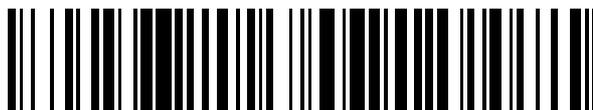


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 670 801**

51 Int. Cl.:

**C10J 3/66** (2006.01)

**C10J 3/18** (2006.01)

**C10J 3/72** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.05.2011 PCT/IN2011/000317**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.11.2011 WO11141927**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.05.2011 E 11738494 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.01.2018 EP 2569400**

54 Título: **Generador de gas de dos etapas para generar gas de síntesis**

30 Prioridad:

**10.05.2010 IN DE10882010**

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

**01.06.2018**

73 Titular/es:

**INDIAN OIL CORPORATION LIMITED (100.0%)  
Research & Development Centre, Sector 13  
Faridabad 121 007 Haryana , IN**

72 Inventor/es:

**BADHE, RAJESH MURALIDHAR;  
RAMAKRISHNA, GARAPATI SIVA;  
SHARMA, ALOK;  
KUMAR, BRIJESH;  
RAJAGOPAL, SANTANAM;  
MALHOTRA, RAVINDER KUMAR y  
KUMAR, ANAND**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 670 801 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**

Generador de gas de dos etapas para generar gas de síntesis

**Campo técnico**

5 La presente invención se refiere, en general, a un sistema y a un método para producir gas de síntesis y, en particular, se refiere a un generador de gas de dos etapas para gasificar una diversidad de materiales de alimentación.

**Antecedentes**

10 El documento US2008202028 describe un sistema de gasificación de un material de alimentación carbonoso con un subsistema integrado de control. El sistema comprende generalmente, en diversas combinaciones, un recipiente reactor de gasificación (o convertidor) que tiene una o más zonas de procesamiento y una o más fuentes de calor del tipo de plasma, un subsistema de manejo de residuos sólidos y un subsistema de acondicionamiento de la calidad del gas, así como un subsistema integrado de control para manejar la energía total de la conversión del material de alimentación carbonoso a energía, así como para mantener todos los aspectos de los procesos de gasificación a un punto óptimo de referencia. El sistema de gasificación también puede comprender opcionalmente un subsistema de recuperación de calor y/o un subsistema regulador del gas producido.

15 El documento US4497637 describe la conversión de biomasa (materia prima de alimentación) a gas de síntesis mediante secado y clasificación de biomasa, pirólisis de la biomasa procesada en mezcla íntima con gases inertes como productos de combustión, con lo que se obtiene un producto mezclado de carbón, aceite de pirólisis y gas de pirólisis, y gasificación del carbón y algo del aceite de pirólisis en presencia de vapor de agua y oxígeno a una temperatura suficiente para formar el producto de gas de síntesis que comprende sustancialmente monóxido de carbono e hidrógeno.

20 El documento EP1136542 describe proporcionar un horno de gasificación a baja temperatura para gasificar combustibles, como desperdicios de combustibles o carbón, a una temperatura predeterminada, por ejemplo, 400 a 1.000°C, y suministrarlos después a una pila de combustible para generar electricidad. El horno de gasificación a baja temperatura comprende preferiblemente un horno de gasificación de lecho fluidizado.

25 El documento CA2424805 describe un proceso de gasificación de dos etapas y un aparato para la conversión de residuos orgánicos sólidos o líquidos en combustible limpio, adecuado para su uso en un motor de gas o en un quemador de gas. Los residuos se alimentan inicialmente a un generador primario de gas, que es un horno de arco de grafito. En el generador primario de gas se mezclan los componentes orgánicos de los residuos orgánicos con una cantidad predeterminada de aire, oxígeno o vapor de agua y se convierten en volátiles y hollín. Los volátiles consisten principalmente en monóxido de carbono e hidrógeno y pueden incluir una diversidad de otros hidrocarburos y alguna ceniza volante. El gas que sale del generador primario de gas pasa primero a través de un ciclón caliente, donde se recoge algo del hollín y la mayor parte de la ceniza volante que retornan al generador primario de gas. El hollín restante junto con los compuestos orgánicos volátiles se tratan más en un generador secundario de gas donde el hollín y los compuestos orgánicos se mezclan con un chorro de plasma a alta temperatura y con una cantidad dosificada de aire, oxígeno o vapor de agua y se convierten en un gas de síntesis que consiste principalmente en monóxido de carbono e hidrógeno. Después, el gas de síntesis se enfría y lava para formar un gas combustible limpio adecuado para usarlo en un motor de gas o en un quemador de gas. Esto ofrece una eficiencia térmica mayor que tecnología convencional y produce un combustible más limpio que otras alternativas conocidas.

30 El documento WO2008130260 describe un material residual de un sistema de refinería de hidrocarburos líquidos que transforma residuos sólidos municipales y residuos industriales peligrosos, biomasas o material de alimentación que contiene carbono en hidrocarburos sintéticos, particularmente, pero no exclusivamente, diésel y gasolina y/o electricidad y calor cogenerado, que comprende tres subsistemas principales: i) el subsistema de convertidor térmico piroeléctrico (PETC) y material residual de arco de plasma (PA) y gasificación de biomasa; ii) el subsistema de síntesis de hidrocarburos; y iii) el subsistema de generación de electricidad y cogeneración de calor.

35 La conversión de materiales carbonosos, como biomasa, líquidos derivados de biomasas, carbón mineral, carbón vegetal, cok, residuos de petróleo, etc., en un combustible gaseoso con un agente de gasificación, como aire, oxígeno y vapor de agua, se denomina gasificación. Generalmente, el producto de la gasificación es una mezcla que consiste principalmente en hidrógeno y monóxido de carbono, denominada gas de síntesis, y cantidades variables de nitrógeno, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, etc. Durante la gasificación, se separa ceniza en forma de ceniza seca o escoria fundida. También, en etapas posteriores de tratamiento, se separan del gas de síntesis diversos tipos de impurezas. El gas de síntesis se puede usar para diversos fines, como producción de productos químicos, como metanol e hidrógeno, y generación de electricidad. Además, el gas de síntesis también se puede convertir en combustibles sintéticos usando el proceso Fischer-Tropsch.

55 Típicamente, las reacciones de gasificación son endotérmicas y requieren reacciones de combustión para suplementar requisitos energéticos. Las soluciones actuales de aplicar procesos de gasificación, como pirólisis de

biomasas, gasificación de carbón en lecho móvil, etc. en sistemas convencionales de gasificación están diseñadas para el manejo de un solo tipo específico de material de alimentación. Dichos sistemas también requieren una mejora extensa y engorrosa de la calidad de productos tales como aceite de pirólisis, alquitrán, y lavado del gas de síntesis.

5 Generalmente, los sistemas convencionales de gasificación funcionan a una temperatura operativa alta, porque una temperatura operativa relativamente baja origina una producción excesiva de alquitrán líquido junto con el gas de síntesis. Sin embargo, el funcionamiento a dicha temperatura origina la vaporización de impurezas metálicas y contaminantes presentes en el material de alimentación. Las impurezas y contaminantes vaporizados afectan a la calidad del gas de síntesis. El empleo de medios de lavado para separar del gas de síntesis finalmente producido  
10 dichas impurezas vaporizadas es complejo y aumenta el coste.

Debido a la alta temperatura operativa, la ceniza se separa de los generadores de gas en forma sólida o fundida a alta temperatura, por lo que se consume una gran cantidad de energía útil y hace que el sistema convencional de gasificación sea ineficiente desde el punto de vista energético. Además, la separación de dicha escoria fundida después de la gasificación a alta temperatura también es una labor tediosa y origina una pérdida sustancial de calor.  
15 Como resultado, un sistema convencional de gasificación requiere un suministro mayor de oxígeno puro o aire.

### Compendio

La presente invención describe un sistema para producir gas de síntesis, comprendiendo el sistema:

un generador de gas de una primera etapa, para gasificar un material de alimentación para producir un primer un primer producto, en el que

20 el material de alimentación se segrega en un primer grupo de materiales de alimentación y un segundo grupo de materiales de alimentación en base a un contenido de ceniza y una reactividad predefinidos, y comprendiendo la citada primera etapa de gasificación:

un generador de gas de baja temperatura, para gasificar por lo menos el primer grupo de materiales de alimentación a un intervalo de temperatura de 500 a 700°C para producir un primer producto gaseoso, y

25 un horno de pirólisis, para descomponer por calor por lo menos el segundo grupo de materiales de alimentación a un intervalo de temperatura de 500 a 550°C para producir un segundo producto gaseoso, en el que el primer producto comprende el primer producto gaseoso y el segundo producto gaseoso, y

un generador de gas de una segunda etapa, para gasificar el primer producto recibido del citado generador de gas de la primera etapa para producir gas de síntesis, en el que el generador de gas de la segunda etapa funciona a un intervalo de temperatura de 1.400 a 1.500°C, en el que el citado generador de gas de la segunda etapa se destina además a controlar la temperatura operativa del generador de gas de la segunda etapa haciendo funcionar controladamente una fuente de plasma para regular la composición del gas de síntesis.  
30

La invención también describe un método para producir gas de síntesis, que comprende:

35 segregar materiales de alimentación en un primer grupo de materiales de alimentación y un segundo grupo de materiales de alimentación en base a un contenido de ceniza y una reactividad predefinidos,

descomponer el primer grupo de materiales de alimentación y el segundo grupo de materiales de alimentación en el generador de gas de una primera etapa para producir un primer producto, en el que la citada descomposición comprende:

40 gasificar por lo menos un material de alimentación del primer grupo de materiales de alimentación a un intervalo de temperatura de 500 a 700°C para producir un primer producto gaseoso, y

descomponer por calor por lo menos un material de alimentación del segundo grupo de materiales de alimentación a un intervalo de temperatura de 500 a 550°C para producir un segundo producto gaseoso,

45 gasificar el primer producto que comprende el primer producto gaseoso y el segundo producto gaseoso recibidos del generador de gas de la primera etapa en un generador de gas de una segunda etapa a un intervalo de temperatura de 1.400 a 1.500°C para producir gas de síntesis, y

controlar la temperatura operativa del generador de gas de la segunda etapa haciendo funcionar controladamente la fuente de plasma para regular la composición del gas de síntesis.

50 En una realización de la invención, además del primer producto, el generador de gas de la segunda etapa recibe un material de alimentación seleccionado de un tercer grupo de materiales de alimentación o de un cuarto grupo de materiales de alimentación o de ambos grupos para su gasificación. En una realización, la fuente de plasma está acoplada al generador de gas de la segunda etapa. La fuente de plasma se usa para controlar la temperatura del generador de gas de la segunda etapa para variar la composición del gas de síntesis producido.

El presente sistema de gasificación es eficiente en términos de consumo de energía. La ceniza y los diversos contaminantes se separan a una temperatura baja durante la primera etapa de la gasificación. En consecuencia, se aumenta la eficiencia energética del sistema de gasificación así como también el gas de síntesis producido está exento de contaminantes. Esto es porque el presente sistema de gasificación evita pérdidas no deseadas de energía para separar la ceniza a una temperatura mayor o fundir la ceniza para formar escoria fundida. Por lo tanto, se minimiza el coste implicado en el lavado y tratamiento del gas de síntesis.

Estas y otras características, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción y reivindicaciones adjuntas. Se proporciona este resumen para introducir una selección de conceptos en forma simplificada. No se pretende que este resumen identifique características clave o características esenciales de la presente invención ni se pretende que limite el alcance de la presente invención.

### Breve descripción de los dibujos

La figura 1 ilustra una representación diagramática de un sistema de gasificación de acuerdo con una realización de la presente invención.

La figura 2 ilustra el sistema de gasificación de la figura 1 de acuerdo con una realización de la presente invención.

La figura 3 ilustra el proceso de producir gas de síntesis por medio de diferentes ejemplos.

### Descripción detallada

La presente invención describe un sistema de gasificación de dos etapas para gasificar materiales de alimentación para generar gas de síntesis. El sistema de gasificación de dos etapas incluye un generador de gas de una primera etapa y un generador de gas de una segunda etapa. El generador de gas de la primera etapa incluye un horno de pirólisis y un generador de vapor a baja temperatura mientras que el generador de vapor de la segunda etapa incluye un generador de gas a alta temperatura. Los dos generadores de gas y el horno de pirólisis del sistema de gasificación funcionan a temperaturas diferentes y las condiciones de reacción se configuran para recibir diferentes tipos de materiales de alimentación para su gasificación o descomposición.

El presente sistema de gasificación facilita la gasificación de una amplia diversidad de materiales de alimentación en una única unidad para generar gas de síntesis. Los materiales de alimentación se segregan dependiendo de diversos parámetros, como contenido de ceniza y reactividad. Dependiendo de estos parámetros, se alimentan diferentes tipos de materiales de alimentación a los dos generadores de gas o al horno de pirólisis o todos ellos para su gasificación. Como se ha mencionado anteriormente, los dos generadores de gas y el horno de pirólisis funcionan bajo diferentes condiciones y, en consecuencia, individualmente son más adecuados para diferentes tipos de materiales de alimentación.

El generador de gas de la primera etapa recibe por lo menos un material de alimentación de un primer grupo de materiales de alimentación o de un segundo grupo de materiales de alimentación. En una realización, como parte del primer grupo de materiales de alimentación se alimenta carbón que tiene un contenido predefinido de ceniza mientras que, como parte del segundo grupo de materiales de alimentación, se alimentan desperdicios de plástico. El material de alimentación recibido en el generador de gas de la primera etapa se gasifica a una temperatura operativa baja para producir un primer producto. Del primer producto se separan a la baja temperatura operativa ceniza y otros contaminantes.

Como el generador de gas de la primera etapa funciona a una temperatura sustancialmente baja, se evita la vaporización de ceniza y de otros contaminantes. En consecuencia, dichas impurezas son fácilmente separables del generador de gas de la primera etapa en forma de vaporizada a la baja temperatura del generador de gas. La separación de impurezas a baja temperatura ayuda a conservar energía y origina una mayor eficiencia energética del sistema de gasificación.

El primer producto, que está exento sustancialmente de ceniza y otros contaminantes, se alimenta al generador de gas de la segunda etapa. El generador de gas de alta temperatura de la segunda etapa funciona a una temperatura alta para gasificar el primer material de alimentación para producir gas de síntesis. En una realización, el generador de gas de alta temperatura recibe adicionalmente un material de alimentación de un tercer grupo de materiales de alimentación o de un cuarto grupo de materiales de alimentación para su gasificación para producir el gas de síntesis. El tercer grupo de materiales de alimentación puede incluir materiales de alimentación de reactividad baja o media, como cok Pet, brea desasfaltada por disolventes, bitumen, carbón y otros aceites pesados. El cuarto grupo de materiales de alimentación puede incluir diversas biomásas obtenidas de materiales de alimentación tales como aceite de pirólisis y leña negra, así como desperdicios de plástico y aceite de esquistos bituminosos.

Como la ceniza y otras impurezas se separan antes de la gasificación a la alta temperatura final de gasificación, el gas de síntesis finalmente obtenido requiere un nivel mínimo de lavado o tratamiento y se puede usar directamente como combustible. Además, el gas de síntesis producido se puede usar para generar combustibles, electricidad, gas hidrógeno o síntesis de diversos productos químicos.

Además, el generador de gas de la segunda etapa está configurado para utilizar para la gasificación el oxígeno presente en cualquiera del primer o cuarto grupo de productos de materiales de alimentación o de ambos grupos. Como resultado, en el sistema de gasificación se requiere sustancialmente menos cantidad de oxígeno de origen externo. Por lo tanto, el presente sistema de gasificación proporciona un sistema limpio y eficiente energéticamente para gasificar una amplia diversidad de materiales de alimentación.

La figura 1 ilustra un sistema de gasificación 100 de acuerdo con una realización de la presente invención. Como se muestra en la figura 1a, el sistema de gasificación 100 incluye un generador de gas 105 de la primera etapa y un generador de gas 115 de la segunda etapa. En consecuencia, se puede considerar al sistema de gasificación 100 como un generador de gas integrado de dos etapas o, simplemente como un generador de gas de dos etapas. Al sistema de gasificación 100 se aportan materiales de alimentación de entrada de tal modo que los dos generadores de gas están configurados para recibir diferentes tipos de materiales de alimentación además de los materiales de alimentación de entrada. También, los productos procedentes del generador de gas 105 de la primera etapa se alimentan al generador de gas 115 de la segunda etapa para una gasificación adicional, como se explica más adelante. En la presente memoria, la gasificación puede ser denominada intercambiamente descomposición.

Además, como se representa en la figura 1b, el generador de gas 105 de la primera etapa incluye un generador de gas 105a de baja temperatura o un horno de pirólisis 105b o ambos. El generador de gas 105 de la primera etapa recibe por lo menos un material de alimentación de un primer grupo de materiales de alimentación o de un segundo grupo de materiales de alimentación. Si el material de alimentación suministrado al generador de gas 105 de la primera etapa se selecciona del primer grupo de materiales de alimentación, se suministra al generador de gas 105a de baja temperatura. Por otro lado, si el material de alimentación se selecciona del segundo grupo de materiales de alimentación, se suministra al horno de pirólisis 105b. En una realización, el generador de gas 105a de baja temperatura y el horno de pirólisis 105b reciben, respectivamente, un material de alimentación del primer grupo de materiales de alimentación y del segundo grupo de materiales de alimentación.

El primer grupo de materiales de alimentación incluye carbón que tiene un contenido de ceniza predefinido. Por ejemplo, el contenido de ceniza predefinido puede ser aproximadamente 0 a 50 por ciento en peso. En una realización, el segundo grupo de materiales de alimentación incluye biomasa y desperdicios de plástico. Como es bien conocido en la técnica actual, la biomasa es generalmente rica en oxígeno. En una realización, el generador de gas 105 de la primera etapa funciona a una temperatura en el intervalo de aproximadamente 500 a 700°C. Además, el generador de gas 105a de baja temperatura puede actuar como generador de gas de lechó móvil o de lecho fluidizado.

Además, el generador de gas 115 de la segunda etapa recibe para su gasificación un material de alimentación de un tercer grupo de materiales de alimentación o de un cuarto grupo de materiales de alimentación, además de los materiales de alimentación. El tercer grupo de materiales de alimentación incluye un material de alimentación de reactividad baja o media, que puede incluir cok Pet, carbón, brea desasfaltada por disolventes, bitumen y otros aceites pesados. Además, el cuarto grupo de materiales de alimentación incluye biomasa obtenida de materiales de alimentación tales como aceite de pirólisis, lejía negra, aceite de esquistos bituminosos, etc. En una realización, el cuarto grupo de materiales de alimentación también puede incluir desperdicios de plástico.

El generador de gas 115 de la segunda etapa es un generador de gas 115 de alta temperatura que funciona a una temperatura relativamente alta, de aproximadamente 1.400 a 1.500°C. La energía térmica requerida para las reacciones de gasificación o descomposición en el generador de gas 115 de la segunda etapa se genera por oxidación de una porción del material de alimentación presente en el generador de gas 115 de la segunda etapa, así como de una fuente de plasma (mostrada en la figura 2).

La figura 2 ilustra una representación detallada del sistema de gasificación de la figura 1, de acuerdo con una realización de la presente invención.

Durante su funcionamiento, el generador de gas 105a de baja temperatura recibe un aporte de aire u oxígeno procedente de una fuente de aire 200 y vapor de agua procedente de una fuente de vapor de agua 210. El generador de gas 105a de baja temperatura descompone o gasifica el primer grupo de materiales de alimentación en presencia de aire u oxígeno a temperaturas en el intervalo de aproximadamente 500 a 700°C, para producir el producto final. El primer producto, en forma gaseosa, puede incluir gas de síntesis y alquitrán. El gas de síntesis está compuesto principalmente de monóxido de carbono e hidrógeno. La temperatura operativa del generador de gas 105a de baja temperatura evita la vaporización de ceniza y otros contaminantes presentes en el material de alimentación suministrado.

La temperatura operativa antes mencionada del generador de gas 105a de baja temperatura mantiene en el generador de gas 105a de baja temperatura la ceniza y otros contaminantes en forma no vaporizada. Dicha forma no vaporizada facilita una separación fácil de la ceniza y otros contaminantes del fondo del generador de gas 105a de baja temperatura. De esta manera, se evitan pérdidas de calor asociadas con la separación de ceniza a temperaturas operativas mayores. Se puede producir una cantidad sustancial de alquitrán como parte del primer producto debido a la baja temperatura operativa. Sin embargo, el presente sistema de gasificación 100 facilita un craqueado óptimo de alquitrán para producir gas de síntesis en el generador de gas 115 de la segunda etapa.

El horno de pirólisis 105b recibe el segundo grupo de materiales de alimentación, en ausencia de oxígeno, para producir el primer producto. Dicha descomposición se puede denominar pirólisis y tiene lugar en un intervalo de temperatura de aproximadamente 500 a 550°C. El segundo grupo de materiales de alimentación incluye biomasa o desperdicios de plástico o ambos. El primer producto producido por el horno de pirólisis 105b incluye gas de síntesis, carbón y aceite de pirolisis. La descomposición de biomasa como parte del segundo grupo de materiales de alimentación origina una concentración sustancial de oxígeno en el primer producto.

Igual que en el generador de gas 105a de baja temperatura, la temperatura operativa del horno de pirólisis 105b ayuda a mantener la forma no vaporizada de la ceniza y otros contaminantes en el horno de pirólisis, con lo que se facilita el proceso de separación fácil desde el fondo del horno de pirolisis 110. En consecuencia, el primer producto está sustancialmente exento de ceniza y otros contaminantes.

El primer producto, que se puede producir en el generador de gas 105a de baja temperatura o en el horno de pirólisis 105b o en ambos, se envía al generador de gas 115 de la segunda etapa para su gasificación adicional.

Como se ha mencionado anteriormente, el generador de gas 115 de la segunda etapa o el generador de gas 115 de alta temperatura también pueden recibir un material de alimentación del tercer grupo de materiales de alimentación o del cuarto grupo de materiales de alimentación o de ambos grupos, además del primer producto. El material total de alimentación recibido por el generador de gas 115 de la segunda etapa requiere una temperatura alta para la gasificación y craqueado de una cantidad sustancialmente alta de alquitrán presente en el material de alimentación, así como para la gasificación del material de alimentación poco reactivo. Para suplementar la energía térmica para alcanzar la alta temperatura, el generador de gas 115 de la segunda etapa recibe energía térmica procedente de una fuente de plasma 205. La fuente de plasma 205 proporciona la energía térmica mediante cualquier método conocido en la técnica. En consecuencia, en el generador de gas 115 de la segunda etapa se pueden conseguir temperaturas de 1.400 a 1.500°C o más.

Además, también se suministra al generador de gas 115 vapor de agua desde una fuente de vapor de agua 210 para mantener la gasificación. En consecuencia, en una realización de la presente invención, el generador de gas 115 de la segunda etapa descompone o gasifica el primer producto así como uno o más materiales de alimentación recibidos de entre el tercer y el cuarto grupo de materiales de alimentación. Dicha descomposición o gasificación la facilita la provisión de vapor de agua, oxígeno y energía térmica. La provisión de energía térmica por la fuente de plasma 205 mantiene la descomposición a la alta temperatura. Además, la energía térmica suministrada por la fuente de plasma 205 también afecta a la composición del gas de síntesis y, en consecuencia, se debe controlar la fuente de plasma 205 para obtener un gas de síntesis de una composición deseada.

Además, el generador de gas 115 de la segunda etapa está configurado para utilizar oxígeno, que está presente inherentemente en el material total de alimentación recibido por el generador de gas 115 de la segunda etapa para la descomposición del material total de alimentación. Dicha presencia inherente de oxígeno la facilita la presencia, en el material total de alimentación, del material de alimentación obtenido de biomasa como parte del cuarto grupo de materiales de alimentación. En otra realización de la presente invención, el generador de gas 115 de la segunda etapa sólo puede recibir el primer producto procedente del generador de gas 105 de la primera etapa para su gasificación, sin recibir el tercer y cuarto grupos de materiales de alimentación. En dicha circunstancia, el generador de gas 115 de la segunda etapa gasificará el primer producto en las condiciones operativas del generador de gas 115 de la segunda etapa, como se ha discutido anteriormente.

La gasificación completa del material total de alimentación en el generador de gas 115 de alta temperatura genera gas de síntesis de una calidad más uniforme, en comparación con el gas de síntesis obtenido en los generadores de gas convencionales. También se puede producir una cantidad sustancialmente pequeña de escoria, que puede ser separada del generador de gas 115 de alta temperatura usando métodos conocidos en la técnica.

El gas de síntesis así producido tiene una concentración mayor de monóxido de carbono e hidrógeno en comparación con el gas de síntesis producido por los sistemas de gasificación convencionales. Dicha composición del gas de síntesis se puede variar controlando la cantidad de la energía de plasma suministrada desde la fuente de plasma 205. Además, la composición del gas de síntesis también depende del tipo de material de alimentación y de la cantidad de vapor de agua suministrados al sistema de gasificación 100. La variación de la composición del gas de síntesis se puede realizar para cumplir los requisitos de gas de síntesis de composición variable.

Además, el gas de síntesis producido en el generador de gas 115 de la segunda etapa está sustancialmente exento de impurezas debido a la separación de ceniza en forma no vaporizada antes del generador de gas 115 de la segunda etapa. Además, el gas de síntesis tiene niveles sustancialmente menores de dióxido de carbono porque se usa menos oxígeno o aire durante la descomposición en el generador de gas 115. En consecuencia, el gas de síntesis puede requerir un sistema de lavado y de tratamiento 215 relativamente más sencillos en comparación con un sistema convencional de gasificación. De acuerdo con otra realización de la presente invención, el gas de síntesis obtenido del generador de gas 115 de la segunda etapa puede ser obtenido directamente sin emplear el sistema de lavado y tratamiento 215 debido a la concentración sustancialmente menor de impurezas.

En cuanto a la aplicación de gas de síntesis como materia prima, el gas de síntesis se puede alimentar a un generador de electricidad 220 para la generación de electricidad. La electricidad así producida se puede usar parcialmente como aporte de energía a la fuente de plasma 205. Además de esto, el gas de síntesis también se puede alimentar a un generador 225 de productos químicos o combustible como materia prima para generar diversos productos químicos hidrocarbonados, como metanol, etc., o combustibles de transporte, como gasolina, diésel, etc. Igualmente, el gas de síntesis puede ser alimentado al generador 230 de gas hidrógeno para generar gas hidrógeno, como es bien conocido en la técnica actual.

Sin limitar el alcance de la presente invención, el gas de síntesis obtenido por el presente sistema de gasificación 100 puede ser comercializado y utilizado directamente como combustible para máquinas térmicas y se puede usar en otras aplicaciones como es bien conocido en la técnica actual.

La figura 3 representa una ilustración diagramática 300 de producir gas de síntesis por medio de diferentes ejemplos. Estos ejemplos se refieren a experimentos realizados para producir gas de síntesis, de tal modo que cada experimento explica con más detalle la producción de gas de síntesis de una composición y en una cantidad particulares. Sin embargo, se debe apreciar que el proceso no está limitado sólo a estos ejemplos y que se pueden concebir diferentes condiciones de reacción que originan diferentes composiciones del gas de síntesis. La siguiente descripción explica con más detalle los resultados de los presentes experimentos.

El ejemplo 1 representado en la figura 3 ilustra un balance de materia y composición del gas de síntesis en términos de gasificación de biomasa utilizando vapor de agua, oxígeno y energía de plasma en el presente sistema de gasificación 100 mientras que el ejemplo 2 denota el balance de materia y composición del gas de síntesis utilizando sólo vapor de agua y energía de plasma para la gasificación. Como es evidente por los dos primeros ejemplos (ejemplos 1 y 2) y las correspondientes tablas, el suministro de oxígeno es inversamente proporcional al suministro de energía de plasma en el sistema de gasificación 100. Tanto la energía de plasma como el oxígeno actúan como agentes oxidantes durante la gasificación.

Además, el ejemplo 3 ilustra el balance de materia y composición del gas de síntesis en términos de gasificación de biomasa utilizando vapor de agua y oxígeno en el sistema de gasificación 100. La presencia de oxígeno ( $O_2$ ) en el ejemplo 3 como único agente oxidante origina una concentración sustancial de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) en el gas de síntesis (como se muestra en la tabla del ejemplo 3). Como es evidente por estos tres primeros ejemplos, el suministro de biomasa al sistema de gasificación 100 genera gas de síntesis que tiene aproximadamente 19 a 20% en peso más que el peso de la biomasa suministrada.

Además, el ejemplo 4 ilustra el balance de materia y composición del gas de síntesis en términos de la alta temperatura de gasificación de cok Pet utilizando vapor de agua y energía de plasma en el generador de gas 115 de la segunda etapa, mientras que el ejemplo 5 ilustra el balance de materia y composición del gas de síntesis en términos de la alta temperatura de gasificación de cok Pet utilizando vapor de agua y energía de plasma en el generador de gas 115 de la segunda etapa.

Como se ha mencionado en la descripción de la figura 1, el material de alimentación basado en cok Pet está clasificado como material que tiene una reactividad baja a media. En consecuencia, el cok Pet se alimenta al generador de gas 115 de alta temperatura, como se muestra en los ejemplos 4 y 5. Como es evidente por estos ejemplos y sus correspondientes tablas, se requiere una concentración comparativamente mayor de vapor de agua y oxígeno y una cantidad mayor de energía de plasma en el caso de la gasificación del cok Pet en comparación con la de biomasa. Por los ejemplos 4 y 5 se debe entender que el suministro de cok Pet al generador de gas 115 de la segunda etapa genera gas de síntesis que tiene aproximadamente 120 a 130% en peso más que el peso del cok Pet suministrado.

Además, el ejemplo 6 ilustra el balance de materia y composición del gas de síntesis en términos de la gasificación de carbón en dos etapas utilizando vapor de agua, oxígeno y energía de plasma en el presente sistema de gasificación 100 mientras que el ejemplo 7 ilustra el balance de materia y composición del gas de síntesis en términos de la gasificación de carbón en dos etapas utilizando vapor de agua y energía de plasma en el presente sistema de gasificación 100.

Como es evidente por estos ejemplos (ejemplos 6 y 7) y sus correspondientes tablas, se requiere una concentración comparativamente mayor de vapor de agua y oxígeno y una cantidad mayor de energía de plasma en el caso de la gasificación de carbón en comparación con la de biomasa. Sin embargo, la concentración total de vapor de agua y agua y la cantidad de energía de plasma requeridas para la gasificación de carbón es menor que en el caso de cok Pet. Por los ejemplos 6 y 7 se debe entender que el suministro de carbón al sistema de gasificación 100 genera gas de síntesis que tiene aproximadamente 78 a 90% en peso más que el peso del carbón suministrado.

Las versiones antes descritas de la presente invención y sus equivalentes tienen muchas ventajas, incluidas las que se han descrito en la presente memoria.

El sistema de gasificación 100 facilita la gasificación de una amplia diversidad de materiales de alimentación en una única unidad. Como se ha explicado anteriormente, el presente sistema 100 puede descomponer materiales de alimentación altamente reactivos, como biomasa y sus derivados, materiales de alimentación de reactividad baja a

moderada y carbón con un contenido alto de ceniza empleando diferentes tipos de generadores de gas en un sistema simple de gasificación.

Es totalmente bien conocido que regiones diferentes del mundo difieren en cuanto a disponibilidad de los materiales de alimentación. En consecuencia, el presente sistema de gasificación 100 se puede emplear en todo el mundo-

- 5 El presente sistema 100 emplea temperaturas operativas optimizadas en las dos etapas de gasificación evitando vaporización de ceniza y contaminantes, por lo que se facilita una eliminación fácil de la ceniza y otros contaminantes en forma no vaporizada antes del generador de gas 115 de la segunda etapa. En consecuencia, se suministra una alimentación relativamente limpia al generador de gas 115 de la segunda etapa, por lo que se genera gas de síntesis significativamente exento de ceniza y otros contaminantes en comparación con el gas de síntesis generado convencionalmente. En consecuencia, se reducen significativamente los costes requeridos para el lavado del gas de síntesis.

- 10 Además, la fácil eliminación de ceniza a baja temperatura en el generador de gas 105 de la primera etapa evita pérdidas de calor asociadas generalmente con la separación de ceniza a alta temperatura. Además, se reduce sustancialmente la fusión de ceniza en el generador de gas 115 de la segunda etapa. En consecuencia, se reduce considerablemente la pérdida de energía asociada con la fusión de la ceniza.

- 15 Además, el sistema de gasificación 100 requiere menos oxígeno procedente de medios externos en comparación con los sistemas de gasificación convencionales. Esto lo facilita la utilización del oxígeno ya presente en el material de alimentación rico en oxígeno suministrado al sistema de gasificación 100. En consecuencia la fuente de aire 200 empleada para actuar como fuente de oxígeno proporciona sustancialmente menos oxígeno, siendo por lo tanto menos costosa. Además, el bajo suministro de oxígeno para la gasificación en el sistema de gasificación 100 minimiza la concentración de dióxido de carbono en el gas de síntesis finalmente producido.

- 20 Además, el sistema de gasificación 100 proporciona variaciones en el suministro de energía de plasma para variar la composición del gas de síntesis. En consecuencia, se puede producir gas de síntesis que tiene diferentes concentraciones, en base a diversas necesidades.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema (100) para producir gas de síntesis, comprendiendo el sistema (100):

5 un generador de gas (105) de una primera etapa, para gasificar un material de alimentación para producir un primer producto, en el que el material de alimentación se segrega en un primer grupo de materiales de alimentación y un segundo grupo de materiales de alimentación en base a un contenido de ceniza y reactividad predefinidos, y comprendiendo el citado generador de gas (105) de la primera etapa:

un generador de gas (105a) de baja temperatura, para gasificar por lo menos el primer grupo de materiales de alimentación a un intervalo de temperatura de 500 a 700°C para producir un primer producto gaseoso, y

10 un horno de pirólisis (105b) para descomponer por calor por lo menos el segundo producto de materiales de alimentación a un intervalo de temperatura de 500 a 550°C para producir un segundo producto gaseoso, en el que el primer producto comprende el primer producto gaseoso y el segundo producto gaseoso, y

15 un generador de gas (115) de una segunda etapa, para gasificar el primer producto recibido del citado generador de gas (105) de la primera etapa, en el que el generador de gas de la segunda etapa funciona a un intervalo de temperatura de 1.400 a 1.500°C para producir gas de síntesis, en el que generador de gas (115) de la segunda etapa se destina además a controlar la temperatura operativa del generador de gas (115) de la segunda etapa haciendo funcionar controladamente una fuente de plasma (205) para regular la composición del gas de síntesis.

20 2. El sistema (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el generador de gas (115) de la segunda etapa es un generador de gas (115) a alta temperatura para gasificar por lo menos un material de alimentación de un grupo que consiste en un tercer grupo de materiales de alimentación y un cuarto grupo de materiales de alimentación que tienen un contenido de ceniza y reactividad predefinidos para gasificar el material de alimentación para producir gas de síntesis.

3. Un método para producir gas de síntesis, que comprende:

segregar materiales de alimentación de entrada en un primer grupo de materiales de alimentación y un segundo grupo de materiales de alimentación en base a un contenido de ceniza y reactividad predefinidos,

25 descomponer el primer grupo de materiales de alimentación y el segundo grupo de materiales de alimentación en el generador de gas (105) de una primera etapa para producir un primer producto, en el que la citada descomposición comprende:

gasificar por lo menos un material de alimentación del primer grupo de materiales de alimentación a un intervalo de temperatura de 500 a 700°C para producir un primer producto gaseoso, y

30 descomponer por calor por lo menos un material de alimentación del segundo grupo de materiales de alimentación a un intervalo de temperatura de 500 a 550°C para producir un segundo producto gaseoso,

gasificar el primer producto que comprende el primer producto gaseoso y el segundo producto gaseoso recibidos del generador de gas (105) de la primera etapa en un generador de gas (115) de una segunda etapa a un intervalo de temperatura de 1.400 a 1.500°C para producir gas de síntesis, y

35 controlar la temperatura operativa del generador de gas (115) de la segunda etapa haciendo funcionar controladamente una fuente de plasma (205) para regular la composición del gas de síntesis.

4. El método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el método comprende además:

segregar materiales de alimentación de entrada en un tercer grupo de materiales de alimentación y un cuarto grupo de materiales de alimentación en base a un contenido de ceniza y reactividad predefinidos, e

40 introducir en el generador de gas (115) de la segunda etapa por lo menos un material de alimentación seleccionado del grupo que consiste en el tercer grupo de materiales de alimentación y el cuarto grupo de materiales de alimentación.

45 5. El método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el método comprende además separar del generador de gas (105) de la primera etapa ceniza en el intervalo de temperatura de 500 a 700°C para reducir la concentración de contaminantes en el primer producto, o en el que la gasificación comprende además suministrar controladamente energía de plasma al generador de gas (115) de la segunda etapa para mantener el intervalo de temperatura de 1.400 a 1.500°C.

50 6. El método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que gasificar por lo menos un material de alimentación del primer grupo de materiales de alimentación comprende gasificar en un generador de gas (105a) de baja temperatura por lo menos un material de alimentación seleccionado del grupo que consiste en carbón que tiene 0-50% de ceniza en peso.

7. El método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la pirólisis comprende descomponer por calor en un horno de pirólisis (105b) por lo menos un material de alimentación seleccionado del grupo que consiste en biomasa y desperdicios de plástico como segundo grupo de materiales de alimentación.
- 5 8. El método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la gasificación del primer producto en el generador de gas (115) de la segunda etapa utiliza el oxígeno presente en el primer producto, en el que el primer producto comprende oxígeno debido a la pirólisis de la citada biomasa.
9. El método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la gasificación en el generador de gas (115) de la segunda etapa comprende gasificar:
- 10 por lo menos un material de alimentación seleccionado del grupo que consiste en cok Pet, carbón, aceite pesado, bitumen y brea desasfaltada por disolventes como tercer grupo de materiales de alimentación y/o una biomasa obtenida de materiales de alimentación seleccionados del grupo que consiste en lejía negra y aceite de pirólisis junto con aceite de esquistos bituminosos como cuarto grupo de materiales de alimentación.

100

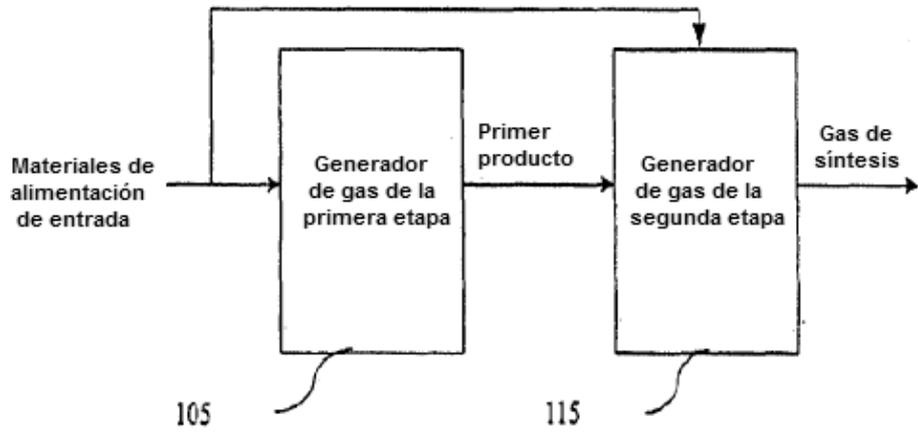


Figura 1a

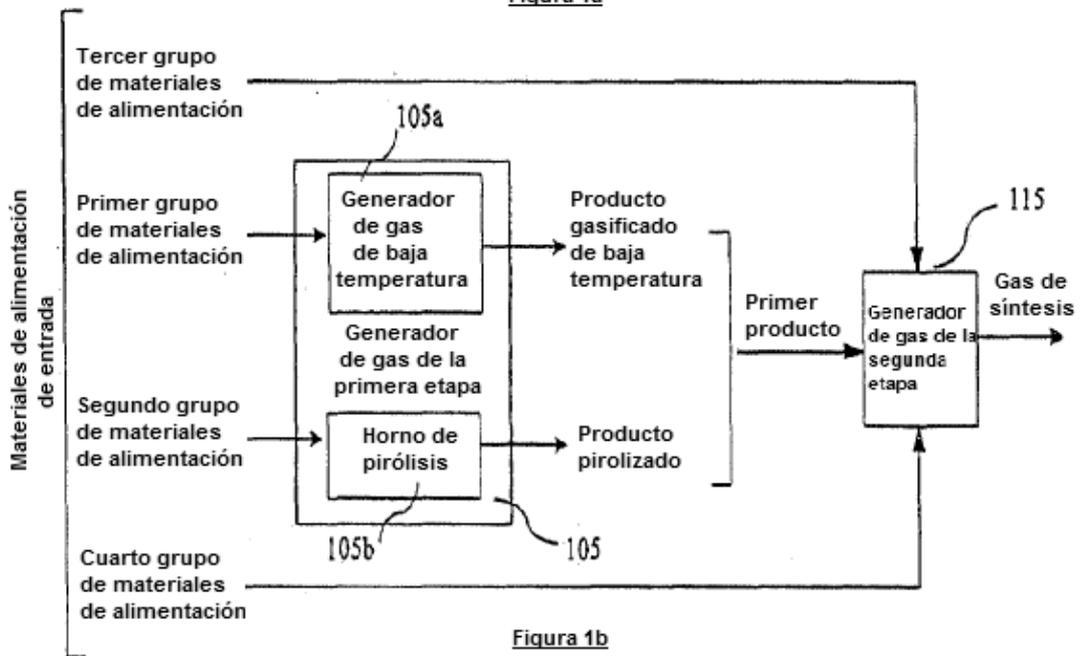


Figura 1b

100

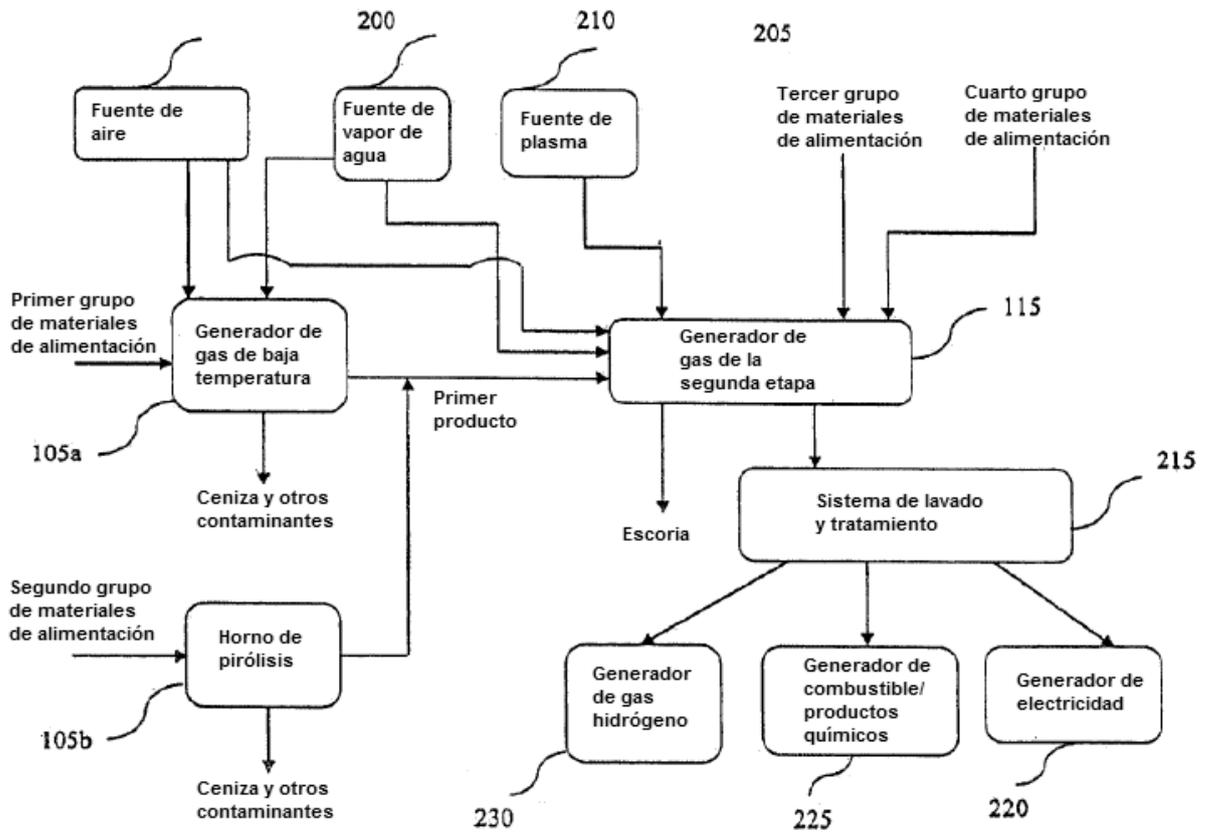
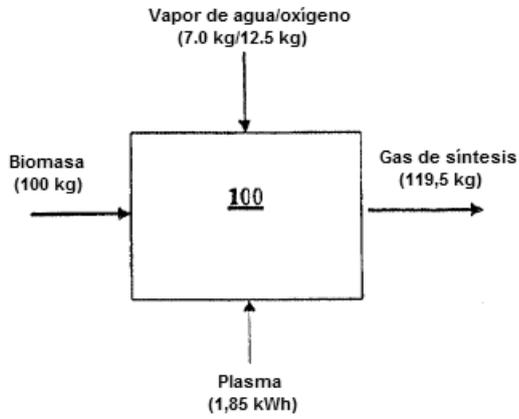


Figura 2

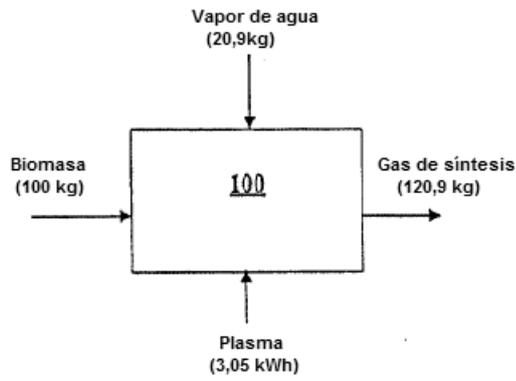
300



Composición del gas de síntesis

Constituyente	Concentración (% vol)
Monóxido de carbono	55.9
Hidrógeno	43.6
Sulfuro de hidrógeno	0.1
Nitrógeno	0.4

Ejemplo 1



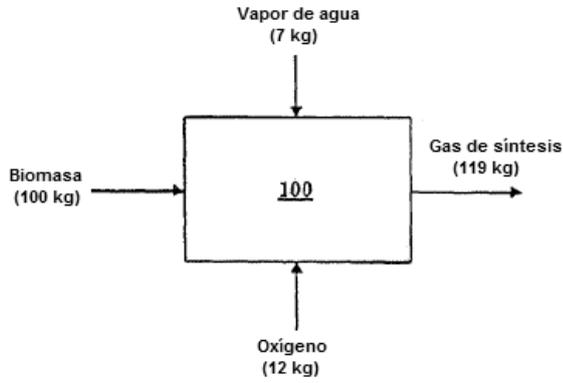
Composición del gas de síntesis

Constituyente	Concentración (% vol)
Monóxido de carbono	50.5
Hidrógeno	49.1
Sulfuro de hidrógeno	0.1
Nitrógeno	0.4

Ejemplo 2

Fig. 3

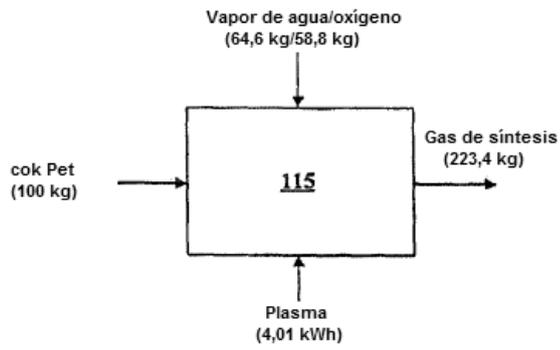
300



Ejemplo 3

Composición del gas de síntesis

Constituyente	Concentración (% vol)
Monóxido de carbono	27.2
Dióxido de carbono	28.8
Hidrógeno	43.6
Sulfuro de hidrógeno	0.1
Nitrógeno	0.4



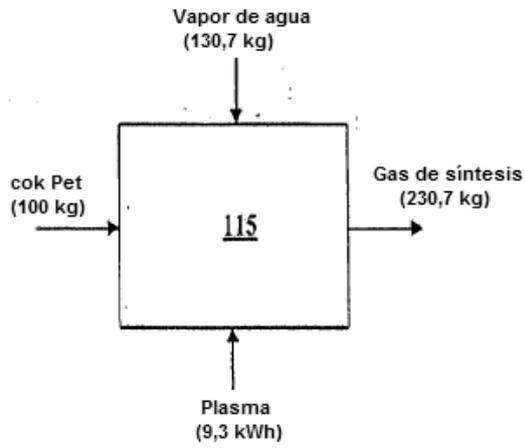
Ejemplo 4

Composición del gas de síntesis

Constituyente	Concentración (% vol)
Monóxido de carbono	56.1
Hidrógeno	42.3
Sulfuro de hidrógeno	1.0
Nitrógeno	0.6

Fig. 4

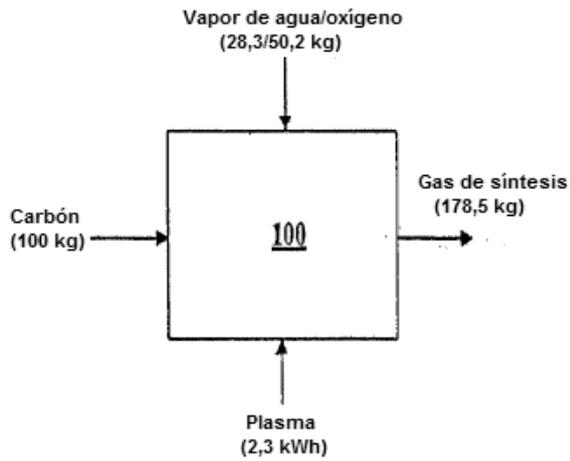
300



Composición del gas de síntesis

Constituyente	Concentración (% vol)
Monóxido de carbono	43.7
Hidrógeno	55.0
Sulfuro de hidrógeno	0.8
Nitrógeno	0.5

Ejemplo 5



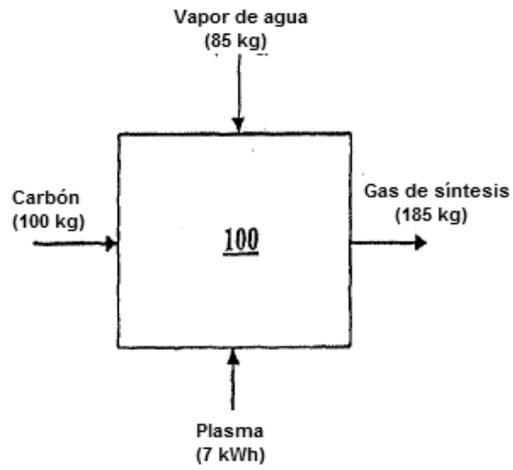
Composición del gas de síntesis

Constituyente	Concentración (% vol)
Monóxido de carbono	58.8
Hidrógeno	36.8
Sulfuro de hidrógeno	0.3
Nitrógeno	4.1

Ejemplo 6

Fig. 5

300



Composición del gas de síntesis

Constituyente	Concentración (% vol)
Monóxido de carbono	44.9
Hidrógeno	51.7
Sulfuro de hidrógeno	0.2
Nitrógeno	3.1

Ejemplo 7

Fig. 6