se pueden utilizar otros combustibles sólidos. El fluido de combustión del horno -104- proporciona calor adicional a la sección de convección o sección convectiva -106-. La sección convectiva -106- incluye una pluralidad de cambiadores de calor que eliminan el calor del fluido de combustión formado en el horno -104- (ver también figura 2). El calor es utilizado para producir y sobrecalentar vapor para su utilización en generadores u otras fuentes de carga de vapor. Dentro de la sección convectiva -106-, tal como se entiende en esta técnica, el sobrecalentamiento primario y el recalentamiento pueden ser seguidos por un economizador para precalentamiento final del agua de alimentación a la caldera. Es deseable que exista suficiente flujo másico dentro del fluido de combustión para proporcionar una transferencia de calor apropiada, tanto con radiación como convección. Además, la distribución de la temperatura dentro del fluido de combustión puede adaptarse al área superficial de transferencia de calor, diseñada para permitir una utilización completa del área superficial y un calentamiento adecuado dentro del circuito de generación de vapor.

En contraste con los sistemas de carbón alimentados con aire, los sistemas de carbón alimentados con oxígeno pueden proporcionar una temperatura más elevada en el horno -104- y un flujo másico más reducido para el fluido de combustión. Se pueden utilizar cantidades controladas de gases de combustión reciclados para ayudar a proporcionar las características deseadas de la llama y/o temperatura. Si bien no se requiere para flujo másico, los gases quemados reciclados pueden ser utilizados para incrementar el flujo másico del fluido de combustión para proporcionar una transferencia de calor incrementada en la sección de convección -106-.

El sistema que se ha mostrado en la figura 1, comprende además un precipitador electroestático -110- configurado para permitir que el fluido de combustión, al salir de un precalentador de gas de soporte -112-, para ser sometido a eliminación de polvo, seguido de una unidad de desulfurización -114- opcional de gases quemados, en la que se elimina SO₂. En ciertas realizaciones de la presente invención, el fluido de combustión que sale de la unidad -114- de desulfurización de los gases quemados es reciclado como gases quemados hacia el horno -104-. Los gases

quemados reciclados, pueden ser utilizados para ayudar a proporcionar las características deseadas de la llama y/o temperatura. Si bien no se requiere para flujo másico, los gases quemados reciclados pueden ser utilizados para aumentar el flujo máximo del fluido de combustión para proporcionar una transferencia incrementada de calor en la sección de convección -106-. El resto del fluido de combustión que sale de la unidad de desulfurización -114- es enviado a la unidad de purificación de CO₂ -128-. La unidad de purificación de CO₂ -128- puede utilizar cualquier procedimiento de purificación/compresión de CO₂ compatible con sistemas de combustión oxígeno/combustible y puede incluir equipos conocidos, convencionalmente disponibles de purificación/compresión de CO₂. Se dan a conocer ejemplos de equipos de purificación/compresión de CO₂ en la solicitud de patente U.S. 2008/0176174, presentada en 23 de enero de 2007 y la solicitud de patente U.S. 2008/0173585, presentada en 23 de enero de 2007.

Dado que se utiliza combustión oxígeno/combustible en este sistema, el nitrógeno de los gases quemados se reduce o se elimina, en contraste con los sistemas de combustión alimentados con aire. Por lo tanto, la mayor parte o la totalidad del hidrógeno se elimina del sistema, resultando en que el fluido de la combustión tiene un elevado nivel de CO₂. Este enriquecimiento de CO₂ permite una capacidad más fácil de CO₂ para purificación y compresión después del proceso mediante la unidad de purificación de CO₂ -128- que produce un producto de CO₂ -129-. Tal como se describirá adicionalmente en la solicitud de patente U.S. 2008/0176174 y en la solicitud de patente U.S. 2008/0173585, el producto de CO₂ -129- puede ser utilizado para varias finalidades.

El sistema de combustión -102- puede permitir también que el fluido de combustión procedente de la unidad de desulfurización -114-, salga del sistema -102- a través de una chimenea -116- hacia la atmósfera. Tal como se ha mostrado en la figura 1, los gases de combustión reciclados para reciclar al horno -104-, pueden ser suministrados por un ventilador de tiro forzado -118- y precalentados por un precalentador de gas de soporte -112-. Un primer ventilador de gas de soporte -120- utiliza una parte de los gases de combustión reciclados y actúa como portador de combustible desde un pulverizador de combustible -122-, alimentado por la fuente de combustible -126- a los quemadores -124-. Los gases de soporte (que pueden ser reciclado primario y/o reciclado secundario) se encuentran preferentemente sustancialmente libres de nitrógeno y/o aire. La combustión del carbón tiene lugar en los quemadores -124- en los que, se puede suministrar también una corriente de gas de soporte secundario -130-. El flujo de gas de soporte secundario -130- es suministrado de manera similar por medio de un ventilador de tiro forzado -118- y es precalentado por un precalentador -112- de gas de soporte antes de ser suministrado a los quemadores de carbón -124-. Es deseable que el quemador -124- esté construido y dispuesto para proporcionar una velocidad ajustable para hacer máximas las condiciones durante la puesta en marcha. Esta capacidad de ajuste puede incluir el mantenimiento de la estabilidad de la combustión cuando se encuentra a la mitad o menos de la tasa de combustión máxima del quemador -124-. Un ejemplo de un quemador capaz de conseguir estas condiciones, será conocer en la patente U.S. No. 7.185.595, presentado el 30 de agosto de 2002.

El oxígeno puede ser utilizado como gas de soporte, de manera que el oxígeno es añadido a los gases quemados reciclados o sustituye los mismos. El oxígeno puede ser añadido procedente de cualquier fuente apropiada. Las fuentes de oxígeno adecuadas pueden comprender un sistema que incluye la separación criogénica del aire, para producir oxígeno (con diferentes purezas) y otros productos (de manera típica, nitrógeno y argón). El oxígeno procedente de la fuente de oxígeno puede adoptar forma gaseosa o líquida. De manera alternativa, el oxígeno puede ser generado con intermedio de un funcionamiento de presión oscilante/vacío oscilante sobre lechos absorbentes. Otros procedimientos, tales como sistemas basados en membranas, incluyendo membranas de transporte de iones, pueden producir también una corriente con oxígeno predominante. De manera similar, el oxígeno puede ser añadido en cualquier lugar adecuado del sistema -102- incluyendo el gas primario de soporte -132-, gas secundario de soporte -130-, quemador -124-, horno -104- o cualquier otro lugar que soporte la combustión del combustible sólido.

Tal como se ha mostrado en la figura 1, la corriente de gas de soporte secundario -130- puede ser suministrada al gas de soporte primario -132- en diferentes puntos. Esta mayor flexibilidad de la inyección del gas de soporte secundario -130- proporciona un medio para controlar la temperatura del gas primario y el gas reciclado independientemente y proporciona la capacidad de incluir una derivación o bypass del precalentador para el gas de soporte primario -132-. De manera adicional, en algunas realizaciones, el gas de soporte secundario -130- puede pasar separadamente a través del precalentador -112-.

La figura 2 incluye una disposición del sistema de combustión -102- sustancialmente idéntica a la disposición mostrada en la figura 1. En la figura 2, no obstante, después de terminar el desplazamiento por la sección de convección -106-, los gases quemados son sometidos a DeNO_x en una unidad selectiva de reducción catalítica -302- seguido de enfriamiento con el precalentador de gas de soporte -112- (por ejemplo, una unidad rotativa de tipo Lungstrom). En la realización, mostrada en la figura 1, la unidad de reducción catalítica selectiva -302- para DeNO_x, puede ser omitida por varias razones. Estas razones incluyen, sin que ello sea limitativo, la utilización de CO₂ u O₂ sustancialmente libres en nitrógeno en el sistema de combustión -102- reduciendo, por lo tanto, el NO_x y/o, dado que no se liberará NO_x a la atmósfera, el NO_x permanecerá con el CO₂ pasando a la unidad de purificación de CO₂ -128-.

El sistema de combustión -102- puede estar sometido a condiciones transitorias que se alejan del funcionamiento en estado permanente. Estas condiciones incluyen las condiciones de puesta en marcha, condiciones de parada y

eventos de desconexión (que incluyen puestas en marcha en caliente, en las que el sistema de combustión permanece a una temperatura situada por encima de la temperatura ambiente y es llevada en retorno finalmente al funcionamiento, en estado permanente). En cuanto a las operaciones en estado permanente, las condiciones transitorias resultan en emisión de CO₂. La tecnología, tal como la unidad -128- de purificación de CO₂, requiere que el nivel de CO₂ se encuentre por encima del nivel predeterminado a efectos de resultar en el producto de CO₂ -129-. El nivel predeterminado se basa en las exigencias de la unidad de purificación específica incluida en el sistema. Ciertas unidades de purificación requieren de un nivel más elevado de CO₂ que otras unidades. Por lo tanto, si bien se puede utilizar un nivel específico para los objetivos a título de ejemplo de esta invención, la invención está dirigida en parte al control del nivel de CO₂.

Tal como es bien conocido en la técnica, se pueden utilizar los llamados ignitores calentadores previos para llevar al sistema de combustión -102- a la temperatura deseada. De manera general, los ignitores son activados en los sistemas de combustión para calentar lentamente el sistema de combustión. Los ignitores son alimentados habitualmente con un combustible separado de soporte. Cuando el sistema de combustión alcanza una temperatura deseada que es suficiente para mantener la combustión del combustible primario, el combustible primario es introducido y tiene lugar la combustión (en la presente invención, un combustible sólido). Después de conseguir una combustión estable, los ignitores pueden ser desactivados.

Las figuras 3 y 4 muestran de manera esquemática realizaciones a título de ejemplo de la puesta en marcha de un sistema de combustión de acuerdo con la invención. Tal como se ha mencionado anteriormente, el procedimiento que se da a conocer, está destinado en parte a conseguir el nivel de determinado de CO₂, por ejemplo, durante la puesta en marcha, parada y condiciones transitorias. Tal como se ha mostrado en las figuras 3, 4, el procedimiento comprende la circulación de un gas de soporte antes de un quemador de activación de activación -124-, una pluralidad de quemadores o una agrupación de quemadores. Por ejemplo, el gas de soporte puede ser un fluido quemador suministrado externamente, tal como O₂ sustancialmente puro, CO₂ sustancialmente puro, O₂ sustancialmente puro mezclado con CO₂ sustancialmente puro, u otros fluidos que facilitan la captación de CO₂ y la purificación, tal como gases quemados reciclados incluyendo la carga inicial de aire en el sistema antes de empezar la combustión.

Al activar el quemador -124-, la pluralidad de quemadores, o la agrupación de quemadores de manera subsiguiente a la circulación del gas de soporte, la temperatura del sistema de combustión -102- aumenta de manera continuada. Los quemadores -124- y/o los ignitores pueden ser activados basándose en cálculos previos o basándose en informaciones reunidas mediante sensores, tales como sensores de temperatura (por ejemplo, termopares) incorporados en el conjunto del sistema de combustión -102-. Al activar o desactivar los calentadores previos ("igniters") en un proceso escalonado, el calentamiento o enfriamiento del sistema de combustión -102- a una temperatura deseada tiene lugar de forma gradual. El calentamiento o enfriamiento gradual del sistema de combustión -102- prolongará de vida útil de partes del sistema de combustión -102-. De forma adicional, al utilizar un fluido cebador suministrado exteriormente tal como CO₂ sustancialmente puro, O₂ sustancialmente puro, o combinaciones de los mismos como gas de soporte, el calentamiento o enfriamiento del sistema de combustión -102- tiene como resultado alcanzar el nivel predeterminado de CO₂ requerido para la captación y purificación de más CO₂ que permanece por encima del nivel predeterminado para la captación y purificación de más CO₂. Por ejemplo, tal como se ha mostrado en los ejemplos siguientes, si el nivel de fracción molar predeterminado del CO₂ es aproximadamente 0,5, de acuerdo con una realización, se puede conseguir aproximadamente a 0,7 del tiempo total para lograr las condiciones de combustión plena. Tal como se apreciará, el nivel predeterminado de CO₂ cambia basándose en las dimensiones del sistema de combustión -102- y/o del procedimiento operativo.

Haciendo referencia a la figura 3, una realización a título de ejemplo de la invención incluye la etapa de empezar la circulación de gas de soporte -402- antes de la etapa de activación de cómo mínimo un dispositivo de calentamiento previo ("igniter") -404-. Tal como se ha mostrado adicionalmente en la figura 3, la etapa de activar como mínimo un calentador previo -404- es seguida de la etapa de activación de cómo mínimo un quemador -406-. Opcionalmente, la etapa de activar como mínimo un dispositivo de calentamiento previo -404- y la etapa de activación de cómo mínimo un quemador -406- se puede repetir. Esta repetición es deseable para conseguir que el incremento de temperatura del sistema de combustión -102- sea una transición gradual a lo largo del tiempo; no obstante, no es deseable para dicha repetición el prolongar de manera innecesaria la duración del tiempo antes de conseguir las condiciones deseadas, las condiciones deseadas pueden incluir, sin que ello sea limitativo, conseguir combustión plena. La etapa final mostrada en la figura 3 comprende la etapa de conseguir las condiciones deseadas -408-.

Haciendo referencia a la figura 4, otra realización de la invención comprende la etapa de activar como mínimo un dispositivo de calentamiento previo o ignitor -404- antes de la etapa de empezar la circulación de gas de soporte -402-. En esta realización, la etapa de inicio de la circulación del gas de soporte -402- es seguida por la etapa de activación de cómo mínimo un quemador -406-. Opcionalmente, la etapa de activación de cómo mínimo un ignitor -404- y la etapa de activación de cómo mínimo un quemador -406- se puede repetir. Esta repetición es deseable para hacer que el incremento de temperatura del sistema de combustión -102- sea una transición gradual a lo largo del tiempo; no obstante, no es deseable que dicha repetición prolongue de manera innecesaria la duración de tiempo antes de conseguir las condiciones deseadas, cuyas condiciones deseadas pueden incluir, sin que ello sea limitativo, conseguir la combustión plena. La etapa final mostrada en la figura 4 incluye la etapa de conseguir las

condiciones deseadas -408-.

Además, los procedimientos que se dan a conocer para la puesta en marcha se pueden utilizar después de un evento de desconexión "trip event" que requiere un arranque en caliente.

Haciendo referencia a la figura 6, una realización a título de ejemplo de la invención incluye una etapa de desactivación de cómo mínimo un quemador -702-, la etapa de circulación de gas de soporte en el sistema de combustión posterior a la desactivación del como mínimo un quemador -704- produciendo simultáneamente fluido que incluye CO₂, de manera que el nivel de CO₂ disminuye en función del tiempo, y la etapa de permanecer por encima de un nivel predeterminado de CO₂ -708-, permitiendo el nivel predeterminado que el CO₂ sea captado y purificado por una unidad de purificación de CO₂. En una realización, el aire es purgado mientras el sistema -102- se encuentra caliente (o por encima de la temperatura ambiente). En otra realización, el reciclado de gases quemados primarios reduce la proporción en la que el aire es utilizado para purgar el sistema de manera que la tasa de purgado de aire se encuentre en una proporción superior a cero y menor que o igual al caudal de gases quemados de reciclado.

EJEMPLOS

Para cada uno de los siguientes ejemplos, se escogió un quemador de una central de forma típica "wall-fired" para comparación con las realizaciones de la invención. El primer ejemplo (ejemplo comparativo) se basa en la puesta en marcha del quemador de una instalación con combustión aire-combustible antes de combustión plena seguido de reciclado de gas e introducción de oxígeno como oxidante. El segundo ejemplo (ejemplo de la invención) muestra las condiciones en las que el oxígeno, y por lo tanto el reciclado, son implementadas al inicio del calentamiento del sistema. El tercer ejemplo (ejemplo de la invención) muestra condiciones en las que se utiliza CO₂ procedente de una fuente externa como flujo de gas reciclado.

Las figuras 7 a 11 muestran el nivel de CO₂ como fracción molar para el fluido de combustión, que incluye el gas de soporte en caso de que se haga circular, a lo largo de un período de tiempo sin dimensiones. Las figuras 7 a 11 especifican la fracción molar para un componente de CO₂ -801-, un componente de H₂O -803-, un componente N₂ -805-, y un componente de O₂ -807-. Las ilustraciones de estos componentes son meramente a título de ejemplo y no están destinadas como limitación de los componentes que pueden comprender fluido de combustión y/o gas de soporte. De manera correspondiente con la tabla 3, las figuras 7 a 9 muestran además el procedimiento de puesta en marcha al expresar un procedimiento a título de ejemplo que incluye una etapa de activación del primer conjunto de ignitores en el tiempo sin dimensiones 0,0, una etapa de activación de un segundo conjunto de ignitores -809-, una etapa de activación de un tercer conjunto de ignitores -811-, una etapa de activación de un cuarto conjunto de ignitores -813-, una etapa de activación de un primer conjunto de quemadores -815-, una etapa de activación de un segundo conjunto de quemadores, retirando simultáneamente o desactivando el primer conjunto de ignitores -817-, una etapa de activación de un tercer conjunto de quemadores retirando o desactivando simultáneamente el segundo conjunto de ignitores -819-, una etapa de activación de un cuarto conjunto de quemadores con retirada o desactivación simultáneas del tercer conjunto de ignitores -821-, y una etapa en la que se consigue combustión plena retirando o desactivando simultáneamente el cuarto conjunto de ignitores -823-.

La tabla 1 muestra en detalle el combustible utilizado en cada uno de los primeros tres ejemplos. La tabla 2 muestra los diferentes parámetros del sistema que utilizamos para llevar a cabo las simulaciones. El ciclo de puesta en marcha se mantuvo constante y se muestra en la tabla 3. Se utiliza tiempo sin dimensiones como base para la simulación dado que los procedimientos de puesta en marcha varían de un sistema a otro. Un tiempo sin dimensiones de 1,0 representa cuando el sistema se considera que se encuentra en tasas de combustión plena sin ignitores necesarios para soportar la combustión. La capacidad mínima del ventilador de reciclado fue limitada a 40% en los tres ejemplos. Con el objetivo de comparación, la mínima fracción molar de CO₂ en los gases de combustión para captación y proceso en sentido descendente se mantuvo en 0,50.

Tabla 1: Análisis de carbón

Características del carbón para un carbón bituminoso típico de alta volatilidad ⁺		
Análisis aproximado, % peso	H ₂ O	2,5
	Materia volátil	37,6
	Carbón fijado	52,9
	Cenizas	7
Análisis final, % peso	H ₂ O	2,5
	C	75
	H	5
	S	2,3
	O	6,7
	N	1,5
HHV, BTU/lb		13.000

Tabla 2: Parámetros de diseño de la caldera

Descripción	Valor
Potencia de la unidad	600 MWe
Configuración	Pared opuesta
Quemadores	32
Filas	4
Combustible ignitor	Gas natural
Dimensiones ignitor	10% dimensiones quemador
Valor de combustible del ignitor HHV @ 60°F, 14,7 psia	(37.000 KJ/m ³)
Oxígeno en gases quemado en húmedo	4,5%
Entrada de aire en % del caudal de gases quemados	3,0%
Tasa incremento temperatura caldera	8,33°C/min (15°F/min)
Temperatura promedio caldera a pleno régimen	954,4°C (1750°F)
Tiempo de permanencia promedio Vr/Vo	28 seg
Rendimiento de la unidad (HHV)	39%
Proporción reciclado (basada en caudal purga)	2,0
Caudal reciclado mínimo % del completo	40,0%
Fracción molar inertes CO ₂ mínima para eliminación	0,50

Tabla 3: Procedimiento puesta en marcha

Descripción	Sin dimensiones		
	Tiempo etapa	Tiempo acumulativo	Tasa combustión
1 ^{er} conjunto de ignitores	0,083	0,000	0,025
2 ^o conjunto de ignitores	0,083	0,083	0,050
3 ^{er} conjunto de ignitores	0,083	0,167	0,075
4 ^o conjunto de ignitores	0,083	0,250	0,100
1 ^{er} conjunto de quemadores	0,167	0,333	0,350
2 ^o conjunto de quemadores	0,167	0,500	0,575
Retirar 1 ^{er} conjunto de ignitores			
3 ^{er} conjunto de quemadores	0,167	0,667	0,800
Retirar 2 ^o conjunto de ignitores			
4 ^o conjunto de quemadores	0,167	0,833	1,025
Retirar 3 ^{er} conjunto de ignitores			
Combustión plena	N/A	1,000	1,000
Retirar 4 ^o conjunto de ignitores			

5 El ejemplo comparativo 1 describe la respuesta de un sistema inicialmente puesto en marcha con aire y luego pasado en transición a combustión completa con oxígeno con reciclado después de alcanzar combustión plena. La curva de respuesta para el sistema se muestra en la figura 7. En la figura 7 el tiempo sin dimensiones 0,0 representa que los ignitores son activados antes de que el sistema sea alimentado con combustión aire-combustible lo que se representa por el tiempo sin dimensiones 1,0. Tal como está bien documentado, la composición final de los gases quemados para tasas de combustión plena, tiene menos de 15% de CO₂ en los gases quemados. La respuesta del sistema a la introducción de circulación de gas de soporte se muestra en múltiplos >1,0. El nitrógeno del sistema es agotado como CO₂ y las fracciones de agua aumentan. La tabla 4 muestra las emisiones acumulativas para el ejemplo en comparación con los ejemplos 2 y 3. Las emisiones en la tabla 4 están normalizadas con el ejemplo 1 de puesta en marcha aire-combustible facilitado como valor de línea base de 1,0. Las emisiones de dióxido de carbono están tabuladas hasta alcanzar una tracción molar de 0,50 CO₂. La figura 7 muestra que esto tiene lugar en un tiempo sin dimensiones de 1,39. Las emisiones acumulativas de dióxido de carbono medidas en miles de lbmoles se tabularon para este ejemplo y se normalizaron basándose en un valor de línea base sin dimensiones de 1,0, tal como se ha documentado en la tabla 4.

10

15

El ejemplo 2 describe la respuesta de un sistema que se pone en marcha inicialmente con combustión basada en oxígeno de los ignitores, en el que se pone en marcha inmediatamente el reciclado de gases quemados. Tal como se ha indicado anteriormente, el valor mínimo del ventilador de reciclado, se ajusta al 40% de la capacidad y la tasa de reciclado es de dos tercios el caudal de salida, definido como proporción de reciclado de 2,0. Esto deja un tercio del caudal para su proceso posterior en sentido descendente y se evacua inicialmente. Una tasa de reciclado de 2,0 se puede alcanzar para tasas completas con condiciones de reducción ("turndown") moderadas. No obstante, al moderarse profundamente la caldera o en su puesta en marcha, las exigencias de caudal mínimas para el ventilador de reciclado, limitan la reducción del ventilador de reciclado. Por debajo de esta reducción mínima, la tasa de caudal de reciclado es fijada, y la tasa de reciclado aumenta con una reducción creciente, hasta que el segundo juego de quemadores se encuentra operativo, la tasa de reciclado se fija en 40% de la capacidad del ventilador para este ejemplo. Después de este punto, la tasa de reciclado puede variar de manera que, la cantidad de gas reciclado a la caldera es el doble de la cantidad de caudal de gas de purga, una tasa de reciclado de 2,0, tal como se ha mencionado anteriormente.

La figura 8 muestra la respuesta del ejemplo 2 a los diferentes componentes del sistema. Tal como en la figura 7, el tiempo sin dimensiones 0,0 representa el tiempo de activación del primer ignitor. Después de un lento periodo inicial de cambio, la respuesta del sistema es más aparente con la introducción del ignitor final, y realizada adicionalmente con la introducción del primer conjunto de quemadores. La fracción molar de CO₂ en los gases quemados alcanza 0,50 en un tiempo sin dimensiones de 1,0. Esto es un valor por debajo del tiempo requerido por el ejemplo 1. La tabla 4 indica una reducción en las emisiones totales de CO₂ de 60% aproximadamente en comparación con las emisiones del ejemplo 1.

El ejemplo 3 describe la respuesta de un sistema, en el que se utiliza CO₂ de una fuente externa para alimentar la carga inicial al bucle de reciclado. El CO₂ facilitado externamente se supone que es de una muy elevada pureza, de manera que las impurezas de la corriente pueden ser ignoradas sin efecto significativo en los resultados. La corriente de CO₂ suministrada exteriormente es inyectada en la capacidad de reciclado mínima hasta que se alcanza el umbral de 0,5 de fracción molar en los gases quemados. En este punto, el suministro externo de CO₂ se detiene y empieza el reciclado de los gases quemados. La tasa de reciclado se ajusta basándose en el caudal entrante de gases quemados con un caudal mínimo de 40% de la tasa plena, tal como se ha descrito de manera similar en el ejemplo 1. La respuesta del sistema se ha mostrado en la figura 9, que incluye un tiempo sin dimensiones de 0,0 que representa la activación del primer ignitor. Evidentemente, la respuesta del sistema al CO₂ suministrado exteriormente es mucho más rápida que cualquiera de los ejemplos 1 o 2. La rápida formación de CO₂ en los gases quemados permite que la fracción molar de CO₂ alcance 0,5 para 0,18 unidades no dimensionales de tiempo. La reducción correspondiente en emisiones de CO₂ se muestran en la tabla 4.

Las emisiones relativas son reducidas a 18% de las emisiones originales aire-combustible y ligeramente por debajo de la mitad de las emisiones del procedimiento de reciclado del ejemplo 2.

Tabla 4: Resultados de las emisiones

	Ejemplo 1	Ejemplo 2	Ejemplo 3
Emisiones totales CO ₂ 10 ³ (lbmoles) moles	(85,8) 38.918,23	(32,5) 14.741,75	(15,3) 6.939,96
Emisiones relativas CO ₂	1,00	0,38	0,18

El siguiente conjunto de ejemplos describe la respuesta de un sistema de combustible durante la parada. La situación inicial del sistema de combustión está documentado en la tabla 5 para cada uno de los ejemplos. La atmósfera dentro de la caldera es equivalente a lo esperado de una combustión oxígeno/combustible en el carbón descrito en la tabla 1.

Tabla 5: Resultados de emisiones

	Ejemplo 4	Ejemplo 5	Ejemplo 6	Ejemplo 7
Tiempo sin dimensiones	0,053	0,022	0,200	0,351
Fracción molar CO ₂ = 0,50				
Temperatura promedio Caldera (°F)	(1.700)	(1.700)	(100)	(100)
°C	926,7	926,7	37,7	37,7
% CO ₂ en caldera al inicio de purga de aire	65,3%	65,3%	65,3%	80,0%
Total CO ₂ captado (lbmoles) moles	(415,5) 188.467,6	(418,5) 189.828,4	(1.642,6) 745.070,8	(2.208,9) 1.001.940,2
Total CO ₂ emitido (lbmoles) moles	(173,0) 78.471,5	(171,5) 77.791,1	(646,1) 293.066	(594,9) 269.842,1
Total moles CO ₂ (lbmoles) al inicio de la parada	(589,5) 267.392,7	(589,5) 267.392,7	(2.288,7) 1.038.136,8	(2.803,8) 1.271.782,3

ES 2 568 641 T3

	Ejemplo 4	Ejemplo 5	Ejemplo 6	Ejemplo 7
Emisiones relativas CO ₂ basadas en rendimiento	1,00	0,99	0,96	0,72
Emisiones relativas CO ₂ base total	1,00	0,99	3,73	3,44

El ejemplo 4 muestra el sistema de combustión parado para un mantenimiento prolongado. Se utiliza aire para purgar el sistema de combustión de gases de combustión, y también para enfriar los componentes internos del sistema de combustión. El aire es introducido a través de conductos, en el bucle de reciclado que permite la introducción de aire sin recirculación de gases quemados al sistema de combustión. De esta manera, se supone que el ventilador tiene la misma capacidad que el ventilador de reciclador de los ejemplos 1 a 3. La fracción molar de CO₂ en los gases quemados se supone que se encuentra en estado permanente con los gases de combustión entrantes y la entrada de aire al sistema de combustión aproximadamente 65%, tal como se ha mostrado en la tabla 5. Los lbmoles de CO₂ se calcularon utilizando los volúmenes estándar ajustados, tanto por la temperatura como por la presión del sistema. Se supuso una temperatura de 926,7°C (1.700°F) y una presión de 746,52 Pa (3 en columna de agua) a los efectos de cálculo de volumen estándar. El número total de moles (lbmoles) de CO₂ en el sistema es de 267.392,7 (589,5) en las condiciones indicadas, ver tabla 5.

La figura 10 muestra el cambio de la composición de gases quemados a lo largo del tiempo. Una disminución rápida del nivel de CO₂ contrasta con la elevación subsiguiente de nitrógeno y oxígeno. Utilizando el mismo criterio que en el ejemplo anterior, el nivel de CO₂ desciende por debajo de 0,50 para un tiempo sin dimensiones de 0,053. El CO₂ emitido puede ser calculado tomando el número total de lbmoles de CO₂ de la caldera al inicio de la parada y restando la cantidad de CO₂ captado antes de que la fracción molar de CO₂ en los gases quemados descienda por debajo de 0,50. La tabla 5 resume los resultados de cálculo de CO₂ emitidos para los ejemplos 4 y 5. Un total de 78.471,5 moles (173,0 lbmoles) de CO₂ se emiten en este ejemplo, 29,6%. Este porcentaje fue utilizado para normalizar las emisiones de CO₂ en base a rendimiento, tal como se ha mostrado en la tabla 5. Las emisiones de dióxido de carbono fueron normalizadas también en base a lbmoles, tal como se ha documentado en la última fila de la tabla 5. La base de rendimiento es una medición de la efectividad de la captación de una cantidad determinada de CO₂, mientras que las emisiones totales basadas en CO₂ relativo son las emisiones totales de CO₂ para los procedimientos de los ejemplos 4-7 normalizados por las emisiones totales de CO₂ del ejemplo 4. El ejemplo 4 es utilizado como línea base con respecto a la cual se comparan los ejemplos 5-7.

El ejemplo 4 muestra la respuesta a la refrigeración del sistema con aire sin reciclado. El ejemplo 5 destaca el efecto del reciclado de gases quemados efectuando simultáneamente el purgado del sistema con aire. Para conseguir este objetivo, se suministra aire a través de un ventilador separado de igual capacidad que el ventilador de reciclado. De este modo, el flujo volumétrico del aire de purga entrante es igual al flujo volumétrico de los gases quemados reciclados. La composición inicial de los gases quemados, se supone que es idéntica al ejemplo 4, 65% CO₂. La respuesta del sistema utilizando esta metodología de reciclado se ha mostrado en la figura 11. La rápida disminución se aprecia nuevamente en CO₂ mientras que las curvas de nitrógeno y oxígeno muestran una tendencia complementaria. El nivel de CO₂ en comparación con el ejemplo 4 se degrada más rápidamente, 0,022 unidades de tiempo sin dimensiones. Si bien el cambio de nivel de CO₂ es más rápido, el rendimiento de la captación total es ligeramente superior al del ejemplo 4, las emisiones relativas de CO₂ de 0,991 en comparación con 1,000. Dado que los lbmoles iniciales de CO₂ son los mismos que para los ejemplos 4 y 5, las emisiones relativas basadas en rendimiento y lbmoles son idénticas. La preferencia para el procedimiento del ejemplo 5 con respecto al ejemplo 4 es ligera. No obstante, el efecto del reciclado se puede reforzar reduciendo el caudal de aire de purga, incrementando adicionalmente la efectividad de captación de CO₂, tanto en base a rendimiento como lbmoles.

En el ejemplo 6, la caldera es enfriada por el reciclado de gases de combustión sin la introducción de un suministro de aire externo. Para compensar los gases quemados tomados en el sistema de captación, se utiliza un reciclado secundario más abajo del primero para proporcionar el flujo adicional necesario para enfriar el sistema. Por ejemplo, esta corriente de reciclado se puede originar de una caldera de la instalación que se encuentra en funcionamiento, dispuesta en el mismo lugar. La composición del reciclado secundario es similar al del reciclado primario y, de este modo, el nivel de CO₂ dentro del sistema se mantiene en un valor similar al de los ejemplos 4 y 5. Una vez que el sistema es enfriado a 37,7°C (100° F) los reciclados primario y secundario son parados y la caldera es purgada con aire, tal como se describe en el ejemplo 4. Dado que la caldera se encuentra ahora fría, la masa de gas contenida dentro de la caldera ha aumentado en proporción. Se supone que el comportamiento ideal de los gases en el cálculo del medicamento de moles de gas debido al ambiente de temperatura reducida y se tabula en la tabla 5 para los ejemplos 4-7. Los moles de CO₂ han aumentado sustancialmente entre el ejemplo 6 y los ejemplos 4 y 5. Asimismo, el caudal real entrante de gas es menor debido a la temperatura más baja que reduce la mezcla en el sistema e incrementa el rendimiento relativo de captación de CO₂. El porcentaje de CO₂ captado aumenta en el ejemplo 6, pero las emisiones totales son mayores. El rendimiento relativo del procedimiento del ejemplo 6 es de 0,96, mientras que los lbmoles relativos de CO₂ emitidos, son más de 3,5 veces las emisiones de los ejemplos 4 y 5. Por lo tanto, el procedimiento utilizado en el ejemplo 6 es menos preferible que los ejemplos anteriores.

Los resultados del ejemplo 6 indican la falta de ventajas cuando el sistema es enfriado en primer lugar con gases reciclados, de manera que tanto las corrientes de reciclado primaria como secundaria son de composición similar. De manera similar, el ejemplo 7 contiene corrientes de reciclado primaria y secundaria de forma que el reciclado

- secundario está dispuesto más abajo del primer reciclado. La composición del reciclado secundario, no obstante, es significativamente distinta de la del primario, por ejemplo, ha tenido una o varias etapas de proceso adicionales para aumentar la pureza de CO₂, por ejemplo, el CO₂ previamente captado. La corriente para el ejemplo 7 ha tenido una cantidad significativa de agua retirada de la corriente original y ha sido comprimida y enfriada. El gas comprimido y enfriado es devuelto a continuación, mediante tuberías separadas, nuevamente a los conductos de reciclado para su reinyección. El nivel de CO₂ en la caldera aumenta por reciclado de esta corriente de pureza más elevada, mientras que la caldera se está enfriando. En el momento en el que se inicia el purgado final de aire, la fracción molar de CO₂ de los gases quemados es de 80%, tal como se indica en la tabla 5.
- Se aprecia un incremento proporcional de masa de gases a las temperaturas más frías del ejemplo 7, en comparación con los ejemplos 4 y 5, y es igual al del ejemplo 6, ver tabla 5. Tal como se aprecia en el ejemplo 6, las temperaturas más bajas reducen el caudal real de gas y, por lo tanto, aumentan el porcentaje de CO₂, captado en la parada 0,72 sobre una base de rendimiento relativo. Al ser mayor el nivel inicial de CO₂ también se incrementa el porcentaje de CO₂ captado. Estas ventajas hacen que el procedimiento del ejemplo 7 sea mejor que el procedimiento del ejemplo 6, dado que el total de lbmoles de CO₂ es más bajo, tabla 5. No obstante, los lbmoles totales de CO₂ son todavía sustancialmente mayores que los de los ejemplos 4 y 5, 3,44 veces el CO₂ emitido, y por lo tanto, son menos preferibles que los procedimientos descritos en los ejemplos 4 y 5.
- Los ejemplos 4 a 7 muestran de manera simplificada cuatro procedimientos diferentes para los cuales la caldera que funciona con oxígeno/combustible puede estar parada. El efecto de cada uno de los procedimientos sobre el rendimiento relativo y la cantidad total de CO₂ captada, se representa en la tabla 5. Los procedimientos introducidos en los ejemplos 5, 6 y 7, muestran un incremento en el porcentaje de CO₂ captado, por otra parte el rendimiento aumenta. No obstante, el CO₂ total emitido es claramente favorable para los procedimientos descritos en los ejemplos 4 y 5. Esto es debido a que la cantidad total de CO₂ del sistema es menor que la que se encuentra presente a las temperaturas más frías de los ejemplos 6 y 7. El hecho de que los procedimientos utilizados de los ejemplos 4 y 5 no son tan eficientes que los de los ejemplos 6 y 7 queda compensado por el incremento en los lbmoles totales de CO₂ en el sistema, por lo tanto, el purgado a temperaturas más elevadas es preferible que a temperaturas más bajas. Eventualmente, se puede utilizar nitrógeno si se dispone fácilmente del mismo. El funcionamiento basado en oxígeno/combustible de un sistema de combustión ofrece procedimientos adicionales en los que, el sistema puede ser parado con la condición adicional de captación de CO₂ de los gases quemados durante la parada. La purga del sistema con aire cuando todavía está caliente, es ventajoso con respecto a las emisiones totales liberadas durante la parada. Además, el funcionamiento con reciclado proporciona una ventaja pequeña pero definitiva en cuanto al rendimiento de captación de CO₂ de los gases quemados.
- El efecto de reciclado es mayor cuando el caudal de purga de aire se encuentra por debajo de la corriente de gases quemados de reciclado. La reducción de caudal de aire por las ecuaciones de conservación, reduce el caudal de los gases quemados a la unidad de compresión y purificación de CO₂. Esto reduce a su vez el efecto de dilución debido a la corriente de aire entrante, mientras que incrementa el aumento de impurezas, por ejemplo, componentes de aire, tales como nitrógeno y oxígeno en la corriente de reciclado. El efecto global consiste en el incremento de la efectividad total de captación de CO₂ en el sistema. Por lo tanto, es preferible reciclar gas mientras se efectúa el purgado del sistema con aire. No obstante, los ejemplos 6 y 7 muestran que existe un límite a la cantidad de gases quemados que se pueden reciclar antes de requerir una corriente secundaria de reciclado. En este punto, la caldera es enfriada suficientemente por la introducción de dos etapas de reciclado. A la temperatura más baja de estos ejemplos, los lbmoles totales de CO₂ emitidos son mucho mayores. Por lo tanto, es preferible utilizar para enfriar y purgar el sistema una cantidad de aire superior a cero pero menor que el caudal de corriente de reciclado.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de funcionamiento de un sistema de combustión de oxígeno/combustible, que comprende:
 5 disponer un sistema de combustión (102), que comprende:
 un horno (104) construido y dispuesto para recibir y someter a combustión un combustible para formar un fluido de
 combustión;
 una sección de convección (106) dispuesta para recibir el fluido de combustión procedente del horno; y
 uno o varios cambiadores de calor en la sección de convección (106) construidos y dispuestos para transferir calor
 desde el fluido de combustión a un medio de intercambio calorífico; caracterizado por
 10 reciclar un gas de soporte en el sistema de combustión (102) antes de activar un primer grupo de quemadores (124);
 activar el primer grupo de quemadores (124) después del reciclado del gas de soporte, para producir un fluido de
 combustión que incluye CO₂, de manera que un nivel de CO₂ en el fluido de combustión aumenta como función del
 tiempo; y
 15 continuar la producción del fluido de combustión para superar un nivel predeterminado del CO₂ en el fluido de
 combustión para un periodo de tiempo, siendo suficiente el nivel predeterminado para permitir que el CO₂ sea
 purificado por una unidad de purificación de CO₂ (128).
2. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que el gas de soporte es seleccionado del grupo que consiste en la
 20 carga inicial de aire en el sistema, gases de combustión reciclados, fluido cebador suministrado exteriormente y
 combinaciones de los mismos.
3. Procedimiento, según la reivindicación 2, en el que el fluido cebador es seleccionado del grupo que consiste en
 oxígeno sustancialmente puro, CO₂ sustancialmente puro y combinaciones de los mismos.
- 25 4. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además la purificación del
 CO₂.
5. Procedimiento, según la reivindicación 1, que comprende además la activación de un segundo grupo de
 quemadores después de la activación del primer grupo de quemadores (124).
- 30 6. Procedimiento para el funcionamiento de un sistema de combustión por oxígeno/combustible que comprende:
 proporcionar un sistema de combustión de oxígeno/combustible (102) que comprende:
 como mínimo, un quemador (124);
 un horno (104) construido y dispuesto para recibir y someter a combustión un combustible para formar un fluido de
 35 combustión;
 una sección de convectiva (106) construida para recibir el fluido de combustión procedente del horno (104); y
 uno o varios cambiadores de calor en la sección de convectiva (106) construidos y dispuestos para transferir calor
 desde el fluido de combustión a un medio de intercambio calorífico,
 caracterizado por desactivar uno o varios de dichos, como mínimo, un quemador (124),
 40 reciclar gases de combustión en el sistema de combustión (102) después de desactivar el uno o varios quemadores
 de los, como mínimo, un quemador (124); manteniendo un nivel de CO₂ en el fluido de combustión por encima de un
 nivel predeterminado de CO₂, durante un periodo de tiempo, siendo el nivel predeterminado suficiente para permitir
 que el CO₂ sea purificado por una unidad de purificación de CO₂; y
 45 en el que el nivel de CO₂ disminuye en función del tiempo.
7. Procedimiento, según la reivindicación 6, en el que el sistema de combustión (102) comprende además la unidad
 de purificación de CO₂ (128).
- 50 8. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 6 o 7, que comprende además, el purgado con aire,
 mientras el sistema (102) se encuentra por encima de la temperatura ambiente.
9. Procedimiento, según la reivindicación 8, que comprende además, el reciclado de los gases de combustión
 primarios y reducir la cantidad de aire de purgado del sistema.
- 55 10. Procedimiento, según la reivindicación 9, en el que el purgado con aire en comparación con el reciclado de
 gases de combustión primarios, tiene una proporción por encima de 0 pero no superior de aproximadamente 1.

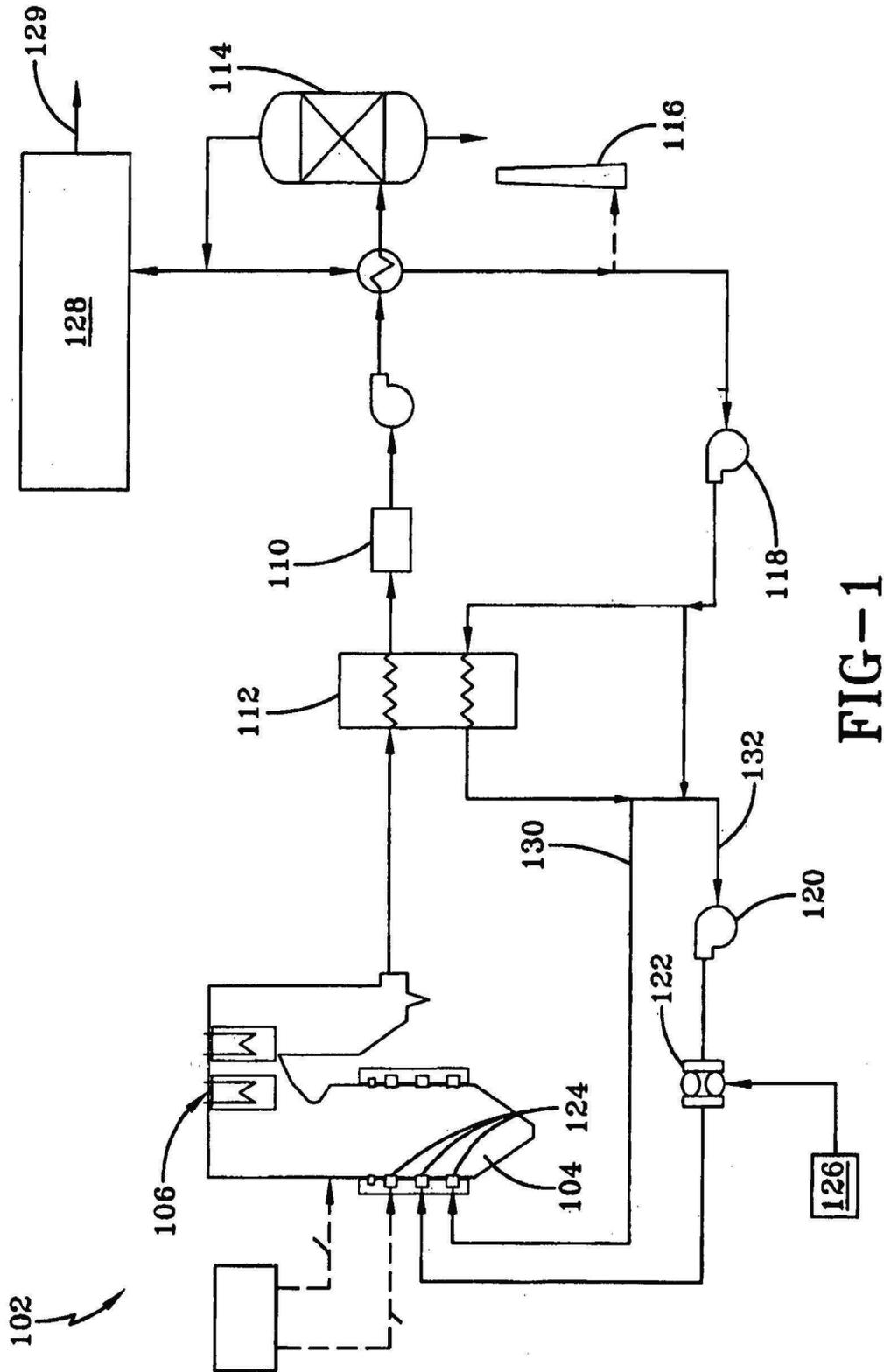


FIG-1

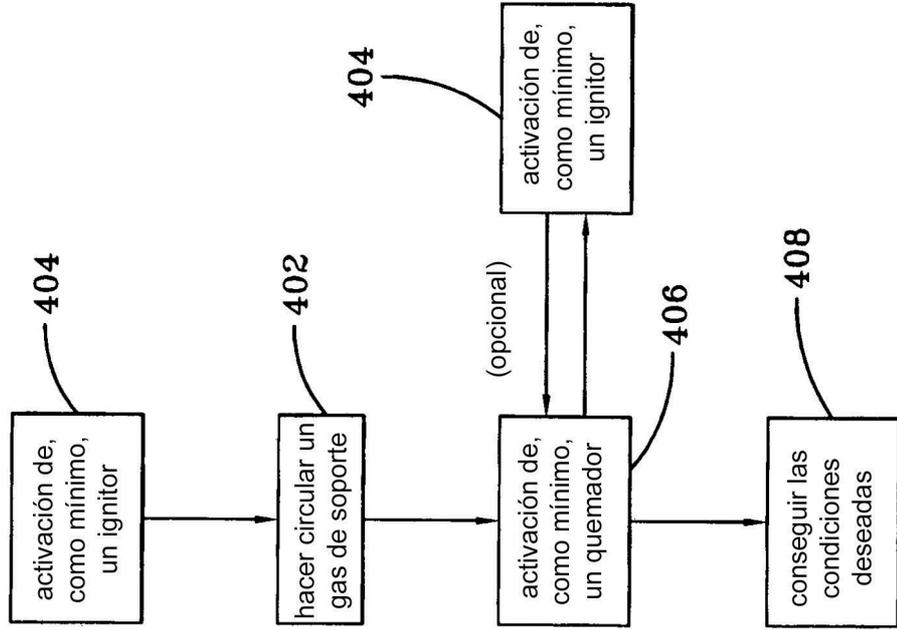


FIG-3

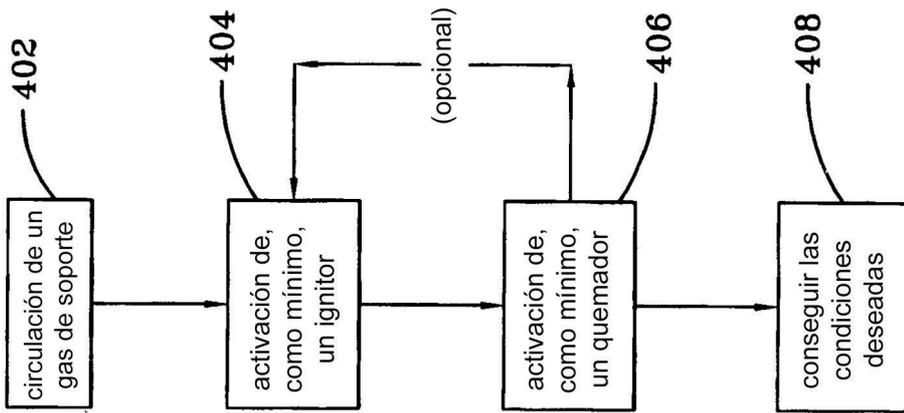


FIG-4

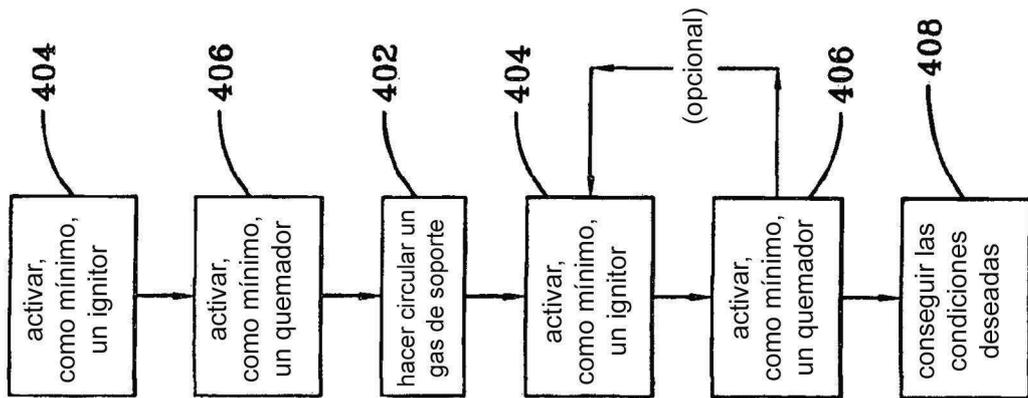


FIG-5

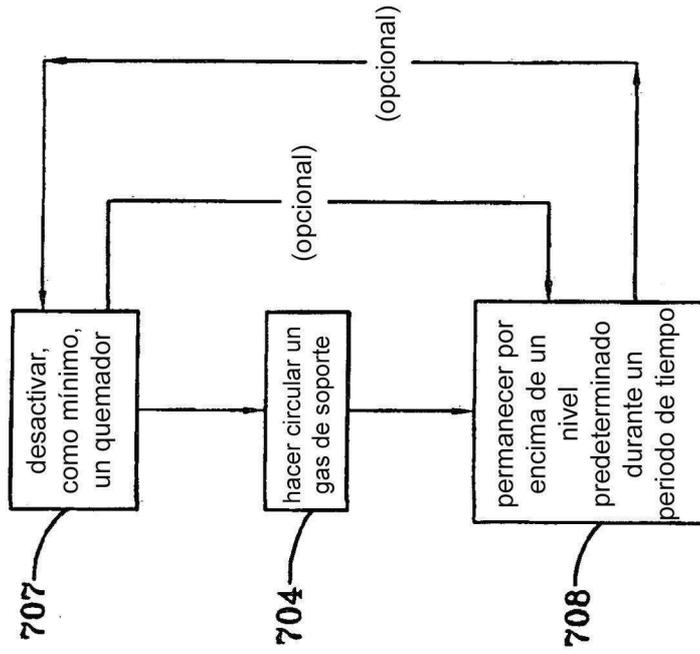


FIG-6

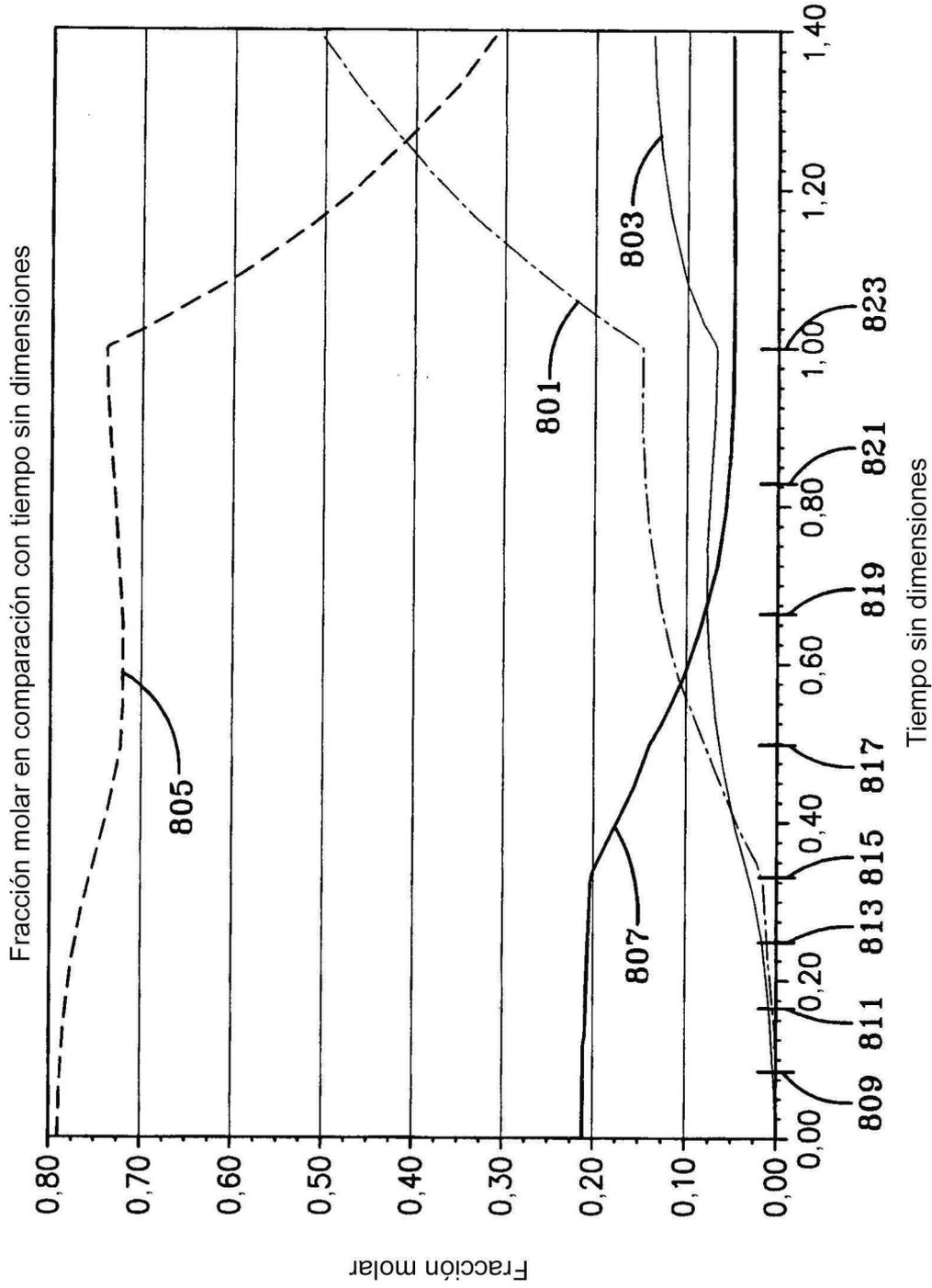


FIG-7

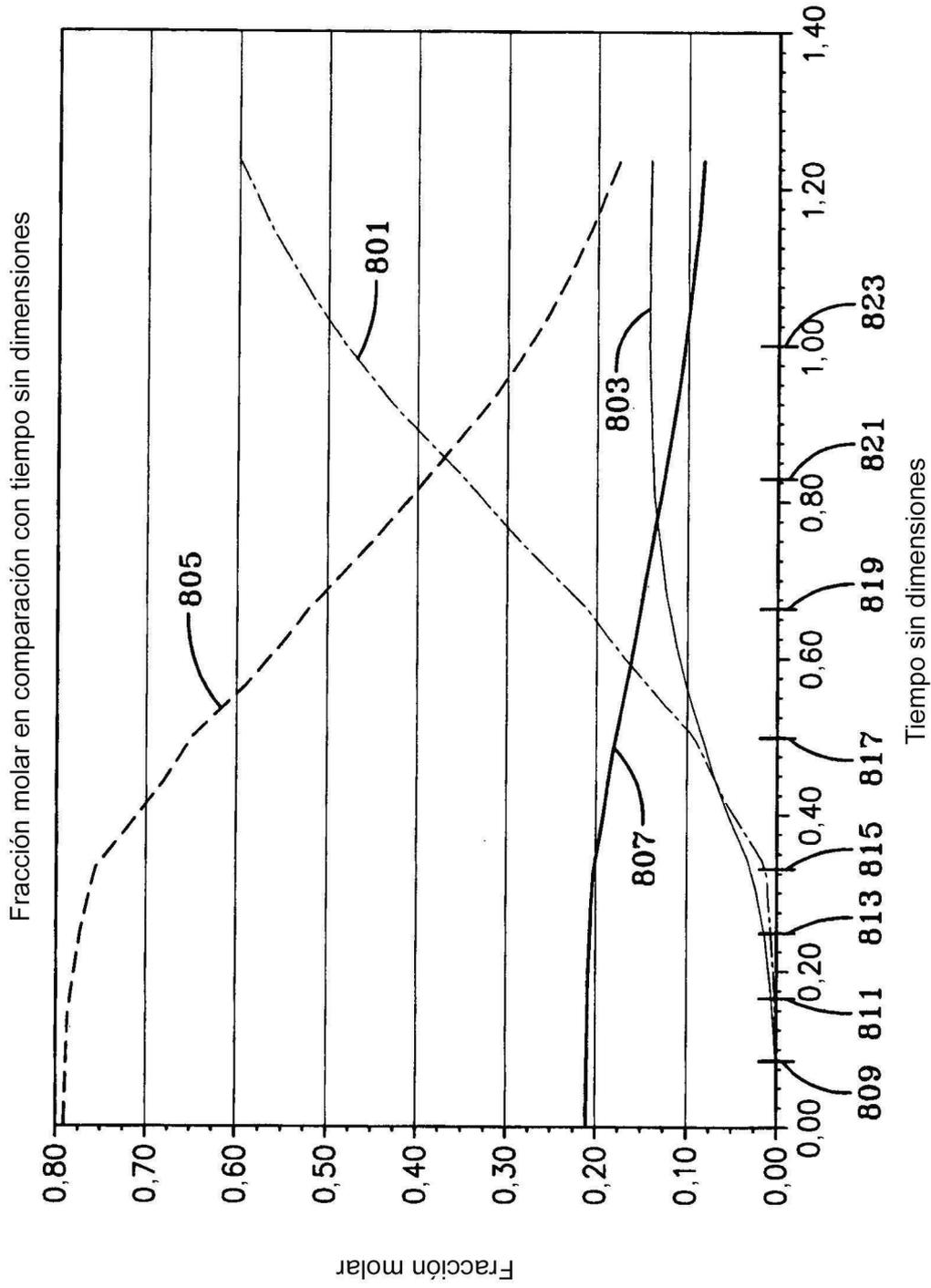


FIG-8

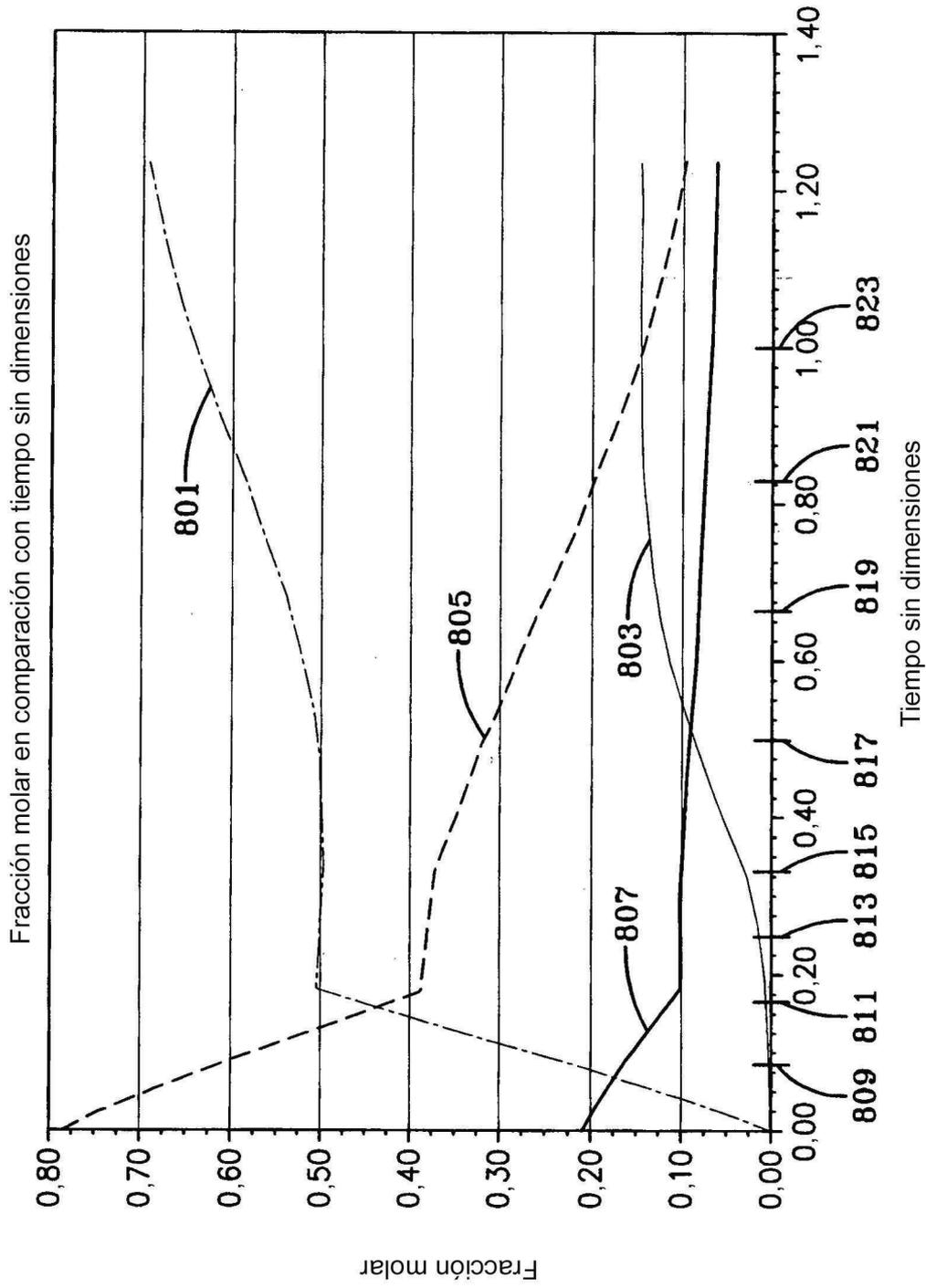


FIG-9

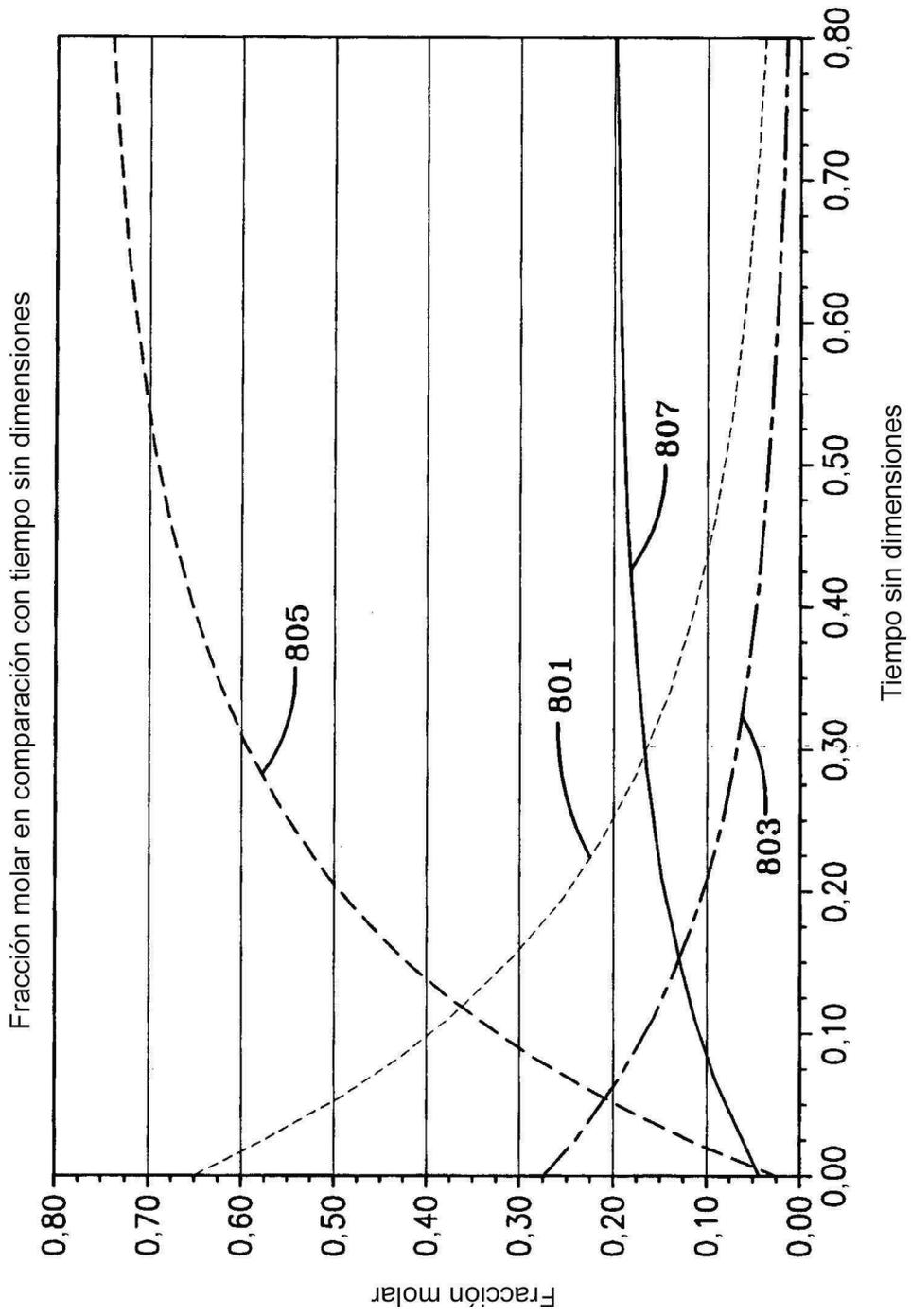


FIG-10

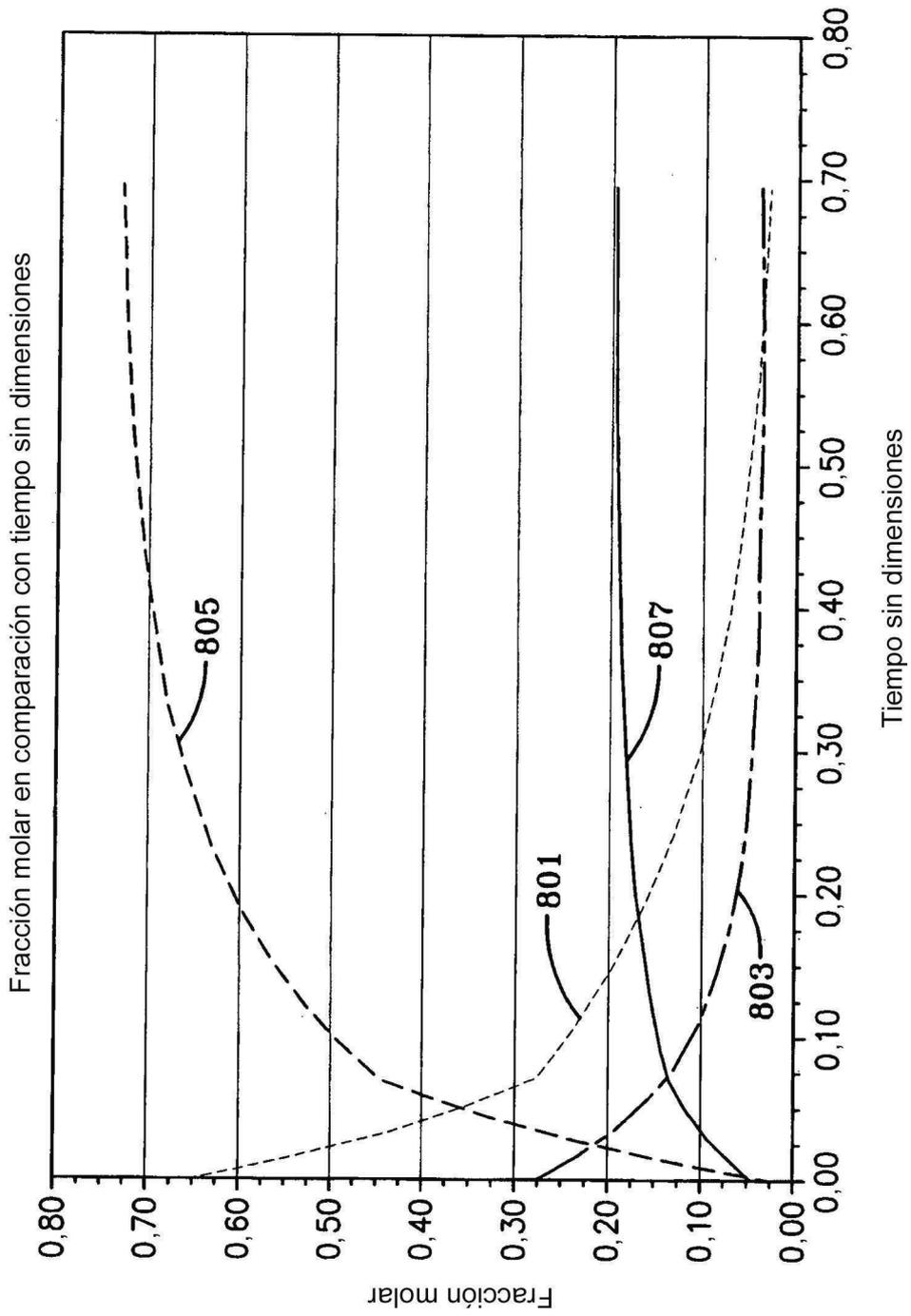


FIG-11