

PLASMA DE GAS DE HIDROCARBURO LÍQUIDO CONDUCTOR PARA SÍNTESIS Y TRANSFORMACIÓN DE MATERIALES Y QUÍMICOS

REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

- 5 La presente solicitud reclama el beneficio de prioridad de la Solicitud Provisional de EE. UU. No. 63/330,953, presentada el 14 de abril de 2022, cuya divulgación se incorpora en el presente documento como referencia en su totalidad.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

- 10 La presente invención se relaciona en general con los campos de producción de energía, conversión de gas a combustible líquido, síntesis de macro y nanomateriales, producción de hidrógeno y secuestro de carbono.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

- La FIGURA 1 es un diagrama en sección transversal de un reactor de gas de hidrocarburo, de acuerdo con diversas modalidades.
- 15 La FIGURA 2 es otro diagrama en sección transversal de un reactor de gas de hidrocarburo, de acuerdo con diversas modalidades.
- La FIGURA 3 es otro diagrama en sección transversal de un reactor de gas de hidrocarburo, de acuerdo con diversas modalidades.
- La FIGURA 4 proporciona un diagrama de bloques de un sistema para procesar gases de hidrocarburos, de acuerdo con algunas modalidades.
- 20 La FIGURA 5 proporciona otro diagrama de bloques de un sistema para procesar gases de hidrocarburos, de acuerdo con algunas modalidades.
- La FIGURA 6 proporciona aún otro diagrama de bloques de un sistema para procesar gases de hidrocarburos, de acuerdo con algunas modalidades.
- 25 La FIGURA 7 es una porción de secuestro de un sistema 700 para procesar gases de hidrocarburos, de acuerdo con algunas modalidades.
- La FIGURA 8 es otro diagrama en sección transversal de un reactor de gas de hidrocarburo, de acuerdo con diversas modalidades.
- La FIGURA 9A es una vista en sección transversal de un reactor de hidrocarburos, de acuerdo con algunas modalidades.
- 30 La FIGURA 9B es una vista isométrica del reactor de hidrocarburos de la FIGURA 9A, de acuerdo con algunas modalidades.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

- 35 Algunas modalidades se refieren a un reactor de hidrocarburos de plasma de no equilibrio multifásico. El reactor puede incluir un primer electrodo, configurado para recibir un primer

líquido conductor desde un primer puerto de inyección, y energizar dicho primer líquido conductor a un primer voltaje. El reactor puede incluir un segundo electrodo, configurado para recibir un segundo líquido conductor desde un segundo puerto de inyección, y energizar dicho segundo líquido conductor a un segundo voltaje. El segundo electrodo puede estar a cierta distancia del primer electrodo. Una diferencia entre el primer voltaje y el segundo voltaje puede superar la ruptura dieléctrica de un gas dispuesto dentro del reactor para la distancia.

En algunas modalidades, el reactor puede incluir un puerto de inyección de gas configurado para suministrar el gas al reactor de gas de hidrocarburo. En algunas modalidades, el puerto de inyección de gas es uno de los primer o segundo electrodos. En algunas modalidades, el gas dispuesto dentro del reactor es un gas no oxidante que comprende hidrocarburos. En algunas modalidades, los hidrocarburos comprenden gas natural. Este gas natural puede ser gas crudo de un pozo, gas de una línea de recolección de gas natural o gas natural de una línea de distribución. En algunas modalidades, el gas de hidrocarburo puede obtenerse a partir de otro proceso, tal como un gasificador, biogénesis u otros procesos de producción de gas de hidrocarburo. Por tanto, el gas de hidrocarburo puede contener impurezas no hidrocarburíferas, como es típico en dichas fuentes. En algunas modalidades, una funda dieléctrica, junto con el primer puerto de inyección, suministra el primer líquido conductor al primer electrodo. En algunas modalidades, el reactor puede incluir un primer respiradero de salida para el gas y una fuente de ignición configurada para encender el gas de respiradero. En algunas modalidades, el reactor incluye un respiradero de derivación, configurado para ventilar el gas antes de su introducción en el reactor. En algunas modalidades, el reactor incluye un generador de energía de hidrógeno, tal como una celda de combustible o una turbina, configurado para recibir hidrógeno generado dentro del reactor para generar energía eléctrica. En algunas modalidades, el generador de energía eléctrica de hidrógeno comprende al menos uno de un sistema de absorción por oscilación de presión (PSA por sus siglas en inglés), un sistema de absorción por oscilación de temperatura (TSA por sus siglas en inglés), un purificador de membrana o un sistema de purificación de secador que puede acondicionar el gas a una especificación correspondiente al sistema de generación de energía. En algunas modalidades, el reactor está configurado para generar remolinos de plasma radial y líquido a lo largo de una superficie interior de una pared lateral del mismo. En algunas modalidades, el reactor incluye una pluralidad de imanes dispuestos alrededor de una superficie exterior de la pared lateral del mismo. En algunas modalidades, el reactor está configurado para ajustar un caudal del primer líquido conductor o del segundo líquido conductor en respuesta a una conductividad del respectivo líquido conductor.

Algunas modalidades se refieren a un sistema. El método puede incluir un reactor de hidrocarburos de plasma de no equilibrio multifásico. El reactor puede incluir un primer

electrodo, configurado para recibir un primer líquido conductor desde un primer puerto de inyección, y energizar dicho primer líquido conductor a un primer voltaje. El reactor puede incluir un segundo electrodo, configurado para recibir un segundo líquido conductor desde un segundo puerto de inyección, y energizar dicho segundo líquido conductor a un segundo voltaje. El segundo electrodo está a una distancia mínima del primer electrodo. Se puede configurar un puerto de inyección de gas para suministrar un gas de hidrocarburo al reactor. Una diferencia entre el primer voltaje y el segundo voltaje puede superar la ruptura dieléctrica del gas de hidrocarburo dispuesto dentro del reactor para la distancia.

En algunas modalidades, el primer puerto de inyección y el segundo puerto de inyección son puertos diferentes. En algunas modalidades, el puerto de inyección de gas es uno de los primer o segundo electrodos. En algunas modalidades, el sistema incluye una pluralidad de imanes dispuestos alrededor de una superficie exterior de una pared lateral del reactor, estando la pluralidad de imanes configurados para generar un remolino de plasma radial en combinación con un campo eléctrico entre el primer y el segundo electrodos.

Algunas modalidades se refieren a un método. El método puede incluir recibir, mediante un reactor de hidrocarburos de plasma de no equilibrio multifásico, un primer líquido conductor en un primer puerto de inyección. El método puede incluir energizar, mediante un primer electrodo del reactor, el primer líquido conductor a un primer voltaje. El método puede incluir recibir, por parte del reactor, un segundo líquido conductor a un segundo voltaje, estando el segundo líquido conductor separado del primer líquido conductor por una distancia. El método puede incluir la recepción, por parte del reactor, de un gas de hidrocarburo. Una diferencia entre el primer voltaje y el segundo voltaje puede exceder una ruptura dieléctrica del gas de hidrocarburo hasta el punto de ionizar dicho gas.

En algunas modalidades, el método incluye recibir, desde el reactor, un líquido conductor del mismo. En algunas modalidades, el método incluye separar una primera porción de partículas conductoras del líquido conductor y luego inyectar el líquido conductor separado en el reactor. En algunas modalidades, el método incluye recibir, desde el reactor, el segundo líquido conductor. En algunas modalidades, el método incluye enfriar, mediante un intercambiador de calor, el segundo líquido conductor. En algunas modalidades, el método incluye inyectar un segundo líquido conductor enfriado en el reactor.

DESCRIPCION DETALLADA DE LA INVENCION

Aunque los hidrocarburos como el metano (por ejemplo, el biometano) y otros gases de hidrocarburos incluyen átomos de hidrógeno, la formación de H_2 u otros materiales o energía a partir de estos hidrocarburos presenta desafíos. Algunos de esos desafíos tienen que ver con el carbono liberado a la atmósfera, lo que puede tener consecuencias ambientales y regulatorias negativas. Por ejemplo, el monóxido de carbono puede liberarse de una reacción de reformado

con vapor de metano de acuerdo con la reacción $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO} + 3\text{H}_2$. En algunos reactores, puede liberarse dióxido de carbono a partir de procesos de combustión utilizados para estimular la reacción mencionada anteriormente. El paso de metano a una descarga de plasma puede provocar diversas reacciones químicas que dan lugar a la formación de H_2 . Por ejemplo, una cámara de reactor puede llenarse con un gas sustancialmente no oxidante, tal como metano, y al menos un par de electrodos pueden energizarse a un alto voltaje, suficiente para provocar la ruptura dieléctrica de un espacio entre los dos electrodos. El espacio puede ser de aproximadamente 10 a 20 mm, y los electrodos pueden energizarse a un potencial de aproximadamente 10 a 20 kV (por ejemplo, mediante una fuente de corriente alterna o de corriente continua). Un experto en la materia comprenderá que el voltaje y el espacio se pueden ajustar dependiendo de la ruptura dieléctrica del gas entre los electrodos (por ejemplo, presión, composición, etc.).

La descarga de plasma puede funcionar de manera tal que se produzcan reacciones químicas fuera de equilibrio. La condición de no equilibrio se puede mantener en presencia de un campo eléctrico lo suficientemente alto como para que los electrones tengan suficiente energía para iniciar la ionización no térmica, la disociación y la excitación química. Los campos eléctricos reducidos en estas modalidades de no equilibrio pueden variar desde docenas hasta cientos de Townsend (Td), en algunas modalidades. En condiciones de no equilibrio, las reacciones químicas pueden variar respecto a las de los sistemas de equilibrio. Por ejemplo, algunos procesos de reformado de metano en corriente (SMR por sus siglas en inglés) pueden producir proporciones de hidrógeno a monóxido de carbono de aproximadamente 3 a 1 ($\text{H}_2:\text{CO} = 3:1$). Varias modalidades de reactores de plasma de no equilibrio multifásicos (por ejemplo, reformadores) pueden variar, por ejemplo, desde aproximadamente 3 a 1 hasta aproximadamente 10 a 1 para algunas condiciones de operación.

En algunas modalidades, temperaturas de agua más altas (por ejemplo, superiores a 30 °C) o un flujo de agua más turbulento pueden incorporar más vapor a la zona de descarga de plasma y generar niveles proporciones relativamente bajas de $\text{H}_2:\text{CO}$. En algunas modalidades, temperaturas de agua más bajas (por ejemplo, menos de 30 °C) o un flujo de agua menos turbulento pueden incorporar menos vapor a la zona de descarga de plasma y generar proporciones relativamente altas de $\text{H}_2:\text{CO}$. Además, los reactores que generan proporciones relativamente altas de $\text{H}_2:\text{CO}$ pueden emplear temperaturas de agua más bajas (por ejemplo, basadas en el volumen de agua o un intercambiador de calor), presiones de sistema más altas (por ejemplo, controladas por válvulas de espacio de cámara), soluciones de agua salada (por ejemplo, controladas por la adición de sales u otras partículas), descargas de plasma más dinámicas y una mayor cantidad de plasma no térmico. Se pueden emplear reactores que emplean un líquido conductor que contiene menos oxígeno que el agua, por ejemplo, un aceite

conductor, para generar productos gaseosos que tienen proporciones de $H_2:CO$ relativamente altas, lo que puede reducir el impacto de las emisiones de dióxido de carbono del proceso general.

Una ruptura dieléctrica subsiguiente puede dar lugar a una descarga de plasma entre los electrodos, de modo que cuando un hidrocarburo, tal como el gas metano, pasa a través de la descarga, el hidrocarburo puede sufrir varias reacciones químicas que dan lugar a un producto de H_2 , diversos oxigenados o partículas de carbono que posteriormente pueden separarse, secuestrarse o utilizarse de otro modo.

El voltaje de funcionamiento del plasma puede ser menor que el voltaje energizado original, por ejemplo, 500 V a 3 kV. En la fase gaseosa, el hidrógeno se puede generar junto con otras especies tales como hidrocarburos gaseosos (por ejemplo, alcano o alqueno). En algunas modalidades, se pueden formar radicales hidroxilo y compuestos oxidados y parcialmente oxidados, tales como cuando se utiliza agua como electrodo líquido. En la fase líquida y sólida, por ejemplo, se pueden secuestrar y/o utilizar coproductos tales como sólidos de carbono, polímeros, alcoholes, etc. El hidrocarburo (por ejemplo, gas natural) puede pasar al reactor a través de un puerto de inyección de gas. En algunas modalidades, uno o más electrodos pueden ser huecos/canalados para permitir que el gas pase a través del electrodo hacia la descarga de plasma.

Los productos del sistema pueden presentarse en fase gaseosa, fase líquida y fase sólida. Por ejemplo, se pueden producir en los mismos alcoholes de cadena corta como metanol, etanol, propanol, propenol y cetonas. En la producción de hidrógeno a partir de hidrocarburos, se pueden producir óxidos de carbono gaseosos o sólidos de carbono. El coque (un sólido gris, duro y con alto contenido de carbono) es un producto potencial del procesamiento de hidrocarburos en ausencia de oxígeno. Tras la formación del mismo, este coque puede presentar un desafío para su transporte fuera del reactor y para evitar la contaminación (por ejemplo, la acumulación de material no deseado en superficies como electrodos). Se pueden realizar ciclos de mantenimiento en el equipo para eliminar el coque y otras acumulaciones. El reactor de plasma multifásico no térmico con electrodos líquidos puede transportar los sólidos producidos fuera del reactor para evitar o reducir dicho mantenimiento. El plasma no equilibrado, debido a la alta intensidad de las reacciones de procesamiento y al corto tiempo de residencia de las partículas dentro de la zona de reacción, puede producir partículas sólidas que tienen una escala de aproximadamente 10 nm a aproximadamente 1000 nm, en algunas modalidades. Dichos sólidos pueden cubrir una gran superficie, tal como la superficie de un electrodo, cuando no son transportados. A continuación, se presenta una tabla de composición no limitativa de algunos ejemplos de sólidos de nano-grafeno hidrofóbicos obtenidos por SEM-EDS; otras composiciones y estructuras sólidas se pueden formar variando

la temperatura, la presión, la corriente, la salinidad de la solución, los caudales, etc., del proceso.

5

Elemento	% Peso	% Atómico
C K	94.92	96.24
O K	4.7	3.58
Na K	0.16	0.09
Al K	.021	0.09

10

En algunas modalidades, los coproductos pueden ensuciar el reactor formando partículas sobre los electrodos, como en diversos sistemas de pirólisis térmica y pirólisis por descarga eléctrica. La suciedad puede ocurrir cuando las partículas se colectan y acumulan en las superficies impidiendo que tengan la geometría o las propiedades superficiales previstas (por ejemplo, conducción eléctrica). Por ejemplo, la contaminación con carbono conductor podría provocar que las superficies dieléctricas se vuelvan conductoras, modificando la descarga eléctrica. En algunas modalidades, la formación de contaminación se evita alejando los sólidos de las superficies mediante convección utilizando un líquido (conductor) como electrodo para la descarga. El líquido conductor puede incluir agua, metal fundido o aceite. El líquido conductor puede incluir varios componentes disueltos para ajustar su conductividad. Además, la cantidad de dichos componentes disueltos se puede ajustar o mantener. Al igual que un electrodo metálico, un electrodo líquido conductor puede servir como electrodo de circuito eléctrico para el límite del plasma. Una porción del líquido puede volatilizarse y convertirse en un componente de la descarga de plasma. La porción volatilizada puede depender y ser controlada, correlacionándose con un punto de ebullición del electrodo líquido, el calor específico del electrodo líquido o similar.

15

20

25

En algunas modalidades, el electrodo líquido incluye agua, la evaporación de una porción del electrodo de agua puede agregar vapor o reformado de metano y agregar reacciones de desplazamiento de agua a la química del sistema. En algunas modalidades, el electrodo líquido incluye agua junto con sal, en donde esta evaporación inyecta elementos alcali, alcalinos o metálicos en la descarga de plasma (por ejemplo, Na, Ca, Mg, K). Estos elementos pueden reducir significativamente el campo eléctrico requerido para sostener el plasma y mejorar la eficiencia de la generación de plasma (por ejemplo, reduciendo el campo eléctrico para sostener el plasma a la misma corriente en un 10 % - 50 % de acuerdo con algunas modalidades), en relación con otros elementos que pueden emplear energía adicional para ionizar (por ejemplo, carbono).

30

35

Se puede pasar un líquido conductor sobre uno o más de los electrodos, lo que puede

limpiar cualquier contaminación (por ejemplo, contaminación sólida de carbono) en los electrodos, enfriar los electrodos, etc. En algunas modalidades, se puede pasar un líquido conductor sobre uno o más de los electrodos durante el funcionamiento, de modo que el líquido conductor pueda actuar como electrodo. Por ejemplo, el líquido conductor puede comprender una sal u otro material (por ejemplo, NaCl, sólidos de carbono, etc.) que puede aumentar la conductividad del líquido conductor y puede permitir que el líquido conductor funcione como una extensión efectiva del electrodo. Ventajosamente, dicha modalidad puede dar como resultado el enfriamiento de la cámara que comprende los electrodos durante el funcionamiento, eliminar y/o evitar la acumulación de carbono a lo largo de los electrodos sólidos y puede dar como resultado además una disponibilidad adicional de vapor, lo que puede aumentar la producción de hidrógeno (por ejemplo, mediante la reacción metano-agua, en el caso de un electrodo que contenga agua). Además, dicha modalidad puede utilizar el movimiento turbulento y/o de vórtice del líquido conductor para eliminar la contaminación de carbono, los polímeros y/u otros sólidos de la cámara (por ejemplo, a través de un área de recolección, permitiendo que varios sólidos precipiten de la solución, pasando el líquido conductor a través de un elemento de filtrado, etc.). Las diversas corrientes de líquido conductor en este ejemplo pueden mantenerse a potenciales significativamente diferentes y aislarse eléctricamente corriente arriba para garantizar una descarga de alto voltaje entre los electrodos de líquido conductor.

En algunas modalidades, se pueden emplear varias características mecánicas de una funda dieléctrica, los electrodos y varios componentes adicionales (por ejemplo, ventiladores, imanes, calentadores, etc.) para dirigir el flujo del líquido conductor, un gas de hidrocarburo, impartir fuerzas sobre el plasma y acelerar o retardar varias reacciones químicas. En algunas modalidades, el electrodo, el dieléctrico y la cánula (por ejemplo, varios puertos de inyección) se pueden colocar uno respecto del otro para aumentar la interacción del plasma con el gas no procesado. Por ejemplo, un manguito dieléctrico puede extenderse más allá del extremo de un electrodo hueco para forzar el punto de fijación del plasma en una superficie interior del electrodo. Se puede utilizar una combinación de flujo axial y de remolino para convección del gas a través de la descarga para lograr un tiempo de residencia deseado del gas dentro de la zona de descarga activa. De manera similar, se puede aplicar un campo magnético al plasma para convección de la descarga de plasma a través del gas. Un imán permanente o electroimán puede generar un campo magnético (por ejemplo, axial). Combinado con el campo eléctrico radial, E , y la corriente radial, J , entre el electrodo en la pared exterior y el electrodo en la línea central, se puede generar una fuerza de Lorentz en la dirección azimutal $J \times B$. Esto puede provocar que el plasma rote en dirección azimutal (por ejemplo, formando un remolino). Este movimiento puede aumentar la tasa de reacciones de plasma fuera de equilibrio y distribuir aún más la formación de síntesis de partículas de carbono, lo que puede evitar que se acumulen

partículas contaminantes.

Aunque muchas modalidades orientarán los electrodos superior e inferior verticalmente, como se muestra en las diversas figuras en el presente documento, algunas modalidades, incluidas varias modalidades que comprenden electrodos fluídicos (es decir, donde una porción terminal del electrodo es un fluido tal como agua), pueden orientar los electrodos verticalmente o de otra manera. Además, las posiciones de los electrodos superior e inferior pueden invertirse, ya sea mecánica o eléctricamente. Así, la nomenclatura superior e inferior de los electrodos tiene como único fin hacer referencia a las figuras del presente documento, y no limitar esta divulgación, la cual contempla los electrodos superior e inferior en varias posiciones y con varias polarizaciones relativas. Además, los electrodos pueden denominarse de manera similar como primero y segundo (y tercero y cuarto, interno y externo, y así sucesivamente). Estas designaciones no pretenden limitar la ubicación, polarización, orden de fabricación o energización de los diversos electrodos y son simplemente para claridad de referencia. Por ejemplo, en otra modalidad, la descarga puede ocurrir entre un electrodo ubicado central/axialmente y la pared interior de un anillo cilíndrico, siendo la descarga predominantemente en dirección radial. El líquido conductor puede ser introducido al anillo exterior mediante inyección tangencial o movimiento de remolino. El líquido conductor también puede fluir radialmente fuera del electrodo central. El término remolino puede referirse a una rotación circular o espiral dentro del cuerpo del reactor. Por ejemplo, cualquier fluido (por ejemplo, fluido vapor o líquido) junto con cualquier remolino de plasma que responda a fuerzas magnéticas, fuerzas eléctricas, velocidad de entrada de gas, velocidad de entrada de líquido conductor, rotación mecánica, etc.

La temperatura del líquido conductor se puede controlar ajustando el volumen de agua inyectada o extraída del reactor. Por ejemplo, para un electrodo de agua, se puede mantener una temperatura inferior a 30 °C aumentando el caudal de agua a través del reactor, o aumentarla reduciendo el caudal de agua a través del reactor para controlar su presión parcial en la mezcla de gas de hidrocarburo/vapor de agua. Esto puede reducir los productos oxidativos, incluidos el CO y el CO₂, que son productos del reformado con vapor de plasma de los hidrocarburos. De manera similar, se puede aumentar la presión dentro del reactor de modo que haya menos evaporación de los materiales del electrodo líquido. Nuevamente en el ejemplo de un electrodo de agua, este aumento de presión reducirá la producción de CO y CO₂ relativo a la producción de H₂. Todo el líquido o sólo una parte del líquido se evapora al entrar en contacto con el calor y el plasma en el reactor, por lo que el caudal se puede determinar en combinación con la velocidad del vapor que entra o sale del reactor.

Asimismo, se puede ajustar un caudal del fluido conductor para controlar la conductividad del mismo. Por ejemplo, un tanque de sedimentación, un filtro, un espumador u

otro separador de partículas tales como sales, sólidos de carbono o similares pueden eliminar partículas del agua de tal manera que al ajustar el caudal del líquido conductor entre el reactor y el separador se puede controlar la conductividad del líquido conductor. El reactor puede ajustar el caudal para controlar el caudal de modo que el flujo de líquido sea eficaz para eliminar la contaminación en el electrodo, controlar la temperatura del reactor, etc. El caudal se puede controlar de modo que la pérdida conductiva a través del líquido se mantenga por debajo de un umbral. Por ejemplo, el reactor puede incluir o interactuar con un controlador configurado para ejecutar instrucciones de un medio no transitorio. El controlador puede estar en comunicación en red con varias válvulas descritas en el presente documento, junto con sensores para determinar la temperatura, la presión, la conductividad y otras propiedades del reactor, tales como el líquido conductor, y puede hacer que las diversas válvulas se activen en respuesta a las comparaciones de los valores detectados con los umbrales.

En algunas modalidades, el material del recipiente que contiene el líquido conductor está formado por componentes conductores o componentes dieléctricos. De manera similar, el tubo hueco que conduce el líquido conductor puede ser conductor o dieléctrico. La construcción de un circuito en el que todos los materiales en contacto con el líquido conductor son ya sea dieléctricos o plasma se puede configurar de tal manera que ningún metal o conductor sólido entre en contacto con el líquido conductor. Tal configuración puede, ventajosamente, facilitar la fabricación de modalidades que tengan reacciones electroquímicas en electrodos (por ejemplo, reacciones tanto anódicas como catódicas) que pueden suprimirse para evitar reacciones químicas de iones metálicos. Alternativamente o, además, los recipientes que contienen los flujos de líquido conductor pueden estar hechos de conductores específicos para introducir específicamente ciertos iones metálicos en beneficio de los productos generados. Por ejemplo, un experto en la materia estaría versado en el campo del crecimiento de nanotubos y entendería que las partículas metálicas de Ni pueden servir como semillas para la síntesis de nanopartículas de carbono de diversas geometrías. En algunas modalidades, los iones de Ni en solución en la interfaz líquido conductor-plasma pueden servir como semillas para el crecimiento de nanotubos a través de una o más vías químicas.

Haciendo referencia a la FIGURA 1, se proporciona un diagrama en sección transversal de un reactor de gas de hidrocarburo 100 de acuerdo con varias modalidades. El reactor 100 comprende un electrodo superior hueco 110, un puerto de inyección de líquido conductor 120 y una funda dieléctrica 130. El electrodo superior 110 está conectado a un primer voltaje, tal como por ejemplo a través de una barra colectora, un cable, etc. En algunas modalidades, varios electrodos pueden energizarse cargando líquidos conductores 120 con una carga eléctrica y luego permitiendo que gotas del líquido conductor 125 caigan sobre el electrodo inferior 160, lo que puede, ventajosamente, permitir el aislamiento eléctrico de los electrodos. El centro hueco

del electrodo superior 110 puede configurarse para pasar gas de hidrocarburo desde una ubicación de instalación de almacenamiento, una empresa de servicios públicos o una de pozo profundo hacia la cámara del reactor a lo largo de una trayectoria de flujo 140.

El electrodo superior 110 puede comprender uno o más elementos conductores. Por ejemplo, un primer elemento metálico puede estar conectado a una primera fuente de voltaje, y un segundo elemento fluídico puede ser un líquido conductor 125, tal como una solución acuosa que comprende agua y aditivos para ajustar la viscosidad, conductividad, etc. Dicha solución acuosa se denomina en el presente documento como agua, para facilitar la referencia. Por ejemplo, se pueden agregar sales (por ejemplo, NaCl) al agua para aumentar la conductividad del agua, de modo que el agua en contacto con el primer electrodo (es decir, la primera agua) pueda energizarse a aproximadamente el primer voltaje.

En algunas modalidades, el líquido conductor puede incluir un metal fundido (por ejemplo, puede ser o incluir cerio, galio, una combinación de los mismos o similares). El metal puede ser líquido a temperaturas cercanas a la ambiente (por ejemplo, menos de 100 °C, tal como menos de 30 °C), lo que puede reducir el consumo de energía del reactor. En algunas modalidades, el líquido conductor incluye un líquido de hidrocarburo (que nominalmente puede ser de baja conductividad) con partículas conductoras de carbono o metálicas en la solución. Estos pueden incluir micro o nanopartículas en la solución. Las partículas podrían agregarse al líquido o sintetizarse dentro del sistema y reciclarse dentro del flujo de líquido. El líquido conductor puede incluir una mezcla de varios líquidos descritos en el presente documento y similares.

El electrodo inferior 160 se representa como un electrodo de líquido conductor que puede cubrir un elemento conductor (no representado) para conectar a tierra el líquido conductor (por ejemplo, un plano de tierra, una barra colectora, una correa de tierra, etc.). Un segundo puerto de inyección de líquido conductor puede proporcionar líquido conductor al electrodo inferior. Por ejemplo, en la FIGURA 1, el segundo puerto de líquido conductor es el conductor superior (es decir, el primer líquido conductor puede caer al segundo líquido conductor, ya sea directamente como gotas o después de vaporizarse y volverse a condensar). El segundo electrodo 160 puede ser energizado a un segundo voltaje, que, en relación con el primer electrodo, excede el voltaje de ruptura dieléctrica de un espacio (es decir, una distancia mínima) entre los electrodos superior 110 e inferior 160 (incluido el líquido conductor 125 incluido en los electrodos 110, 160), de modo que se forma un plasma 150. La abertura en el centro del electrodo superior hueco 110 se puede utilizar para pasar gas de hidrocarburo (por ejemplo, metano) al espacio entre los electrodos superior e inferior, de modo que el gas ingrese al plasma 150 a una velocidad controlada, induciendo varias reacciones químicas, incluida la formación de H₂. El reactor puede ser un reactor multifásico, en donde un material tal como un hidrocarburo

puede reaccionar en una pluralidad de fases (por ejemplo, fase sólida, fase líquida, fase gaseosa y fase de plasma).

La funda dieléctrica 130 puede proporcionar soporte mecánico al electrodo superior 110, tal como por ejemplo adhiriendo el electrodo superior 110 a una superficie superior o lateral del reactor, proporcionando retención de fluido para el electrodo (por ejemplo, para mantener el líquido conductor a lo largo del electrodo). El caudal del líquido conductor se puede configurar para mantener el líquido conductor a lo largo del electrodo, mantener un nivel deseado de vapor de líquido conductor, etc. Además, el líquido conductor puede comprender varios agentes espesantes, detergentes, etc. para adherir el líquido conductor a los electrodos, evitar una conexión eléctrica (por ejemplo, un cortocircuito) entre el primer y el segundo electrodo además o como alternativa para controlar el flujo del líquido conductor, la suavidad de la superficie, la posición superior o inferior del electrodo, etc.

En algunas modalidades, la cantidad de sal, partículas u otros aditivos añadidos al líquido conductor puede controlar la conductividad del mismo, para controlar la formación de diversas sustancias. Por ejemplo, la adición de NaCl a una concentración de aproximadamente 3 % puede dar como resultado la formación de una proporción relativamente grande de sólidos de carbono, mientras que el NaCl a una concentración de aproximadamente 0.1 % puede dar como resultado la formación de una proporción relativamente grande de polímeros. En el oxígeno, incluidos los líquidos conductores, tales como el agua, una porción del líquido conductor puede formar CO o CO₂. Los hidrocarburos, incluidos los líquidos conductores, pueden reducir la oxidación y contribuir a la producción de partículas sólidas o gases de hidrocarburos. Un experto en la materia comprenderá que la creación de diversos coproductos puede variar de acuerdo con la presión, la temperatura, la cantidad, el caudal y la composición del gas de hidrocarburo y el líquido conductor. Se pueden crear diversos coproductos correspondientes a diversas entradas. El líquido conductor puede ser suministrado al primer conductor mediante un inyector de líquido conductor que puede inyectar líquido conductor a través del primer puerto de inyección de líquido conductor 120 desde fuera del reactor y/o reciclar líquido conductor desde el reactor.

Haciendo referencia a la FIGURA 2, se proporciona otro diagrama en sección transversal de un reactor de gas de hidrocarburo 200, de acuerdo con algunas modalidades. Como se representa, el líquido conductor 125 es recibido alrededor de un perímetro exterior de la funda dieléctrica 130, lo que puede, ventajosamente, simplificar el diseño del electrodo superior 110. La funda dieléctrica puede estar biselada o formada de otro modo para pasar el líquido conductor 125 a lo largo del borde del electrodo (por ejemplo, a lo largo de la superficie del electrodo superior, a través de canales en el electrodo configurados para recibir el líquido conductor 125, etc.). Ventajosamente, dicha modalidad puede evitar la pluralidad de aberturas

generalmente concéntricas que se encuentran en el electrodo superior de la FIGURA 1.

El electrodo superior 110 puede ser una cánula (por ejemplo, un electrodo capilar de acero inoxidable) configurada para recibir un gas de hidrocarburo que incluye gas natural (por ejemplo, etano, metano, propano, etc.). Una trayectoria de flujo 140 del gas de hidrocarburo
 5 representa una migración neta del gas hacia la cámara, que puede corresponder a un gradiente de presión entre una fuente de gas y el reactor.

Haciendo referencia a la FIGURA 3, se proporciona aún otro diagrama en sección transversal de un reactor de gas de hidrocarburo 100, de acuerdo con algunas modalidades. Como se representa, el gas de hidrocarburo 305 se introduce desde un electrodo inferior 160,
 10 lo que puede, ventajosamente, simplificar la construcción del electrodo superior. El gas de hidrocarburo 305 es guiado hacia el electrodo superior a través de un inyector de gas de hidrocarburo 310. En algunas modalidades, el inyector de gas de hidrocarburo 310 puede ser un elemento conductor que energiza el líquido conductor que es, o está en contacto con, el
 15 segundo electrodo 160, a un segundo voltaje. En algunas modalidades, el líquido conductor 125 puede energizarse de otra manera a un segundo voltaje, y el gas de hidrocarburo 305 puede guiarse de otra manera (por ejemplo, mediante un puerto no conductor tal como vidrio o plástico, mediante dinámica de fluidos tal como un vórtice dentro del líquido conductor, etc.). En algunas modalidades, una pluralidad de electrodos superiores 110 o un electrodo superior 110 de gran
 20 área de sección transversal pueden obviar la necesidad de guiar el metano, excepto mediante la selección de un punto de inserción adecuado. Un experto en la materia comprenderá que varios elementos de las modalidades representadas pueden ajustarse, modificarse y sustituirse entre sí, y que varias presiones mecánicas, etc. u otros mecanismos pueden proporcionar un par de electrodos fluídicos que conduzcan líquido a una primera velocidad controlada, e introducir un flujo controlado de gas de hidrocarburo a una segunda velocidad controlada, y
 25 pueden mantener o ajustar la distancia entre esos electrodos, la primera velocidad, la segunda velocidad, etc.

Con referencia a las FIGURAS 4-6, se proporcionan sistemas de secuestro de carbono, de acuerdo con diversas modalidades. Los sistemas se pueden emplear para la quema de gas natural u otras fuentes de gas. El gas natural puede procesarse como un subproducto incidental
 30 (por ejemplo, durante la extracción de petróleo) y puede liberarse a la atmósfera, lo que puede ser indeseable (por ejemplo, por razones ambientales y/o regulatorias). El gas natural puede comprender una pluralidad de componentes, incluido el metano. Para diferenciar entre el gas natural en su forma originalmente constituida y las formas procesadas posteriormente, la sustancia originalmente constituida puede denominarse gas asociado o gas natural crudo. El
 35 gas natural crudo a menudo se quema, lo que puede controlar la presión del gas natural (por ejemplo, en un sitio de extracción de petróleo), pero también puede liberar dióxido de carbono

y metano no quemado. Algunas modalidades pueden procesar gas natural (por ejemplo, que comprende metano) mediante cualquiera de los métodos descritos en el presente documento. En algunas modalidades, el gas de hidrocarburo es de origen biológico (por ejemplo, biogás de un digestor anaeróbico). De esta manera, al menos una porción del gas natural crudo puede

5 convertirse en H_2 , sólidos de carbono, polímeros que contienen carbono y productos químicos adicionales que contienen carbono en solución acuosa (por ejemplo, alcoholes, cetonas, aldehídos, ácidos grasos, etc.). Los nuevos productos también pueden separarse (por ejemplo, separarse preferentemente) para absorberse en la fase sólida o en una fase líquida inmiscible (por ejemplo, una fase oleosa con alcanos, alquenos, etc. condensables), así como diversos

10 productos gaseosos (por ejemplo, acetileno, monóxido de carbono, etc.). Los diversos productos pueden luego ser capturados para su reutilización o procesamiento posterior, o pueden ser quemados (por ejemplo, mediante una fuente de ignición como una luz piloto o un encendedor eléctrico) como una bengala que puede satisfacer preocupaciones de seguridad o preocupaciones regulatorias. Ventajosamente, dado que al menos una porción del metano se

15 convierte en H_2 , y al menos una porción del carbono (por ejemplo, los sólidos de carbono) se pone a disposición para su secuestro, la antorcha resultante puede emitir menos CO_2 que el gas natural bruto. En algunas modalidades, puede estar presente un sitio de emisión de quema de carbón adicional (por ejemplo, a prueba de fallas) que puede permitir la ventilación continua y, en algunas modalidades, la quema del gas natural crudo.

20 Haciendo referencia específicamente a la FIGURA 4 proporciona un diagrama de bloques de un sistema 400 para procesar gases de hidrocarburos, de acuerdo con algunas modalidades. Una unidad de fuente de alimentación 405 proporciona electricidad a un reactor de hidrocarburos 100. La unidad de fuente de alimentación 405 puede incluir un panel solar, energía basada en la red u otra fuente de energía (por ejemplo, una fuente de energía basada

25 en gas natural o petróleo). El reactor de hidrocarburos 100 puede recibir gas de hidrocarburos de una fuente de entrada de gas de hidrocarburos 410 que puede ser una fuente de pozo profundo, un digestor anaeróbico u otra fuente. El reactor de hidrocarburos 100 puede ser intermediado por una o más válvulas de entrada de gas 475. A medida que funciona el reactor de hidrocarburos 100, un material de electrodo fluídico puede acumular carbono u otros

30 materiales en su interior. El reactor de hidrocarburos 100 puede conectarse a un tanque de sedimentación 420 u otro procesamiento para controlar (por ejemplo, eliminar o agregar) el material acumulado. Una válvula de salida de fluido del reactor 415 puede controlar una velocidad de fluido retirado del reactor de hidrocarburos 100, lo que puede controlar un contenido del fluido del reactor. El tanque de sedimentación 420 puede separar fluidos, gases

35 arrastrados y materia de partículas y puede incluir filtros, separadores, espumadores o similares. Una bomba (por ejemplo, una bomba de líquido clarificado) puede devolver el fluido a los

reactores. Una válvula de entrada de fluido del reactor 460 puede controlar una velocidad o presión de retorno de fluido. El tanque de sedimentación 420 puede recibir el agua de una fuente de agua 465, a través de una válvula de fuente de agua 470. Como se ha descrito anteriormente, las diversas referencias al agua pueden sustituirse por diversos líquidos conductores tales como metales o aceites que tengan macro o nanopartículas dispuestas en ellos. Por ejemplo, la fuente de agua 465 puede ser una fuente de metal fundido 465.

El reactor de hidrocarburos 100 puede suministrar gas de hidrocarburos a un condensador 430 a través de una válvula de salida del reactor 425. El condensador 430 puede enviar gas a un tambor de extracción (KO por sus sigla en inglés) 440, que puede separar vapores, gases y fluidos arrastrados. Los fluidos arrastrados y los vapores condensados pueden devolverse al tanque de sedimentación mediante una válvula fluídica de tambor KO 435. El gas puede salir a través de una válvula de salida de gas 480 a una salida de gas 445 que puede incluir una antorcha, almacenamiento de gas, producción de energía o similar. Los sólidos del tanque de sedimentación pueden pasar a través de una bomba 442 (por ejemplo, una bomba de lodo de carbono) para secuestrar o desechar de otro modo los compuestos que contienen carbono en un lugar de almacenamiento 450.

Haciendo referencia específicamente a la FIGURA 5 proporciona otro diagrama de bloques de un sistema 500 para procesar gases de hidrocarburos, de acuerdo con algunas modalidades. El sistema 500 incluye una salida de gas 505 que puede recibir un gas de hidrocarburo refinado tal como hidrógeno. El sistema 500 puede incluir muchos de los diversos componentes de la FIGURA 4, junto con un tambor KO de segunda etapa 520. El tambor KO de segunda etapa 520 puede recibir una salida del tambor KO de primera etapa 440 de la FIGURA 4, que puede estar intermediado por un compresor 510 y un condensador 515 para eliminar aún más vapor, fluidos u otro contenido. Dichos fluidos pueden devolverse al tanque de sedimentación 420 a través de una válvula fluídica de segunda etapa 525. El gas puede pasar además a través de un secador 530 y una porción de purificación basada en H_2 535 (por ejemplo, un purificador de membrana). Gas purificado (por ejemplo, H_2 gas) se puede proporcionar desde la porción de purificación 535 y otras porciones de gas se pueden transportar a la salida de gas 505 para una antorcha u otra disposición.

En algunas modalidades, una porción del gas natural procesado se puede utilizar para generar energía eléctrica, tal como mediante el uso de una celda de combustible de H_2 o turbina de hidrógeno de un motor y generador. Ventajosamente, dicha fuente de energía puede complementar o eliminar la necesidad de energía suministrada por la red para operar el reactor. También se puede producir un excedente de energía eléctrica (mayor que el necesario para alimentar la descarga de plasma) y venderlo o utilizarlo en otros procesos. Haciendo referencia específicamente a la FIGURA 6, dicha celda de combustible 605 puede recibir una salida de la

porción de purificación 535 del sistema, y puede suministrar energía desde allí al reactor de hidrocarburos 100.

La FIGURA 7 representa una porción de secuestro de un sistema 700 para procesar gases de hidrocarburos, de acuerdo con algunas modalidades. La porción de secuestro se puede emplear con otros sistemas tales como los sistemas representados en las FIGURAS 5, 6 y 7. De hecho, las diversas modalidades proporcionadas en el presente documento pueden sustituirse, modificarse o combinarse de otro modo.

Una válvula de entrada de fluido del reactor 705, una válvula de salida 710 y una válvula de transferencia 715 pueden mantener un caudal dentro y fuera del reactor. Un filtro, espumador u otro separador puede recibir fluido desde la válvula de salida 710 o la válvula de transferencia 715, y proporcionar una primera porción de carbono (por ejemplo, sólidos de baja densidad) para secuestro. Otro material puede pasar al tanque de sedimentación 420. El tanque de sedimentación puede recibir otros fluidos, incluidos líquidos conductores del reactor u otras fuentes. El tanque de sedimentación 420 puede proporcionar el material a una bomba de agua 455 o a un enfriador 740 en serie con un ciclón 745 (por ejemplo, un hidrociclón) para densificar el carbono que posteriormente puede secuestrarse.

Los sistemas representados 400, 500, 600, 700 no pretenden ser limitantes y se pueden agregar, omitir, sustituir o modificar varios elementos. Por ejemplo, un tambor de lavado con vapor puede intermediar el tanque de sedimentación de sólidos 420 desde el suministro de líquido conductor y devolver una porción de vapor o líquido a un tambor KO 440. El tambor de lavado a vapor y el tambor KO 440 pueden estar intermediados por un condensador 430. Un intercambiador de calor puede reducir la temperatura del líquido conductor y devolver el líquido conductor enfriado al reactor 100. Algunas modalidades pueden omitir una antorcha y pueden incluir una línea de captación para todos o todos o todos los que no sean H₂ gas.

La FIGURA 8 muestra otra vista en sección transversal del reactor de hidrocarburos 100, de acuerdo con algunas modalidades. Un electrodo inferior 160 puede proporcionar un gas de hidrocarburo a lo largo de una misma trayectoria de flujo 140 como se representa en la FIGURA 4. Un electrodo superior 110 puede incluir un líquido conductor 125. Por ejemplo, el reactor de la FIGURA 8 puede ser el mismo reactor de la FIGURA 4, en donde una superficie de ambos electrodos 110, 160 comprende un líquido conductor tal como un metal fundido.

La FIGURA 9A muestra una vista en sección transversal de un reactor de hidrocarburos, de acuerdo con algunas modalidades. Un puerto de inyección de gas 905 de un electrodo superior 110 proporciona gas de hidrocarburo a un cuerpo del reactor 940. El puerto de inyección de gas 905, al igual que otros puertos descritos en el presente documento, puede recibir diversas cantidades o presiones de gas de acuerdo con diversas geometrías del reactor. Por ejemplo, en algunas modalidades, el puerto de inyección de gas 905 recibe entre 0.5 y 20

litros estándar por minuto (SLPM por sus siglas en inglés) de gas de hidrocarburo. Una funda dieléctrica 130 aísla eléctricamente el electrodo superior 110 del cuerpo del reactor 940.

Un primer puerto de inyección de líquido conductor 120A está configurado para recibir un líquido conductor (no representado) para pasar el líquido conductor a lo largo de la pared exterior (por ejemplo, la pared lateral 935) del reactor. Un canal de líquido 910, interno al reactor, puede hacer que el líquido se arremoline tangencialmente a lo largo de la pared lateral 935 del mismo. El primer puerto de inyección de líquido conductor 120A puede recibir un líquido conductor a una velocidad de aproximadamente 0.1 a 20 SLPM. Un segundo puerto de inyección de líquido conductor 120B está configurado para recibir un líquido conductor para el flujo del electrodo inferior y el enfriamiento, al menos una porción del cual puede vaporizarse o ionizarse en el reactor. El segundo puerto de inyección de líquido conductor 120B puede recibir un líquido conductor a una velocidad de aproximadamente 0 a 100 centímetros cúbicos estándar por minuto (SCCM por sus siglas en inglés).

En algunas modalidades, la cámara puede incluir varias porciones que están acopladas selectivamente, tal como por ejemplo mediante los pasadores de sujeción 920 representados. La eliminación de los pasadores de sujeción puede permitir que se abra el reactor (por ejemplo, para realizar tareas de mantenimiento tales como la eliminación periódica de contaminación). Una pluralidad de imanes permanentes 925 están dispuestos alrededor de la pared lateral 935 del reactor. La pluralidad de imanes permanentes 925 puede generar campos magnéticos entre reactores de aproximadamente 0.01 Teslas a 0.5 Teslas (100 gauss a 5000 gauss). En diversas modalidades, se pueden emplear imanes más fuertes, más débiles o variables (por ejemplo, electroimanes). Los imanes 925 pueden, en combinación con el campo eléctrico, hacer que el plasma se arremoline, lo que puede aumentar la eficiencia del reactor debido al aumento de reacciones. El campo magnético puede reducir las fugas y aumentar la cantidad de plasma no térmico. Una válvula de salida de agua 915 puede liberar agua del reactor. Haciendo referencia ahora a la FIGURA 9B, se proporciona una vista isométrica del reactor de hidrocarburos de la FIGURA 9A, de acuerdo con algunas modalidades. Una válvula de salida de gas 930 puede hacer que se extraiga gas del reactor para controlar la presión del mismo o para recolectar el gas. El gas puede ser refinado (por ejemplo, con alto contenido de H_2) en relación con la entrada de gas de hidrocarburo al reactor.

A continuación, se incluyen posibles modalidades del enfoque divulgado, representativas de otros ejemplos que no pretenden ser limitantes de ningún modo:

Modalidad A1: Un reactor de hidrocarburos de plasma de no equilibrio multifásico que comprende: un primer electrodo, configurado para recibir un primer líquido conductor desde un primer puerto de inyección, y energizar dicho primer líquido conductor a un primer voltaje; y un segundo electrodo situado a una distancia del primer electrodo, el segundo electrodo

configurado para recibir un segundo líquido conductor desde un segundo puerto de inyección, y energizar dicho segundo líquido conductor a un segundo voltaje de manera que una diferencia entre el primer voltaje y el segundo voltaje exceda una ruptura dieléctrica de un gas dispuesto dentro del reactor por la distancia.

5 Modalidad A2: El reactor de la Modalidad A1, que comprende además un puerto de inyección de gas configurado para suministrar el gas al reactor de gas de hidrocarburo.

Modalidad A3: El reactor de la Modalidad A2, en donde el puerto de inyección de gas es uno de los primer o segundo electrodos.

10 Modalidad A4: El reactor de cualquiera de las Modalidades A1 a A3, en donde el gas dispuesto dentro del reactor es un gas no oxidante que comprende hidrocarburos.

Modalidad A5: El reactor de la Modalidad A4, en donde los hidrocarburos comprenden gas natural.

15 Modalidad A6: El reactor de cualquiera de las Modalidades A1 a A5, en donde una funda dieléctrica, junto con el primer puerto de inyección, suministra el primer líquido conductor al primer electrodo.

Modalidad A7: El reactor de cualquiera de las Modalidades A1 a A6, que comprende además un primer respiradero de salida para el gas y una fuente de ignición configurada para encender el gas de respiradero.

20 Modalidad A8: El reactor de cualquiera de las Modalidades A1 a A7, que comprende además un respiradero de derivación, configurado para ventilar el gas antes de su introducción en el reactor.

Modalidad A9: El reactor de cualquiera de las Modalidades A1 a A8, que comprende además un generador eléctrico alimentado, configurado para recibir hidrógeno generado dentro del reactor para generar energía eléctrica.

25 Modalidad A10: El reactor de la Modalidad A9, en donde el generador eléctrico alimentado comprende al menos uno de un sistema de absorción por oscilación de presión (PSA), un sistema de absorción por oscilación de temperatura (TSA), un purificador de membrana o un sistema de purificación de secador.

30 Modalidad A11: El reactor de cualquiera de las Modalidades A1 a A10, en donde el reactor está configurado para generar remolinos de plasma radial y líquido a lo largo de una superficie interior de una pared lateral del mismo.

Modalidad A12: El reactor de la Modalidad A11, en donde el reactor incluye una pluralidad de imanes dispuestos alrededor de una superficie exterior de la pared lateral del mismo.

35 Modalidad A13: El reactor de cualquiera de las Modalidades A1 a A12, en donde el reactor está configurado para ajustar un caudal del primer líquido conductor o del segundo

líquido conductor basándose al menos en parte en una conductividad del respectivo líquido conductor.

5 Modalidad B1: Un sistema que comprende: un reactor de hidrocarburos de plasma que comprende: un primer puerto de inyección configurado para suministrar un primer líquido conductor a un primer electrodo; un segundo puerto de inyección configurado para suministrar un segundo líquido conductor a un segundo electrodo que está a una distancia del primer electrodo; y un puerto de inyección de gas configurado para suministrar un gas de hidrocarburo al reactor de hidrocarburos de plasma; y un controlador configurado para generar, a través de una fuente de alimentación, un campo eléctrico entre el primer y el segundo electrodo.

10 Modalidad B2: El sistema de la Modalidad B1, en donde el primer puerto de inyección y el segundo puerto de inyección son puertos diferentes.

 Modalidad B3: El sistema de la Modalidad B1 o B2, en donde el puerto de inyección de gas es uno de los primer o segundo electrodos.

15 Modalidad B4: El sistema de cualquiera de las Modalidades B1 a B3, que comprende además: una pluralidad de imanes dispuestos alrededor de una superficie exterior de una pared lateral del reactor de hidrocarburos de plasma de no equilibrio multifásico.

 Modalidad B5: El reactor de cualquiera de las Modalidades B1 a B4, en donde el controlador está configurado además para generar un remolino de plasma radial en combinación con el campo eléctrico entre el primer y el segundo electrodos.

20 Modalidad C1: Un método que comprende: recibir, mediante un reactor de hidrocarburos, un primer líquido conductor en un primer puerto de inyección; recibir, mediante el reactor de hidrocarburos, un segundo líquido conductor en un segundo puerto de inyección, estando el segundo líquido conductor separado del primer líquido conductor por una distancia; recibir, mediante el reactor de hidrocarburos, un gas de hidrocarburo; y energizar el primer líquido conductor a un primer voltaje y el segundo líquido conductor a un segundo voltaje de manera que una diferencia entre el primer voltaje y el segundo voltaje exceda una ruptura dieléctrica del gas de hidrocarburo.

30 Modalidad C2: El método de la Modalidad C1, que comprende además: recibir, desde el reactor, un líquido conductor del mismo; separar una primera porción de partículas conductoras del líquido conductor; y posteriormente, inyectar el líquido conductor separado en el reactor.

 Modalidad C3: El método de la Modalidad C1 o C2, que comprende además: recibir, del reactor, el segundo líquido conductor; enfriar, mediante un intercambiador de calor, el segundo líquido conductor; e inyectar el segundo líquido conductor enfriado en el reactor.

35 Para los fines de esta divulgación y a menos que se especifique lo contrario, “un” o “una” significa “uno o más”. Tal como se utiliza en el presente documento, el término “aproximadamente” será entendido por personas con conocimientos ordinarios en la materia y

variará en cierta medida dependiendo del contexto en el que se utilice. Si hay usos del término que no son claros para las personas con conocimientos ordinarios en la materia, dado el contexto en el que se utiliza, “aproximadamente” significará hasta más o menos el 10 % del término en particular.

5 Las referencias a “o” pueden interpretarse como inclusivas, de modo que cualquier término descrito utilizando “o” puede indicar cualquiera de uno solo, más de uno y todos los términos descritos. Las referencias a al menos uno de una lista conjuntiva de términos pueden interpretarse como un O inclusivo para indicar cualquiera de uno solo, más de uno o todos los términos descritos. Por ejemplo, una referencia a “al menos uno de ‘A’ y ‘B’” puede incluir solo
10 ‘A’, solo ‘B’, así como tanto ‘A’ como ‘B’. Dichas referencias utilizadas junto con “que comprende” u otra terminología abierta pueden incluir elementos adicionales.

Todas las publicaciones, solicitudes de patente, patentes emitidas y otros documentos a los que se hace referencia en esta memoria descriptiva se incorporan en el presente documento como referencia como si cada publicación, solicitud de patente, patente emitida u
15 otro documento individual se hubiera indicado específica e individualmente para ser incorporado como referencia en su totalidad. Las definiciones contenidas en el texto incorporadas por referencia quedan excluidas en la medida en que contradigan las definiciones de esta divulgación.

Las modalidades descritas en el presente documento de forma ilustrativa se pueden
20 practicar adecuadamente en ausencia de cualquier elemento o elementos, limitación o limitaciones, no divulgados específicamente en el presente documento. Así, por ejemplo, los términos “que comprende”, “que incluye”, “que contiene”, etc., se entenderán en sentido amplio y sin limitaciones. Además, los términos y expresiones empleados en el presente documento se han utilizado como términos descriptivos y no limitativos, y no existe intención en el uso de
25 dichos términos y expresiones de excluir ningún equivalente de las características mostradas y descritas o porciones de las mismas, pero se reconoce que son posibles varias modificaciones dentro del alcance de la tecnología reclamada. Además, se entenderá que la frase “que consiste esencialmente en” incluye aquellos elementos específicamente enumerados y aquellos elementos adicionales que no afectan materialmente las características básicas y novedosas de la tecnología reivindicada. La frase “que consiste en” excluye cualquier elemento no
30 especificado.

La presente divulgación no debe limitarse en términos de las modalidades particulares descritas en esta solicitud, que están destinadas a ser ilustraciones de varios aspectos. Se pueden realizar muchas modificaciones y variaciones sin alejarse de su espíritu y alcance, como
35 será evidente para los expertos en la materia. Composiciones, aparatos y procesos funcionalmente equivalentes dentro del alcance de la divulgación, además de los enumerados

en el presente documento, serán evidentes para los expertos en la materia a partir de las descripciones anteriores. Se pretende que dichas modificaciones y variaciones queden dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. La presente divulgación estará limitada únicamente por los términos de las reivindicaciones adjuntas, junto con el alcance completo de los equivalentes a los que dichas reivindicaciones tienen derecho. Se debe entender que esta divulgación no se limita a procesos, reactivos, composiciones de compuestos o sistemas biológicos particulares, que, por supuesto, pueden variar. También debe entenderse que la terminología utilizada en el presente documento tiene únicamente el propósito de describir modalidades particulares y no pretende ser limitante.

Además, cuando las características o aspectos de la divulgación se describen en términos de grupos Markush, los expertos en la materia reconocerán que la divulgación también se describe en términos de cualquier miembro individual o subgrupo de miembros del grupo Markush, con respecto al diseño del reactor, las especies químicas del mismo, etc.

Como comprenderá una persona experta en la materia, para cualquier propósito, particularmente en términos de proporcionar una descripción escrita, todos los intervalos divulgados en este documento también abarcan todos y cada uno de los posibles subintervalos y combinaciones de subintervalos de los mismos. Cualquier intervalo enumerado puede reconocerse fácilmente como suficientemente descriptivo y permite desglosar el mismo intervalo en mitades, tercios, cuartos, quintos, décimos, etc., al menos iguales. Como un ejemplo no limitativo, cada intervalo descrito en el presente documento puede dividirse fácilmente en un tercio inferior, un tercio medio y un tercio superior, etc. Como también comprenderá un experto en la materia, todos los términos tales como “hasta”, “al menos”, “mayor que”, “menor que” y similares, incluyen el número mencionado y se refieren a intervalos que pueden dividirse posteriormente en subintervalos, como se ha indicado anteriormente. Finalmente, como comprenderá un experto en la materia, un intervalo incluye cada miembro individual.

Si bien se han ilustrado y descrito ciertas modalidades, se debe entender que se pueden realizar cambios y modificaciones en las mismas de acuerdo con la habilidad ordinaria en la técnica sin alejarse de la tecnología en sus aspectos más amplios tal como se define en las siguientes reivindicaciones.