

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 816 574**

51 Int. Cl.:

C10G 1/00 (2006.01)

B09B 3/00 (2006.01)

C10B 53/06 (2006.01)

C10G 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.07.2014 PCT/US2014/048474**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.02.2015 WO15017344**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.07.2014 E 14831469 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2020 EP 3027710**

54 Título: **Procedimiento y materia prima compuesta para la recuperación de hidrocarburos de material hidrocarburífero**

30 Prioridad:

29.07.2013 US 201361859679 P

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

05.04.2021

73 Titular/es:

**RED LEAF RESOURCES INC (100.0%)
10808 South River Front Parkway, Suite 200
South Jordan, UT 84095, US**

72 Inventor/es:

PATTEN, JAMES W.

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 816 574 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

Procedimiento y materia prima compuesta para la recuperación de hidrocarburos de material hidrocarburífero

Solicitudes relacionadas

5 Esta solicitud reivindica la prioridad de la Solicitud Provisoria de los Estados Unidos Núm. 61/859.679, presentada el 29 de julio de 2013.

Antecedentes

10 El procesamiento de materiales hidrocarburíferos a menudo puede implicar el calentamiento de los materiales de materia prima para producir y extraer hidrocarburos. Puede ser usada una amplia variedad de procesos, sin embargo la mayoría de los procesos inherentemente implican desafíos particulares que limitan la productividad y el uso a gran escala. Los materiales hidrocarburíferos, tal como las arenas alquitranadas y el esquisto bituminoso, han sido procesados tanto en la superficie como *in situ*. Otros materiales hidrocarburíferos, tal como el carbón, han sido procesados usando una amplia gama de tecnologías, tal como la gasificación y licuefacción del carbón. Los desarrollos recientes en las tecnologías de procesamiento de arenas alquitranadas y esquisto bituminoso, en particular, siguen mejorando la eficiencia de la producción y reduciendo el impacto ambiental. Sin embargo, siguen existiendo diversos desafíos con respecto a la estabilidad de los procesos, el impacto ambiental y los rendimientos, entre otros.

15 El documento US 2010/0200468 desvela una infraestructura construida de control de la permeabilidad que puede incluir un embalse de control de la permeabilidad, que define un volumen sustancialmente encapsulado.

El documento US2011/0138649 desvela un procedimiento de extracción y condensación de vapores del interior de un espacio cerrado.

20 El documento WO 2008/028255 desvela un procedimiento y un sistema de recuperación de hidrocarburos en forma líquida de esquisto bituminoso.

El documento US 2173842 desvela un procedimiento de extracción.

25 El documento US5228804 desvela un procedimiento y un aparato para la remediación *ex situ* del suelo contaminado con hidrocarburos, que comprende la excavación del suelo desde su posición *in situ* y la formación de una pila cubierta de suelo suelto, en cuya base se encuentra un conjunto de una pluralidad de conductos de entrada de aire caliente.

30 El documento US 2003/0147697 desvela un aparato de tratamiento y un proceso de desorción térmica de contaminantes de hidrocarburos del suelo excavado que proporciona una extracción eficiente de los contaminantes mediante la manipulación del suelo en un recipiente de tratamiento termoconductor que cabe dentro de una cámara de tratamiento aislada. El suelo es tratado en esta cámara con aire fresco que es secado y calentado eléctricamente antes de entrar en contacto con el recipiente de tratamiento. La excavación del suelo directamente en el recipiente de tratamiento permite que el suelo tratado vuelva al lugar de disposición final en el mismo recipiente, lo que reduce al mínimo la manipulación del suelo.

El documento US4387016 desvela un proceso de separación y recuperación de material bituminoso de la arena de alquitrán y otros depósitos de petróleo viscoso, ya sea *in situ* o después de la explotación de los depósitos.

35 El asentamiento de los materiales hidrocarburíferos durante el procesamiento puede reducir la porosidad que afecta adversamente el flujo de calor de convección a través de los materiales. El asentamiento puede ser especialmente pronunciado para los materiales con un contenido orgánico relativamente alto. Como tal, un procedimiento de reducción de la sedimentación de material hidrocarburífero triturado residual durante el procesamiento puede comprender la formación de una infraestructura construida de control de la permeabilidad que define un volumen sustancialmente encapsulado. La infraestructura de control puede formarse para crear una envoltura límite a través de la cual la transferencia de masa puede ser controlada y en algunos casos sustancialmente eliminada. Un material hidrocarburífero triturado compuesto puede introducirse en la infraestructura de control para formar un cuerpo permeable. Específicamente, el material hidrocarburífero compuesto puede incluir un material hidrocarburífero triturado y un material estructural. Después, el cuerpo permeable se calienta lo suficiente como para extraer los hidrocarburos del mismo. Aunque no siempre es necesario, el material hidrocarburífero puede ser típicamente sustancialmente estacionario durante el calentamiento, excluyendo la subsidencia y el asentamiento. El material estructural proporciona una integridad estructural al cuerpo permeable suficiente para mantener el flujo de convección de fluidos a través del cuerpo permeable durante el calentamiento.

50 Además, una infraestructura construida de control de la permeabilidad correspondiente puede comprender un embalse de control de la permeabilidad que define un volumen sustancialmente encapsulado y un material hidrocarburífero triturado compuesto dentro del volumen encapsulado que forme un cuerpo permeable de material hidrocarburífero. El material hidrocarburífero triturado compuesto puede comprender de forma similar material hidrocarburífero triturado y material estructural con una porosidad inicial. Durante el calentamiento del cuerpo permeable, la porosidad puede generalmente disminuir con el tiempo. Sin embargo, el material estructural es seleccionado y adaptado para mantener

la porosidad del cuerpo permeable durante el calentamiento del cuerpo permeable dentro de un intervalo de porosidad objetivo.

De este modo, se han esbozado, de manera bastante amplia, las características más importantes de la invención para que la descripción detallada de la misma a continuación pueda ser mejor comprendida, y para que la contribución de la presente a la técnica pueda ser mejor apreciada. Otras características de la presente invención resultarán más claras a partir de la siguiente descripción detallada de la invención, tomada con los dibujos y reivindicaciones adjuntas, o pueden aprenderse mediante la práctica de la invención.

Sumario de la invención

La presente invención proporciona un procedimiento de reducción de la sedimentación de material hidrocarburífero triturado residual durante el procesamiento de acuerdo con la reivindicación 1. La presente invención también proporciona una estructura de control de la permeabilidad construida asociada de acuerdo con la reivindicación 8. Cualquier tópico desvelado en la presente memoria que no cae dentro de las reivindicaciones es proporcionado sólo por propósitos de información.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es un diagrama de flujo de un procedimiento de acuerdo con una realización de la presente invención.

La FIG. 2 es una vista transversal lateral de una infraestructura construida de control de la permeabilidad con zonas dentro del cuerpo permeable con volumen de vacío variado de acuerdo con una realización de la presente invención.

La FIG. 3 es una vista parcial de corte lateral esquemática de una infraestructura construida de control de la permeabilidad de acuerdo con una realización de la presente invención.

La FIG. 4 es una vista en planta desde arriba de una pluralidad de embalses de control de la permeabilidad que forman un conjunto de embalses de acuerdo con una realización de la presente invención.

La FIG. 5 es una vista de corte lateral de un embalse de control de la permeabilidad de acuerdo con una realización de la presente invención.

Cabe señalar que las figuras son meramente ejemplares de diversas realizaciones de la presente invención y que no se pretende limitar el alcance de la presente invención. Además, por lo general, las figuras no están dibujadas a escala, sino que se esbozan por propósitos de conveniencia y claridad para ilustrar diversos aspectos de la invención.

Descripción detallada

Si bien estas realizaciones ejemplares son descritas con suficiente detalle como para permitir a los expertos en la técnica practicar la invención, debe entenderse que pueden realizarse otras realizaciones y que pueden hacerse diversos cambios en la invención sin apartarse del espíritu y el alcance de la presente invención. Por lo tanto, la siguiente descripción más detallada de las realizaciones de la presente invención no tiene por objeto limitar el alcance de la invención, según es reivindicada, sino que se presenta únicamente con fines de ilustración y no de limitación para describir las características y rasgos de la presente invención, para establecer el mejor modo de funcionamiento de la invención, y para permitir a un experto en la técnica practicar la invención. En consecuencia, el alcance de la presente invención es únicamente definido por las reivindicaciones adjuntas.

Definiciones

Al describir y reivindicar la presente invención, se utilizará la siguiente terminología. Las formas singulares "un", "una" y "el/la" incluyen referencias plurales a menos que el contexto indique claramente lo contrario. De este modo, por ejemplo, la referencia a "una pared" incluye la referencia a una o más de esas estructuras, "un cuerpo permeable" incluye la referencia a uno o más de esos materiales, y "una etapa de calefacción" se refiere a uno o más de esas etapas.

Como se usa en la presente memoria, "infraestructura construida" e "infraestructura construida de control de la permeabilidad" se refiere a una estructura de encapsulamiento que está sustancialmente hecha completamente por el hombre, en contraposición a las paredes de congelación, paredes de azufre u otras barreras que formadas por la modificación o el relleno de los poros de una formación geológica existente. La infraestructura construida de control de la permeabilidad puede, por lo general, estar sustancialmente libre de formaciones geológicas no perturbadas, aunque la infraestructura puede formarse adyacente o en contacto directo con una formación no perturbada. La infraestructura puede formarse típicamente usando material de tierra compactado o material particulado compactado. Como tal, las paredes de la infraestructura a menudo no tienen una integridad estructural independiente aparte de los cimientos de tierra subyacentes.

5 Como se usa en la presente memoria, "material de tierra" se refiere a materiales naturales que se recuperan de la tierra sólo con modificaciones mecánicas tal como, pero sin limitación, arcilla (por ejemplo, arcilla bentonita, montmorillonita, caolinita, illita, clorita, vermiculita y otras arcillas hinchables), grava, roca, relleno compactado, tierra y similares. La grava, por ejemplo, puede ser combinada con cemento para formar hormigón. Con frecuencia, el suelo enmendado con arcilla puede ser combinado con agua para formar una capa de arcilla hidratada que actúa como una barrera fluida. Sin embargo, el esquisto bituminoso usado también puede ser usado para formar al menos una porción del material de tierra usado en las paredes de la infraestructura.

10 Como se usa en la presente memoria, "material hidrocarbúfero" se refiere al material que contiene hidrocarburos del que se pueden extraer o derivar productos de hidrocarburo. Por ejemplo, los hidrocarburos pueden extraerse directamente en forma líquida, extraerse mediante extracción con disolvente, vaporizarse directamente o extraerse de otro modo del material. Sin embargo, muchos materiales hidrocarbúferos contienen kerógeno, betún u otros hidrocarburos complejos que se convierten en un hidrocarburo mediante calentamiento y pirólisis. Los materiales hidrocarbúferos pueden incluir, sin limitación, esquisto bituminoso, arenas alquitranadas, carbón, lignito, betún, turba, biomasa y otras rocas ricas en materia orgánica.

15 Como se usa en la presente memoria, "material estructural" se refiere al material no hidrocarbúfero o que no produce hidrocarburos y que proporciona integridad estructural a un cuerpo permeable suficiente para mantener el flujo de convección de fluidos en todo el cuerpo permeable durante la extracción de hidrocarburos. Por ejemplo, durante el calentamiento se extrae una porción del cuerpo permeable a medida que se liberan los hidrocarburos. Los materiales restantes (por ejemplo, el sílice y otros minerales) de la porción hidrocarbúfera del cuerpo permeable pueden colapsar al menos parcialmente. El grado de colapso corresponde típicamente a las proporciones de material mineral frente a material hidrocarbúfero convertible (es decir, kerógeno, betún, etc.). Un material estructural proporciona un soporte mecánico al cuerpo permeable a medida que el material hidrocarbúfero circundante es eliminado como hidrocarburos.

20

25 Como se usa en la presente memoria, "embalse" se refiere a una estructura diseñada para contener o retener una acumulación de materiales móviles fluidos y/o sólidos. Un embalse generalmente deriva al menos una porción sustancial de los cimientos y el soporte estructural de los materiales de tierra. De este modo, las paredes de control de la presente invención no siempre tienen una fuerza independiente o una integridad estructural aparte del suelo y/o la formación nativa contra la que están formadas. Además, un embalse usa típicamente materiales de tierra y al menos una porción de paredes formadas como bermas de material de tierra compactado.

30 Como se usa en la presente memoria, "material hidrocarbúfero triturado compuesto" se refiere a una mezcla de material hidrocarbúfero triturado y material estructural. El material estructural tiene una composición diferente que el material hidrocarbúfero triturado e imparte una mayor integridad estructural al cuerpo permeable sobre un cuerpo permeable utilizando exclusivamente el material hidrocarbúfero triturado.

35 Como se usa en la presente memoria, "cuerpo permeable" se refiere a una masa de material hidrocarbúfero triturado compuesto que tiene una permeabilidad relativamente alta que excede la permeabilidad de una formación sólida no perturbada de la misma composición. Los cuerpos permeables adecuados para uso en la invención presente pueden tener más de aproximadamente 10% de espacio vacío y típicamente tienen espacio vacío de aproximadamente 20% a 50%, a pesar de que otros intervalos pueden ser adecuados. Permitir una alta permeabilidad facilita el calentamiento del cuerpo a través de la convección como el mecanismo primario de transferencia de calor mientras que también reduce sustancialmente los costes asociados con el aplastamiento a tamaños muy pequeños, por ejemplo, por debajo de aproximadamente 2,5 a aproximadamente 1 cm. El espacio vacío objetivo específico puede variar dependiendo del material hidrocarbúfero particular y de los tiempos o condiciones de proceso deseados.

40

45 Como se usa en la presente memoria, "minado" se refiere a un material que ha sido extraído o perturbado de un lugar estratigráfico o geológico original a un segundo y diferente lugar. Típicamente, el material minado puede ser producido por escombrado, aplastamiento, detonación explosiva, o de otra manera por la extracción de material de una formación geológica.

50 Como se usa en la presente memoria, "sustancialmente estacionario" se refiere a la posición casi estacionaria de los materiales con un grado de subsidencia y/o asentamiento a medida que los hidrocarburos se extraen del material hidrocarbúfero. En contraste, cualquier circulación y/o flujo de material hidrocarbúfero como el que se encuentra en lechos fluidizados o retortas giratorias implica un movimiento y manipulación altamente sustancial de material hidrocarbúfero.

55 Como se usa en la presente memoria, "aproximadamente" se refiere a un grado de desviación en base a un error experimental típico de la propiedad particular identificada. La latitud proporcionada por el término "aproximadamente" dependerá del contexto específico y de la propiedad particular y puede ser fácilmente discernida por un experto en la técnica. El término "aproximadamente" no tiene por objeto ampliar o limitar el grado de equivalencia que, de otro modo, puede tener un valor particular. Además, a menos que se indique lo contrario, el término "aproximadamente" incluye expresamente "exactamente", en consonancia con el análisis presentado a continuación sobre los intervalos y los datos numéricos.

Como se usa en la presente memoria, "adyacente" se refiere a la proximidad de dos estructuras o elementos. En particular, los elementos que se identifican como "adyacentes" pueden ser contiguos o estar conectados. Esos elementos también pueden estar cerca o próximos entre sí sin que necesariamente estén en contacto entre sí. El grado exacto de proximidad puede depender en algunos casos del contexto específico.

5 Las concentraciones, dimensiones, cantidades, y otros datos numéricos pueden ser presentados en la presente memoria en un formato de intervalo. Debe entenderse que ese formato de intervalo es usado simplemente por conveniencia y brevedad y debe interpretarse con flexibilidad para incluir no sólo los valores numéricos mencionados explícitamente como los límites del intervalo, sino también para incluir todos los valores numéricos individuales o subintervalos abarcados dentro de ese intervalo como si cada valor numérico y subintervalo fuera mencionado
10 explícitamente. Por ejemplo, debe interpretarse que un intervalo de aproximadamente 1 a aproximadamente 200 incluye no sólo los límites explícitamente mencionados de 1 y aproximadamente 200, sino también incluye tamaños individuales tal como 2, 3, 4, y subintervalos tal como 10 a 50, 20 a 100, etc.

15 Como se usa en la presente memoria, una pluralidad de artículos, elementos estructurales, elementos de composición, y/o materiales pueden ser presentados en una lista común por conveniencia. Sin embargo, estas listas deben interpretarse como si cada miembro de la lista fuera identificado individualmente como un miembro separado y único. De este modo, ningún miembro individual de dicha lista debe interpretarse como un equivalente de facto de cualquier otro miembro de la misma lista únicamente sobre la base de su presentación en un grupo común sin indicaciones en contrario.

20 Cualquier etapa mencionada en cualquier procedimiento o proceso de reivindicación puede ser ejecutada en cualquier orden y no está limitada al orden presentado en las reivindicaciones. Las limitaciones de medios más funciones o de etapas más funciones sólo se emplearán cuando para una limitación específica de la reivindicación estén presentes en esa limitación todas las condiciones siguientes: a) sea mencionado expresamente "medio para" o "etapa para"; y b) sea mencionada expresamente una función correspondiente. La estructura, el material o los actos que respaldan los medios más funciones son mencionados expresamente en la descripción de la presente memoria. Por
25 consiguiente, el alcance de la invención debe ser determinado únicamente por las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes legales, y no por las descripciones y ejemplos que se dan en la presente memoria.

Reducción del asentamiento de material residual

30 Con referencia a la FIG. 1, un procedimiento 10 de reducción de la sedimentación de material hidrocarbúfero triturado residual durante el procesamiento puede incluir la formación de una infraestructura de control de la permeabilidad que define un volumen sustancialmente encapsulado. El procedimiento incluye además la introducción 14 de un material hidrocarbúfero triturado compuesto en la infraestructura de control para formar un cuerpo permeable. Más específicamente, el material hidrocarbúfero compuesto puede incluir un material hidrocarbúfero triturado y un material estructural. Las etapas para formar el volumen encapsulado e introducir el material compuesto en el volumen encapsulado pueden producirse, y casi siempre se producen, simultáneamente. El procedimiento puede incluir además calentar 16 el cuerpo permeable lo suficiente como para extraer los hidrocarburos del mismo. En función de la composición y estructura específicas del cuerpo permeable, las condiciones pueden variar para producir y/o liberar hidrocarburos del cuerpo permeable. Típicamente, el material hidrocarbúfero es sustancialmente estacionario durante el calentamiento, además de asentarse y hundirse debido a la extracción del material del cuerpo permeable. El material estructural puede proporcionar una integridad estructural al cuerpo permeable suficiente para mantener el flujo de convección de fluidos a través del cuerpo permeable durante el calentamiento. En una realización, las etapas de formación e introducción pueden producirse sustancialmente de manera simultánea. Además, el procedimiento puede comprender además la recolección y extracción 18 de los hidrocarburos.

45 En general, el procedimiento de la presente puede proporcionar un medio eficaz para recuperar hidrocarburos de materiales hidrocarbúferos ricos en materia orgánica sin producir una subsidencia sustancial dentro de la infraestructura construida de control de la permeabilidad. El uso de materiales estructurales dentro del cuerpo permeable puede mantener una porosidad deseada de manera tal que el flujo de convección de fluidos sea mantenido durante el procesamiento. Ese procedimiento puede ser particularmente eficaz para los materiales hidrocarbúferos triturados que, por lo general, no mantienen la porosidad en las condiciones típicas de procesamiento. La infraestructura construida puede definir un volumen sustancialmente encapsulado en el que un material hidrocarbúfero triturado compuesto, incluyendo un material hidrocarbúfero extraído o cosechado y un material estructural, puede introducirse en la infraestructura de control para formar un cuerpo permeable de material compuesto. En general, la infraestructura de control puede estar formada, al menos parcialmente, por material de tierra para formar una barrera al escape incontrolado de fluidos del embalse. El cuerpo permeable puede calentarse lo suficiente para extraer los hidrocarburos. Durante el calentamiento, el material hidrocarbúfero triturado compuesto es sustancialmente estacionario, dado que la infraestructura construida es una estructura fija y el material estructural dentro del compuesto proporciona integridad estructural durante el procesamiento. Los hidrocarburos extraídos pueden ser recolectados para su posterior procesamiento, uso en el proceso, y/o uso como recuperados.

60 Como tal, una infraestructura construida de control de la permeabilidad puede comprender un embalse de control de la permeabilidad que define un volumen sustancialmente encapsulado y un material hidrocarbúfero triturado compuesto dentro del volumen encapsulado que forme un cuerpo permeable de material hidrocarbúfero. El material

hidrocarbúrico triturado compuesto puede comprender material hidrocarbúrico triturado y material estructural con una porosidad, en el que el material estructural es capaz de mantener la porosidad del cuerpo permeable durante el calentamiento del cuerpo permeable dentro de un intervalo de porosidad objetivo.

5 Cada uno de estos aspectos de la presente invención es descrito con más detalle a continuación. La infraestructura construida de control de la permeabilidad puede formarse utilizando el grado existente como soporte del suelo y/o como soporte de la pared lateral para la infraestructura construida. Por ejemplo, la infraestructura de control puede formarse como una estructura autoportante, es decir, utilizando únicamente el nivel existente como piso con paredes laterales y techo fabricados por el hombre. Otra posibilidad es que la infraestructura de control esté formada dentro de una fosa excavada. Independientemente de esto, las infraestructuras de control de la presente invención siempre
10 están formadas por encima del nivel.

Una infraestructura construida de control de la permeabilidad puede incluir un embalse de control de la permeabilidad que define un volumen sustancialmente encapsulado. El embalse de control de la permeabilidad puede estar sustancialmente libre de formaciones geológicas no perturbadas. Específicamente, el aspecto de control de la permeabilidad del embalse puede construirse completamente y fabricarse por el hombre como un mecanismo de
15 aislamiento separado para prevenir la migración incontrolada de material hacia o desde el volumen encapsulado. En una realización, la infraestructura construida de control de la permeabilidad puede incluir un cuerpo permeable de material compuesto de hidrocarburos triturados, una capa de partículas finas de grava, una capa de barrera fluida de suelo modificado con bentonita (capa BAS) y una formación nativa adyacente. En otra realización, la infraestructura de control comprende, al menos parcialmente, un material de tierra compactado. En un aspecto, el material de tierra
20 puede incluir arcilla (por ejemplo, arcillas de alta hinchazón, arcilla bentonítica y similares), relleno compactado, cemento refractario, cemento, tierra arcillosa enmendada, tierra compactada, esquisto de baja calidad o sus combinaciones. En un aspecto, la infraestructura de control puede comprender suelo enmendado con arcilla.

La infraestructura de control a menudo puede formarse como bermas autoportantes con tierra subyacente como base estructural y soporte de los pisos de la infraestructura. En una realización, el embalse de control de la permeabilidad, o infraestructura de control, puede formarse a lo largo de las paredes de un depósito de material hidrocarbúrico
25 excavado. En un aspecto alternativo, se puede formar al menos un depósito adicional de material hidrocarbúrico excavado de manera que se pueda operar una pluralidad de embalses. Además, esa configuración puede facilitar la reducción de la distancia de transporte del material extraído. Específicamente, el material hidrocarbúrico extraído para cualquier volumen encapsulado particular puede extraerse de un depósito de material hidrocarbúrico excavado adyacente. De esta manera, se puede construir una cuadrícula de estructuras construidas de tal manera que el material
30 extraído pueda ser inmediata y directamente relleno en un embalse adyacente.

El embalse puede estar formado por un material adecuado que proporcione aislamiento de la transferencia de material a través de las paredes del embalse. De esta manera, la integridad de las paredes es mantenida durante el funcionamiento de la infraestructura de control lo suficiente como para prevenir sustancialmente la migración
35 incontrolada de fluidos fuera de la infraestructura de control. Los ejemplos no limitantes de material adecuado a ser usado en la formación del embalse de la infraestructura construida de control de la permeabilidad pueden incluir arcilla, arcilla bentonítica (por ejemplo, arcilla que comprende al menos una porción de bentonita que incluye montmorillonita), relleno compactado, cemento refractario, cemento, geocúdrículas sintéticas, fibra de vidrio, varillas, aditivos de nanocarbono fullereno, bolsas geotextiles rellenas, resinas poliméricas, revestimientos de PVC resistentes al aceite, o sus combinaciones. Para operaciones a gran escala que forman el embalse, el uso parcialmente de al menos
40 material de tierra puede proporcionar una barrera efectiva. Los materiales de compuestos cementosos manipulados (ECC), compuestos reforzados con fibra y similares pueden ser particularmente fuertes y pueden ser fácilmente diseñados para cumplir con los requisitos de permeabilidad y tolerancia a la temperatura de una instalación determinada.

45 Como pauta general, para el embalse, pueden ser usados materiales de baja permeabilidad y alta integridad mecánica a temperaturas de funcionamiento de la infraestructura. Por ejemplo, los materiales con un punto de fusión superior a la temperatura máxima de funcionamiento de la infraestructura pueden ser útiles para mantener la contención durante y después del calentamiento y la recuperación. Sin embargo, también pueden ser usados materiales de menor temperatura si es mantenida una zona de amortiguación no calentada entre las paredes y las partes calentadas del
50 cuerpo permeable. Esas zonas de amortiguación pueden variar entre 15 cm y 16 metros, en función del material particular usado para el embalse y la composición del cuerpo permeable.

Las paredes del embalse pueden ser sustancialmente continuas de modo que el embalse defina el volumen encapsulado suficientemente para impedir el movimiento sustancial de fluidos dentro o fuera del embalse, aparte de las entradas y salidas definidas, por ejemplo, a través de conductos o similares, como es discutido en la presente
55 memoria. De esta manera, los embalses pueden cumplir fácilmente las normas gubernamentales de migración de fluidos. Alternativamente, o en combinación con una barrera fabricada, porciones de las paredes del embalse pueden ser de formación geológica no perturbada y/o tierra compactada. En esos casos, la infraestructura construida de control de la permeabilidad es una combinación de paredes permeables e impermeables, como es descrito más detalladamente a continuación.

En un aspecto detallado, una porción de material hidrocarburífero, ya sea pre o posprocesado, puede ser usada como fortificación de cemento y/o base de cemento que luego es vertida en el lugar para formar porciones o la totalidad de las paredes de la infraestructura de control. Estos materiales pueden ser formados en el lugar o pueden estar preformados y luego ensamblados en el lugar para formar una estructura integral de embalse. Por ejemplo, el embalse puede construirse por fundición formando en su lugar un cuerpo monolítico, por extrusión, apilando piezas preformadas o prefabricadas, paneles de hormigón unidos por lechada (cemento, ECC u otro material adecuado), forma inflada, o similares. Las formas pueden construirse contra una formación o pueden ser estructuras autoportantes. Las formas pueden ser construidas con un material adecuado tal como, pero sin limitación, acero, madera, fibra de vidrio, polímero, o similares. Pueden ser añadidos aglutinantes opcionales para mejorar la compactación de las paredes de control de la permeabilidad. La infraestructura de control puede opcionalmente comprender, o consistir esencialmente en, sellador, lechada, varilla, arcilla sintética, arcilla bentonítica, revestimiento de arcilla, cemento refractario, geomembranas de alta temperatura, tuberías de drenaje, láminas de aleación, o sus combinaciones.

En una realización, la construcción de paredes y pisos de embalse puede incluir múltiples capas compactadas de esquisto autóctono o manipulado de bajo grado con cualquier combinación de arena, cemento, fibra, fibra vegetal, nanocarbons, vidrio triturado, acero de refuerzo, rejilla de refuerzo de carbono, calcio y similares. Además de estas paredes compuestas, pueden ser empleados diseños que inhiban la migración de fluidos y gases a largo plazo mediante manipulación adicional de la impermeabilidad, incluyendo, pero sin limitación, revestimientos, geomembranas, suelos compactados, arena, grava o roca importada y contornos de drenaje por gravedad para alejar los fluidos y gases de las capas impermeables hacia las salidas de salida. La construcción de suelos y paredes de embalse puede comprender, aunque no es necesario, una pendiente o banco escalonado hacia arriba o hacia abajo, según el caso de la explotación minera, siguiendo la ley óptima del mineral. En cualquiera de esas aplicaciones escalonadas hacia arriba o hacia abajo, la nivelación del suelo y la construcción de paredes de contención pueden normalmente drenar o estar inclinadas hacia un lado o hacia una o varias zonas centrales específicas de recolección para la extracción de fluidos mediante la asistencia de drenaje por gravedad.

Opcionalmente, la construcción de paredes y suelos de las cápsulas puede incluir un aislamiento que impida la transferencia de calor fuera de la infraestructura construida o fuera de las cápsulas o conductos internos dentro de la contención de la cápsula construida primaria. El aislamiento puede comprender materiales fabricados, cemento o diversos otros materiales que son menos conductivos térmicamente que las masas circundantes, es decir, cuerpo permeable, formación, infraestructuras adyacentes, etc. También pueden formarse barreras de aislamiento térmico dentro del cuerpo permeable, a lo largo de las paredes, techos y/o suelos del embalse. El embalse puede estar formado como un sistema de uso único, de manera tal que los aislamientos, las tuberías y/u otros componentes pueden tener una vida útil relativamente baja, por ejemplo, menor que 1-2 años. De esta manera, los conductos, materiales de barrera y aislamiento pueden dejarse en su lugar junto con los materiales de alimentación gastados una vez finalizada la recuperación y el cierre del sistema. Esto puede reducir los costos de equipamiento así como reducir el impacto ambiental a largo plazo.

Las estructuras y procedimientos presentados en la presente memoria pueden ser aplicados a casi cualquier escala. Los volúmenes encapsulados más grandes y el aumento del número de embalses pueden producir fácilmente productos hidrocarbonados y un rendimiento comparable o superior a las infraestructuras construidas más pequeñas. A modo de ilustración, los embalses individuales pueden variar de tamaño de decenas de metros de ancho a decenas de acres de superficie de planta superior. De manera similar, las profundidades de los embalses pueden variar de varios metros a 100 metros, proporcionando aproximadamente los 50 metros una profundidad ejemplar. Los tamaños óptimos de los embalses pueden variar dependiendo del material hidrocarburífero y los parámetros operativos, sin embargo se espera que las áreas adecuadas por celda de embalse puedan variar de una mitad de acre a quince acres en la superficie de planta superior. Un conjunto de celdas de embalse puede estar dispuesta de forma adyacente para formar una pluralidad de unidades controlables individualmente que puede funcionar al menos de forma parcialmente independiente de las celdas adyacentes. El reconocimiento y el ajuste de los parámetros de funcionamiento también pueden tomar en consideración la transferencia de calor de las celdas adyacentes.

Los procedimientos e infraestructuras pueden ser usados para la recuperación de hidrocarburos de una variedad de materiales hidrocarburíferos. Una ventaja particular es un amplio grado de latitud para controlar el tamaño de las partículas, las condiciones y la composición del cuerpo permeable introducido en el volumen encapsulado. Los ejemplos no limitantes de material hidrocarburífero extraído que puede ser tratado comprenden esquisto bituminosa, arenas alquitranadas, carbón, lignito, betún, turba o sus combinaciones. Además, el material de alto contenido orgánico que puede ser tratado puede comprender turba, carbón, biomasa, arenas alquitranadas o sus combinaciones. En algunos casos puede ser deseable proporcionar un solo tipo de material hidrocarburífero junto con el material estructural de modo que el cuerpo permeable consista esencialmente en un material estructural y uno de los materiales hidrocarburíferos anteriores. Sin embargo, el cuerpo permeable puede incluir mezclas de estos materiales de tal manera que el grado, el contenido de aceite, el contenido de hidrógeno, la permeabilidad y similares pueden ser ajustados para lograr un resultado deseado.

Los materiales estructurales que son usados incluyen roca, esquisto o sus combinaciones. Generalmente, los materiales estructurales adecuados pueden estar formados por material natural o artificial con suficiente resistencia mecánica a la compresión para preservar el espacio vacío dentro de un intervalo objetivo durante el procesamiento.

Además, se pueden colocar múltiples materiales hidrocarbúrferos en capas segregadas o de forma mixta, tal como mediante la combinación de carbón, esquisto bituminoso, arenas alquitranadas, biomasa y/o turba.

Como es discutido en la presente memoria, generalmente el material hidrocarbúrfero triturado compuesto es mezclado de tal manera que la porosidad del cuerpo permeable sea mantenida dentro de un intervalo de porosidad objetivo durante las fases de recuperación de hidrocarburos del procesamiento. En una realización, el cuerpo permeable puede tener una porosidad de aproximadamente 10% a aproximadamente 80% del volumen total del cuerpo permeable antes y durante el calentamiento. En un aspecto, el cuerpo permeable puede mantener una porosidad de aproximadamente 40% a aproximadamente 70% del volumen total del cuerpo permeable antes y durante el calentamiento. Como tal, en una realización, el material hidrocarbúrfero triturado compuesto puede comprender entre 10% y 60% del material estructural y entre 40% y 90% del material hidrocarbúrfero triturado. En un aspecto, el material hidrocarbúrfero triturado compuesto puede comprender entre 20 y 40 % del peso del material estructural y entre 60 y 80 % del peso del material hidrocarbúrfero triturado. En otro aspecto, el material hidrocarbúrfero triturado compuesto puede proporcionar 50% a 60% de porosidad. En una realización, el cuerpo permeable puede tener una primera porosidad antes del calentamiento y una segunda porosidad inferior durante y después del calentamiento que es mantenida por encima de 10%.

En una realización, el material que contiene hidrocarburos puede ser clasificado en varias cápsulas o celdas internas dentro de una infraestructura primaria construida por razones de optimización. Por ejemplo, las capas y profundidades de las formaciones de esquisto bituminoso minado pueden ser más ricas en ciertas zonas productivas de profundidad a medida que la minería progresa. Una vez explotados, extraídos, paleados y transportados dentro de una cápsula para su colocación, los minerales petrolíferos más ricos pueden ser clasificados o mezclados por grado para obtener rendimientos óptimos, una recuperación más rápida o un promedio óptimo dentro de cada embalse. La capacidad de controlar selectivamente las características y la composición del cuerpo permeable añade una cantidad significativa de libertad para optimizar el rendimiento y la calidad del aceite. Además, los productos gaseosos y líquidos liberados pueden actuar como un disolvente producido *in situ* que complementa la extracción de kerógeno y/o la extracción adicional de hidrocarburos del material hidrocarbúrfero.

Opcionalmente, el cuerpo permeable puede comprender además un aditivo o biomasa. Los aditivos pueden incluir composiciones que actúan para aumentar la calidad de los hidrocarburos extraídos, por ejemplo, el aumento de API, la disminución de la viscosidad, la mejora de las propiedades de flujo, la reducción de la humectación del esquisto residual, la reducción del azufre, los agentes de hidrogenación, etc. Los ejemplos no limitantes de aditivos adecuados pueden incluir betún, kerógeno, propano, gas natural, condensado de gas natural, petróleo crudo, fondos de refinado, asfaltenos, disolventes comunes, otros diluyentes y combinaciones de estos materiales. En una realización específica, el aditivo puede incluir un agente de mejora del flujo y/o un agente donante de hidrógeno. Además, los materiales fabricados por el hombre también pueden ser usados como aditivos tal como, por ejemplo, para neumáticos, desechos poliméricos u otros materiales que contengan hidrocarburos.

El tamaño de las partículas en todo el cuerpo permeable puede variar considerablemente, dependiendo del tipo de material, las tasas de calentamiento deseadas y otros factores. Como pauta general, el cuerpo permeable puede incluir partículas de hidrocarburos triturados de aproximadamente 0,3 cm a aproximadamente 2 metros en promedio, y en algunos casos menos que 30 cm y en otros menos que aproximadamente 16 cm en promedio. Sin embargo, como cuestión práctica, los tamaños de aproximadamente 5 cm a aproximadamente 60 cm en promedio, o en un aspecto de aproximadamente 16 cm a aproximadamente 60 cm en promedio, pueden dar buenos resultados, siendo útil un diámetro promedio de aproximadamente 30 cm para el esquisto bituminoso especialmente. Además, el cuerpo permeable puede incluir materiales estructurales con un tamaño promedio de aproximadamente 16 cm a aproximadamente 1,5 metros. En un aspecto, los materiales estructurales pueden tener un tamaño promedio de aproximadamente 30 cm a aproximadamente 1 metro. En una realización, el cuerpo permeable puede comprender una distribución de tamaño bimodal de material hidrocarbúrfero triturado y material estructural. Los materiales estructurales pueden ser partículas y a menudo tienen un tamaño promedio de aproximadamente 0,3 cm a aproximadamente 2 metros. Aunque el tamaño promedio puede ser acorde con los intervalos de tamaño de las partículas del material hidrocarbúrfero, en algunos casos, el material estructural puede tener un diámetro promedio mayor que el diámetro promedio del material hidrocarbúrfero. Por consiguiente, puede ser deseable proporcionar un material estructural con un tamaño promedio que sea de aproximadamente 10% a aproximadamente 500% mayor que un tamaño promedio del material hidrocarbúrfero. En un aspecto, la distribución de tamaño bimodal puede incluir una mayoría de material estructural con un diámetro promedio que sea de al menos dos veces el diámetro promedio del material hidrocarbúrfero triturado. En otro aspecto, la distribución de tamaños bimodal puede proporcionar una porosidad de entre 10% y 80% para el cuerpo permeable antes y durante el calentamiento. En un aspecto específico, la distribución de tamaño bimodal puede proporcionar una porosidad de 40% y 70% para el cuerpo permeable antes y durante el calentamiento.

El espacio vacío puede ser un factor para determinar los diámetros óptimos de las partículas. Sin embargo, aproximadamente 15% a aproximadamente 40% y en algunos casos aproximadamente 30% normalmente proporciona resultados adecuados. Los volúmenes de los vacíos pueden variar ligeramente al variar otros parámetros tal como la colocación de los conductos calefactores, las distribuciones del tamaño de partículas (es decir, las distribuciones multimodales), los aditivos y similares. La separación mecánica de los materiales hidrocarbúrferos extraídos puede

5 permitir la creación de partículas de malla fina y alta permeabilidad que mejoran las tasas de dispersión térmica una vez colocadas en las cápsulas dentro del embalse, lo que puede mejorarse aún más con los materiales estructurales de la presente. La permeabilidad añadida permite temperaturas más razonables y bajas, lo que también ayuda a evitar temperaturas más altas que dan lugar a una mayor producción de CO₂ a partir de la descomposición del carbonato y la consiguiente liberación de oligoelementos de metales pesados, sustancias orgánicas volátiles y otros compuestos que pueden crear efluentes tóxicos y/o materiales indeseables que pueden ser monitorizados y controlados.

10 El material compuesto hidrocarbúfero triturado puede ser llenado en la infraestructura de control para formar el cuerpo permeable de una manera adecuada. Típicamente, el material hidrocarbúfero triturado puede ser transportado a la infraestructura de control por medio de vertederos, transportadores u otros enfoques adecuados. Como ha sido mencionado anteriormente, el cuerpo permeable puede tener un alto volumen de vacío cuidadosamente adaptado. El vertido indiscriminado puede dar lugar a una compactación excesiva y a la reducción de los volúmenes vacíos. De este modo, el cuerpo permeable puede ser formado mediante el transporte de baja compactación del material hidrocarbúfero compuesto a la infraestructura. Por ejemplo, pueden ser usados transportadores retráctiles para entregar el material cerca de una superficie superior del cuerpo permeable a medida que se va formando. De esta manera, el material hidrocarbúfero compuesto puede retener un volumen de vacío importante entre las partículas sin que se produzcan nuevos aplastamientos o compactaciones sustanciales a pesar de un pequeño grado de compactación que suele ser el resultado de la presión litostática a medida que se forma el cuerpo permeable. En una alternativa ilustrada en general en la **FIG. 2**, se pueden formar zonas de material hidrocarbúfero con volúmenes vacíos variados. Las paredes de contención **20** aíslan el cuerpo permeable **22** de la formación **24** circundante. Los volúmenes vacíos más bajos pueden dar lugar a menores corrientes de calor de convección. En consecuencia, las corrientes de calor de convección pueden ser controladas proporcionando variaciones en los volúmenes vacíos a través del cuerpo permeable. Por ejemplo, las capas de material hidrocarbúfero pueden tener volúmenes vacíos más altos y más bajos alternativamente (es decir, capas de alto volumen de vacío **26**, **28** y **30**, con capas de bajo volumen de vacío **32**, **34** y **36**). Por consiguiente, el flujo de calor por convección puede fluir más libremente a lo largo de las zonas que tienen un mayor volumen de vacío sobre las zonas que tienen un volumen de vacío relativamente más bajo. Las capas de bajo volumen de vacío pueden, por lo tanto, actuar como capas retardadoras del flujo de convección. Alternativamente, o en combinación con variaciones verticales, el volumen de vacío puede variarse horizontalmente a fin de desarrollar flujos de convección que distribuyan el calor en un patrón deseado. Por ejemplo, las zonas de bajo volumen de vacío **38**, **40** y **42** pueden ser distribuidas para interrumpir y/o redirigir el flujo de calor de convección. Se puede aumentar la uniformidad de la distribución del calor, reducir los puntos calientes localizados y/o reducir los caudales de convección.

35 Una vez que ha sido formado un cuerpo permeable deseado dentro de la infraestructura de control, puede ser introducido calor suficiente para comenzar la extracción de los hidrocarburos, por ejemplo, mediante pirólisis. Una fuente de calor adecuada puede estar asociada térmicamente con el cuerpo permeable. Las temperaturas óptimas de funcionamiento dentro del cuerpo permeable pueden variar según la composición y los productos deseados. Sin embargo, como pauta general, las temperaturas de funcionamiento pueden oscilar entre aproximadamente 93 °C y aproximadamente 430 °C. Las variaciones de temperatura a lo largo del volumen encapsulado pueden variar y pueden llegar hasta 482,22°C o más en algunas zonas. En una realización, la temperatura de funcionamiento puede ser una temperatura relativamente más baja para facilitar la producción del producto líquido, por ejemplo, de aproximadamente 93 °C a aproximadamente 340 °C. Esta etapa de calentamiento puede ser una operación de torrefacción que resulta en el beneficio del mineral triturado del cuerpo permeable. En general, los productos pueden incluir tanto productos líquidos como gaseosos, mientras que los productos líquidos pueden requerir menos etapas de procesamiento, tal como depuradores, etc.

45 El calor puede ser transferido dentro y a través del cuerpo permeable principalmente por convección. Los gases calentados pueden ser inyectados en la infraestructura de control de manera tal que los gases calentados pasen a través del cuerpo permeable. Los gases calentados pueden ser producidos por la combustión de gas natural, producto de hidrocarburos u otra fuente adecuada. Los gases calentados pueden ser importados de fuentes externas o recuperados del proceso de la presente invención. Los gases calentados pueden ser dirigidos a través del cuerpo permeable mediante conductos calefactores empotrados. De esta manera, los gases calentados pueden ser proporcionados en un sistema cerrado para evitar que se mezclen los gases calentados con el cuerpo permeable.

50 La pluralidad de conductos puede estar orientada fácilmente en una variedad de configuraciones, ya sea sustancialmente horizontal, vertical, inclinada, ramificada o similar. Al menos una porción de los conductos puede estar orientada a lo largo de trayectorias predeterminadas antes de empotrar los conductos dentro del cuerpo permeable. Las vías predeterminadas pueden estar diseñadas para mejorar la transferencia de calor, el contacto gas-líquido-sólido, maximizar la entrega o extracción fluida de regiones específicas dentro del volumen encapsulado, o similares. Además, al menos una porción de los conductos puede estar dedicada al calentamiento del cuerpo permeable. Estos conductos calefactores pueden ser selectivamente perforados para permitir que los gases calentados u otros fluidos se calienten y mezclen por convección en todo el cuerpo permeable. Alternativamente, los conductos calefactores pueden formar un bucle cerrado de manera tal que los gases o fluidos calefactores sean segregados del cuerpo permeable. De este modo, un "circuito cerrado" no requiere necesariamente recirculación, sino más bien el aislamiento del fluido calefactor del cuerpo permeable. De esta manera, la calefacción puede lograrse principalmente o sustancialmente sólo a través de la conducción térmica a través de las paredes de los conductos de los fluidos de

calefacción al cuerpo permeable. La transferencia de calor dentro del cuerpo permeable procede entonces principalmente a través de calentamiento por convección.

5 Durante el calentamiento o el torrefacción del cuerpo permeable, las áreas localizadas de calor que superan las temperaturas de descomposición de la roca madre, a menudo por encima de aproximadamente 480 °C, pueden reducir la calidad del producto y formar dióxido de carbono y liberar componentes contaminantes indeseables que pueden dar lugar a lixiviados que contengan metales pesados, orgánicos solubles y similares. Los conductos calefactores pueden permitir la extracción sustancial de esos puntos calientes localizados, manteniendo al mismo tiempo una gran mayoría del cuerpo permeable dentro de un intervalo de temperatura deseado. El grado de uniformidad de la temperatura puede ser un equilibrio entre el costo (por ejemplo, de los conductos calefactores adicionales) y los rendimientos. Sin embargo, al menos aproximadamente 85% del cuerpo permeable puede calentarse fácilmente hasta un intervalo de temperatura objetivo sin que haya prácticamente ningún punto caliente, es decir, que exceda la temperatura de descomposición de los materiales hidrocarbúricos, tal como, por ejemplo, 482,22°C. De este modo, operados como es descrito en la presente memoria, los sistemas pueden permitir la recuperación de hidrocarburos mientras se elimina o sustancialmente se evita la producción de lixiviados indeseables.

15 Aunque los productos pueden variar considerablemente dependiendo de los materiales de partida, es posible obtener productos líquidos y gaseosos de alta calidad. Por ejemplo, sin tratamiento adicional, el material de esquisto bituminoso triturado puede producir directamente un producto líquido con un API de aproximadamente 30 a aproximadamente 45, siendo actualmente típico de aproximadamente 33 a aproximadamente 38. Curiosamente, ha sido comprobado que la presión parece ser un factor mucho menos influyente en la calidad de los hidrocarburos recuperados que la temperatura y los tiempos de calentamiento. Aunque los tiempos de calentamiento pueden variar considerablemente, dependiendo del espacio vacío, la composición del cuerpo permeable, la calidad, etc., como pauta general los tiempos pueden variar de una hora a aproximadamente un año. En un ejemplo específico, los tiempos de calentamiento pueden variar de aproximadamente 2 semanas a aproximadamente 4 meses. El subcalentamiento del esquisto bituminoso en tiempos de residencia cortos, es decir, minutos, puede dar lugar a la formación de hidrocarburos lixiviables y/o ligeramente volátiles. Por consiguiente, pueden ser usados tiempos de residencia prolongados a temperaturas moderadas, de manera que los productos orgánicos presentes en el esquisto bituminoso puedan volatilizarse y/o carbonizarse, dejando productos orgánicos lixiviables insustanciales. Además, el esquisto bituminoso subyacente no suele descomponerse ni alterarse, lo que reduce la liberación de componentes minerales ligados.

20 Además, las paredes de la infraestructura construida pueden estar configuradas para minimizar la pérdida de calor. En un aspecto, las paredes pueden estar construidas con un espesor sustancialmente uniforme optimizado para proporcionar una resistencia mecánica suficiente y, al mismo tiempo, reducir al mínimo el volumen de material de la pared a través del cual pasan los conductos. Específicamente, las paredes excesivamente gruesas pueden reducir la cantidad de calor transferida al cuerpo permeable absorbiendo el mismo a través de la conducción. A la inversa, las paredes también pueden actuar como barrera térmica para aislar un poco el cuerpo permeable y retener el calor en este durante el funcionamiento.

25 Además, en una realización, la actual infraestructura construida de control de la permeabilidad puede calentarse y/o enfriarse bajo perfiles de temperatura específicos para eliminar o minimizar sustancialmente la formación de material de hidrocarburos acumulado no deseado. En general, las infraestructuras de la presente pueden funcionar para calentar al menos una porción del cuerpo permeable hasta una temperatura de producción suficiente para extraer los hidrocarburos de este, cuando las condiciones en las zonas no productivas sean mantenidas por debajo de la temperatura de producción. En un aspecto, la infraestructura puede tener una temperatura de producción que oscile entre al menos 93 °C y 480 °C. En otro aspecto, la infraestructura puede tener una temperatura de producción que oscile entre más de 93 °C y 480 °C. En un aspecto detallado, la temperatura global puede estar entre 200 °C y 480 °C.

30 Para disminuir o eliminar la cantidad de líquidos retenidos en la zona de no producción, se pueden mantener varias condiciones. Como ha sido señalado anteriormente, durante el funcionamiento del sistema, las temperaturas por debajo del sistema de recolección de líquidos pueden ser mantenidas por debajo de la temperatura de producción de los materiales hidrocarbúricos correspondientes. Como un resultado, los materiales de la zona de no producción no producen hidrocarburos. Además, pueden ser mantenidas las propiedades de barrera de líquido de la capa de barrera del embalse. Por ejemplo, cuando es usado un suelo modificado con bentonita (BAS), las propiedades de barrera de fluidos son mantenidas mientras la capa BAS esté hidratada. Durante el funcionamiento, la hidratación puede ser mantenida manteniendo las temperaturas en toda la capa BAS por debajo de aproximadamente 100 °C, o más típicamente por debajo de aproximadamente 93 °C a fin de evitar los puntos calientes y la deshidratación localizada de BAS.

35 Teniendo en cuenta la descripción anterior, la **FIG. 3** muestra una vista lateral de un embalse de contención y extracción de cápsulas **100** en la que el grado **108** existente es usado principalmente como soporte de la capa de suelo impermeable **112**. Las paredes laterales del embalse exterior de la cápsula **102** proporcionan contención y pueden, aunque no es necesario, estar subdivididas por las paredes interiores. La subdivisión puede crear cápsulas de contención separadas o celdas dentro de una cápsula mayor de contención del embalse **100** que puede ser de cualquier geometría, tamaño o subdivisión. Otras subdivisiones pueden ser apiladas horizontal o verticalmente. Al

crear cápsulas o cámaras de contención separadas, se puede acomodar fácilmente la clasificación de materiales de grado inferior, gases variados, líquidos variados, etapas de proceso variadas u otros procesos deseados y escalonados. Esas cápsulas seccionadas pueden proporcionar una vigilancia ambiental adicional y pueden construirse con bermas de residuos revestidas y diseñadas de manera similar a las paredes exteriores primarias. El material con menor contenido de hidrocarburos puede ser útil como material de combustión, como relleno o como material de construcción de paredes de berma.

Las paredes **102**, así como el tapón **116** y el piso **112** pueden estar diseñados y reforzados por gaviones y/o capas de geocuadrícula en la compactación de relleno. Alternativamente, estas paredes **102**, **112** y **116** que comprenden el embalse de control de la permeabilidad y definen colectivamente el volumen encapsulado pueden estar formadas con cualquier otro material adecuado tal como ha sido descrito anteriormente. En esta realización, el embalse **100** incluye las paredes laterales **102** que son autoportantes. En una realización, las bermas, paredes y suelos de los relaves pueden estar compactados y diseñados tanto para la estructura como para la permeabilidad. Como tal, las paredes y los pisos pueden a menudo estar formados a partir de material de tierra particulado compactado (por ejemplo, tierra compactada, tierra modificada con bentonita, esquisto usado, grava, sus combinaciones, o similares). El uso de geocuadrículas compactadas y otras estructuras de hombre muerto para el soporte de bermas y terraplenes puede estar incluido antes o incorporado con capas de control de la permeabilidad que pueden incluir arena, arcilla, arcilla bentonítica, grava, cemento, lechada, cemento reforzado, cementos refractarios, aislamientos, geomembranas, cañerías de desagüe, aislamientos resistentes a la temperatura de tuberías calefactoras penetrantes, etc. En una realización, la infraestructura de control puede ser autoportante, con bermas como paredes laterales. En un aspecto, las bermas pueden comprender un material de tierra compactado.

En una realización alternativa, el embalse de control de la permeabilidad puede incluir paredes laterales que son tierra compactada y/o formaciones geológicas no perturbadas mientras que el tapón y los pisos son impermeables. Específicamente, en tales embalses puede ser usado un tapón impermeable para impedir el escape incontrolado de gases del embalse, de modo que puedan ser usadas salidas de recolección de gases adecuadas. De manera análoga, puede ser usado un piso impermeable **112** para contener y dirigir los líquidos recogidos a una salida adecuada, tal como el sistema de drenaje **133**, para extraer los productos líquidos de las regiones inferiores del embalse **100**. En un aspecto, el piso sustancialmente impermeable puede estar sostenido por la tierra. Aunque en algunas realizaciones pueden ser deseables paredes laterales impermeables, no siempre son requeridas. En algunos casos, las paredes laterales pueden quedar expuestas a la tierra no removida o a la tierra compactada o a otro material permeable. El hecho de contar con paredes laterales permeables puede permitir una pequeña salida de gases y/o líquidos del embalse. Las paredes impermeables están formadas de manera que impiden la salida sustancial de los líquidos producidos por el embalse a través de la pared impermeable durante el funcionamiento del sistema.

Una vez construidas las estructuras de las paredes **102** sobre una capa de suelo construida e impermeable **112**, los escombros minados **120** (que pueden ser triturados o clasificados de acuerdo con su tamaño o riqueza en hidrocarburos), pueden ser colocados en capas sobre (o junto a) los tubos de calefacción tubulares **118**, los tubos de drenaje de fluidos **124**, y/o los tubos de recolección o inyección de gas **126**. Estos tubos pueden estar orientados y diseñados en una variedad de patrones óptimos de flujo, ángulo, longitud, tamaño, volumen, intersección, cuadrícula, tamaño de pared, construcción de aleación, diseño de perforación, tasa de inyección y tasa de extracción. En algunos casos, los tubos tal como los usados para la transferencia de calor pueden estar conectados a la fuente de calor, reciclados a través de esta o derivar calor de la misma **134**. Alternativamente, o en combinación, los gases recuperados pueden estar condensados por un condensador **140**. El calor recuperado por el condensador puede ser usado opcionalmente para complementar el calentamiento del cuerpo permeable o para otras necesidades del proceso.

La fuente de calor **134** puede derivar, amplificar, reunir, crear, combinar, separar, transmitir o incluir el calor derivado de una fuente de calor adecuada, incluyendo, pero sin limitación, pilas de combustible, pilas de combustible de óxido sólido, fuentes solares, fuentes eólicas, calentadores de combustión de hidrocarburos líquidos o gaseosos, fuentes de calor geotérmico, centrales nucleares, centrales eléctricas de carbón, calor generado por radiofrecuencia, energía de las olas, cámaras de combustión sin llama, cámaras de combustión distribuidas naturalmente, calor geotérmico o sus combinaciones. En otra realización, el material conductor de la electricidad puede ser distribuido por todo el cuerpo permeable y se puede hacer pasar una corriente eléctrica a través del material conductor suficiente para generar calor. En una realización, el calentamiento del cuerpo permeable puede lograrse mediante el calentamiento por convección a partir de la combustión de hidrocarburos. Es de particular interés la combustión de hidrocarburos realizada en condiciones estequiométricas de combustible a oxígeno. Las condiciones estequiométricas pueden permitir un aumento significativo de las temperaturas de los gases de calor. Los gases de combustión pueden entonces ser secuestrados sin necesidad de una separación adicional, es decir, porque el gas de combustión es predominantemente dióxido de carbono y agua.

Alternativamente, la combustión en la cápsula puede ser iniciada dentro de cápsulas aisladas dentro de una estructura de contención de la cápsula construida primaria. Este proceso quema parcialmente material hidrocarbúfero para proporcionar calor y pirólisis intrínseca. Las emisiones de aire no deseadas pueden ser capturadas y secuestradas en una formación **108** una vez derivadas de la contención de la cápsula o de la fuente de calor **134** y son entregadas por un pozo perforado. La fuente de calor **134** también puede crear electricidad y transmitir energía a través de líneas de transmisión eléctrica. Los líquidos o gases extraídos de la zona de tratamiento del embalse de cápsulas pueden

almacenarse en un tanque de retención cercano **136** o dentro de una contención de cápsulas tal como el embalse **100**. Por ejemplo, la capa de suelo impermeable **112** puede incluir opcionalmente una zona inclinada que dirija los líquidos hacia el sistema de drenaje **133**, en la que los líquidos se dirigen al tanque de retención **136**.

Mientras el material de escombros **120** es colocado con las tuberías **118** y **126**, pueden ser usados diversos dispositivos de medición o sensores **130** para monitorizar la temperatura, presión, fluidos, gases, composiciones, tasas de calentamiento, densidad y otros atributos del proceso durante el proceso extractivo dentro, alrededor o debajo del embalse de contención de la cápsula **100**. Tales dispositivos de medición o sensores **130** pueden estar distribuidos en cualquier lugar dentro, alrededor, como parte de, conectados a, o encima de las tuberías colocadas **118** y **126** o, encima de, revestidos por, o enterrados dentro del material de escombros **120** o del suelo de la barrera impermeable **112**.

A medida que el material de escombros colocado **120** rellena la zona de tratamiento de la cápsula, el material de escombros se convierte en el soporte del techo del tapón impermeable diseñado **116**, y la construcción de la barrera de pared, que puede incluir cualquier combinación de impermeabilidad y barrera diseñada de fluidos y gases o la construcción de la cápsula que comprende las que pueden formar las paredes **102** y **112**, incluyendo, pero sin limitación, arcilla, material de relleno compactado o importado, cemento o material que contiene cemento refractario, membrana geosintética, revestimiento o aislamiento. En la parte superior, es colocado material de relleno para crear una presión litostática sobre el material de escombros **120** dentro de las zonas de tratamiento de la cápsula. Típicamente, también puede ser incluida una capa fina y/o aislante **114** que encapsule el material de escombros. Esta capa aislante puede incluir, por ejemplo, arcillas hinchables hidratadas, partículas finas o similares. El revestimiento del cuerpo permeable con un relleno compactado suficiente para crear un aumento de la presión litostática dentro del cuerpo permeable puede ser útil para aumentar de manera adicional la calidad de los productos hidrocarbonados. Un techo de relleno compactado puede revestir sustancialmente el cuerpo permeable, mientras que el cuerpo permeable a su vez puede soportar sustancialmente el techo de relleno compactado. El techo de relleno compactado puede ser además suficientemente impermeable al hidrocarburo liberado o puede ser añadida una capa adicional de material de control de la permeabilidad de manera similar a las paredes laterales y/o suelo.

Puede ser introducida una presión adicional en la zona de tratamiento de la cápsula de extracción aumentando el gas o el fluido una vez extraído, tratado o reciclado, según el caso, a través de cualquier tubería adecuada. Las mediciones relativas, tasas de optimización, tasas de inyección, tasas de extracción, temperaturas, tasas de calentamiento, caudales, tasas de presión, indicadores de capacidad, composiciones químicas u otros datos relativos al proceso de calentamiento, extracción, estabilización, secuestro, embalse, mejoramiento, refinado o análisis de la estructura dentro del embalse de la cápsula **100** pueden ser adquiridos mediante la conexión a un dispositivo informático **132** que opera con programas de ordenador para la gestión, el cálculo y la optimización de todo el proceso y que está conectado operativamente a la fuente de calor **134**, al sensor **130** y a cualquier otro componente asociado, tal como el tanque de retención **136** o el condensador **140**.

La **FIG. 4** muestra una colección de embalses que incluye un sistema de cápsulas **142** sin revestir o sin tapar, que contiene cápsulas individuales **100**. En algunas realizaciones, está previsto que los escombros de las minas puedan ser transferidos por canaletas o mediante cintas transportadoras a los embalses de cápsula de la cantera **100**. Independientemente, varios embalses pueden estar orientados de forma adyacente para formar un conjunto. Pueden ser introducidas trayectorias de acceso para el transporte, mantenimiento, conductos u otras características para facilitar el funcionamiento del sistema.

Con referencia nuevamente a la **FIG. 3**, el ordenador **130** puede ser usado para controlar diversas entradas y salidas de propiedades de los conductos conectados a la fuente de calor **134** durante el proceso y puede coordinar los flujos entre los embalses subdivididos dentro de un sistema de embalses colectivos **142** según lo ilustrado en la **FIG. 4** para controlar el calentamiento del cuerpo permeable. De manera similar, el líquido y el vapor recogidos de los embalses pueden ser monitorizados y recogidos en el tanque **136** y el condensador **140**, respectivamente. Como ha sido descrito anteriormente, los productos líquidos y de vapor pueden ser combinados o, más a menudo, dejados como productos separados, dependiendo de la capacidad de condensación, el producto objetivo y similares. Una porción del producto de vapor puede estar condensada y combinada con los productos líquidos en el tanque **136**. Sin embargo, gran parte del producto de vapor a menudo será C4 y gases más ligeros que puedan ser quemados, comercializados o usados dentro del proceso. Por ejemplo, puede ser recuperado hidrógeno gaseoso mediante la separación convencional de gases y ser usado para tratar hidricamente los productos líquidos de acuerdo con procedimientos convencionales de mejoramiento, por ejemplo, catalíticos, etc., o el producto gaseoso no condensable puede ser quemado para producir calor para su uso en el calentamiento del cuerpo permeable, calentamiento de un embalse adyacente o cercano, calentamiento de áreas de servicio o de personal, o la satisfacción de otras necesidades de calor del proceso. La infraestructura construida puede incluir termopares, medidores de presión, medidores de flujo, sensores de dispersión de fluidos, sensores de riqueza y otros dispositivos convencionales de control de procesos distribuidos por toda la infraestructura construida. Cada uno de estos dispositivos puede estar asociado operativamente a un ordenador de manera que las tasas de calentamiento, los caudales de producto y las presiones puedan ser monitorizados o alterados durante el calentamiento del cuerpo permeable.

Con referencia a la **FIG. 5**, una capa de barrera de fluidos **502** de suelo enmendado con bentonita (BAS) está formada adyacente a la formación nativa **504** u otra estructura (por ejemplo, un embalse adyacente). También es proporcionada

una capa de partículas finas de grava **506** adyacente a la capa BAS para formar una capa aislante. Encapsulado dentro de la capa de partículas finas de grava se encuentra un cuerpo permeable **508** (parte del cual está en encerrado en un círculo) de esquisto bituminoso triturado **510** y material estructural **512** que forman un volumen de producción con un tamaño promedio de partículas adecuado para la producción de hidrocarburos. Normalmente, la capa de partículas finas de grava puede estar compuesta por esquisto bituminoso triturado que tiene un tamaño promedio de partículas sustancialmente más pequeño que el tamaño promedio de partículas dentro del volumen de producción.

Un sistema primario de recolección de líquidos **514** opcional puede estar orientado dentro de una porción inferior del esquisto bituminoso triturado dentro de la capa de partículas finas de grava. Aunque el sistema primario de recolección de líquido es mostrado en la capa de grava a medio camino entre el cuerpo permeable y la capa de BAS, dicha ubicación tiene fines ilustrativos y no pretende ser limitante. Por lo tanto, el sistema primario de recolección de líquidos puede estar situado aproximadamente a mitad de camino, en la parte superior de la capa de grava o en la parte inferior de la misma. El sistema de recolección de líquidos puede estar configurado para recoger líquidos en toda la sección transversal del cuerpo permeable. El sistema de recolección puede ser una sola capa continua, o puede estar formado por múltiples bandejas de recolección separadas. En un ejemplo, el sistema de recolección de líquidos puede ser una bandeja de drenaje que se extiende a través de la capa de partículas finas de grava hasta la capa BAS circundante. La bandeja de drenaje puede incluir opcionalmente uno o más canales de drenaje que dirigen el líquido hacia un punto de recolección común para su extracción a través de una salida correspondiente. Aunque la extracción puede ser realizada mediante bombeo, normalmente el drenaje por gravedad puede proporcionar velocidades suficientes de extracción de flujo. En un aspecto, la bandeja de drenaje puede cubrir todo el piso de la infraestructura. Una pluralidad de conductos calefactores **516** pueden estar empotrados dentro del cuerpo permeable para calentar el esquisto bituminoso lo suficiente como para iniciar la pirólisis y la producción de hidrocarburos.

Durante el funcionamiento, el cuerpo permeable del material hidrocarburífero es calentado a una temperatura de producción predeterminada que corresponde a la liberación y/o producción de hidrocarburos del material hidrocarburífero correspondiente. Sin embargo, todo el sistema suele presentar gradientes de temperatura que varían en todas partes. Por ejemplo, para la elaboración de esquisto bituminoso, el cuerpo permeable puede tener una temperatura máxima de masa de aproximadamente 400 °C con un gradiente de temperatura decreciente que se aproxima a la formación circundante, que suele ser de aproximadamente 15 °C. Para disminuir o eliminar la cantidad de líquidos retenidos en la zona de no producción, pueden crearse y mantenerse varias condiciones. Durante el funcionamiento del sistema, las temperaturas por debajo del sistema de recolección de líquidos pueden ser mantenidas por debajo de la temperatura de producción de los materiales hidrocarburíferos correspondientes. Como resultado, los materiales de la zona de no producción no producen hidrocarburos.

Además, las propiedades de barrera de fluidos de la capa BAS pueden ser mantenidas mientras la capa BAS esté hidratada. Al deshidratarse, la capa BAS vuelve a un estado de partículas que permite el paso de fluidos. Durante el funcionamiento, la hidratación puede ser mantenida manteniendo las temperaturas en toda la capa BAS por debajo de 93 °C. Además, las infraestructuras pueden incluir opcionalmente mecanismos de hidratación para suministrar agua a la capa BAS. Dichos mecanismos de hidratación pueden estar situados a lo largo de la capa BAS de forma que sea lograda una hidratación adecuada de la capa BAS para preservar la impermeabilidad sustancial de los fluidos durante la operación.

La temperatura en el sistema primario de recolección de líquidos y en la capa BAS puede ser controlada ajustando las tasas de calentamiento de los conductos calefactores a granel, variando el espacio vacío dentro del cuerpo permeable, variando el espesor de la capa de partículas finas de grava y ajustando las tasas de extracción de líquidos a través del sistema de drenaje. Pueden ser proporcionados bucles de refrigeración complementarios opcionales para extraer el calor de los alrededores del sistema primario de recolección de líquido y/o de la capa BAS.

Los productos hidrocarbonados recuperados del cuerpo permeable pueden ser procesados de manera adicional (por ejemplo, refinados) o usados tal como han sido producidos. Los productos gaseosos condensables pueden ser condensados por enfriamiento y recolección, mientras que los gases no condensables pueden ser recolectados, quemados como combustible, reinyectados o usados o eliminados de otra manera. Opcionalmente, puede ser usado un equipo móvil para recoger los gases. Estas unidades pueden estar orientadas fácilmente cerca de la infraestructura de control y el producto gaseoso dirigido hacia esta a través de conductos adecuados desde una región superior de la infraestructura de control.

En una realización alternativa adicional, el calor dentro del cuerpo permeable puede ser recuperado después de la recuperación primaria de los materiales de hidrocarburos de este. Por ejemplo, una gran cantidad de calor es retenida en el cuerpo permeable. En una realización opcional, el cuerpo permeable puede inundarse con un fluido de transferencia de calor como el agua para formar un fluido calentado, por ejemplo, agua caliente y/o vapor. Al mismo tiempo, este proceso puede facilitar la extracción de algunos productos hidrocarbonados residuales mediante un enjuague físico de los sólidos de esquisto gastados. En algunos casos, la introducción de agua y la presencia de vapor pueden dar lugar a reacciones de cambio de gas de agua y a la formación de gas de síntesis. El vapor recuperado de este proceso puede ser usado para accionar un generador, dirigido a otra infraestructura cercana o usado de otra manera. Los hidrocarburos y/o el gas de síntesis pueden ser separados del vapor o del fluido calentado por procedimientos convencionales.

5 El gas de síntesis también puede ser recuperado del cuerpo permeable durante la etapa de calentamiento. Pueden ser manipuladas diversas etapas de la producción de gas mediante procesos que elevan o reducen las temperaturas de funcionamiento dentro del volumen encapsulado y ajustan otros insumos en el embalse para producir gases sintéticos que pueden incluir, pero sin limitación, monóxido de carbono, hidrógeno, sulfuro de hidrógeno, hidrocarburos, amoníaco, agua, nitrógeno o varias de sus combinaciones.

10 Más a menudo, LOS productos hidrocarbonados recuperados de las infraestructuras construidas pueden ser procesados, por ejemplo, mediante mejora, refinación, etc. De manera similar, el material hidrocarburífero gastado que queda en la infraestructura construida puede dejarse en su sitio o ser usado en la producción de cemento y productos de agregados para su uso en la construcción o estabilización de la propia infraestructura o en la formación de infraestructuras construidas fuera del sitio. Tales productos de cemento elaborados con el esquisto bituminoso usado pueden incluir, pero sin limitación, mezclas con cemento Portland, calcio, cenizas volcánicas, perlita, nanocarbonos sintéticos, arena, fibra de vidrio, vidrio triturado, asfalto, alquitrán, resinas aglutinantes, fibras vegetales celulósicas, y similares.

15 La descripción detallada anterior describe la invención con referencia a las realizaciones ejemplares específicas. Sin embargo, se apreciará que se pueden hacer varias modificaciones y cambios sin apartarse del alcance de la presente invención tal como es establecido en las reivindicaciones anexas. La descripción detallada y los dibujos adjuntos deben ser considerados meramente ilustrativos, en lugar de restrictivos, y todas esas modificaciones o cambios, si los hubiera, están destinados a ser parte del alcance de la presente invención tal y como es descrito y establecido en la presente memoria.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de reducción de la sedimentación del material hidrocarbúrrifero triturado residual durante el procesamiento, que comprende:
- 5 a) formar una infraestructura construida de control de la permeabilidad que define un volumen sustancialmente encapsulado;
- b) introducir un material hidrocarbúrrifero triturado compuesto en la infraestructura de control para formar un cuerpo permeable, comprendiendo dicho material hidrocarbúrrifero compuesto partículas de material hidrocarbúrrifero triturado mezcladas con partículas de material estructural particulado que no produce hidrocarburos, en el que las partículas de material estructural particulado que no produce hidrocarburos comprenden roca, esquisto o sus combinaciones y en el que las partículas de material estructural proporcionan una integridad estructural al cuerpo permeable suficiente para mantener el flujo de convección de fluidos en todo el cuerpo permeable durante el calentamiento;
- 10 c) calentar el cuerpo permeable lo suficiente para extraer los hidrocarburos del mismo, en el que el material hidrocarbúrrifero triturado compuesto es sustancialmente estacionario durante el calentamiento, sin incluir la subsidencia y el asentamiento.
- 15
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la formación e introducción se producen sustancialmente de forma simultánea.
3. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además la recolección y extracción de los hidrocarburos del cuerpo permeable.
- 20
4. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que
- a) la infraestructura de control comprende, al menos parcialmente, un material de tierra particulado compactado; o
- b) la infraestructura de control comprende, al menos parcialmente, un material de tierra particulado compactado y en el que el material de tierra incluye arcilla, arcilla bentonítica, relleno compactado, cemento refractario, cemento, tierra bentonítica enmendada, tierra compactada, esquisto de grado bajo o sus combinaciones; o
- 25 c) la infraestructura de control es autoportante, con bermas como paredes laterales; o
- d) la infraestructura de control está sustancialmente libre de formaciones geológicas no perturbadas.
- 30
5. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la infraestructura tiene un suelo que está estructuralmente soportado por la tierra subyacente.
6. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el material hidrocarbúrrifero triturado comprende esquisto bituminoso, arenas alquitranadas, carbón, lignito, betún, turba, biomasa o sus combinaciones.
7. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que:
- 35 a) el cuerpo permeable comprende una distribución de tamaño bimodal de material hidrocarbúrrifero triturado y material estructural;
- b) el cuerpo permeable comprende una distribución de tamaño bimodal de material hidrocarbúrrifero triturado y material estructural y en el que la distribución de tamaño bimodal incluye una mayoría de material estructural que tiene un diámetro promedio que es de al menos dos veces el diámetro promedio del material hidrocarbúrrifero triturado;
- 40 c) el cuerpo permeable mantiene una porosidad de 40% a 70% del volumen total del cuerpo permeable antes y durante el calentamiento; o
- d) el cuerpo permeable tiene una primera porosidad antes del calentamiento y una segunda porosidad inferior durante el calentamiento, en el que la segunda porosidad se mantiene por encima de 10%; o
- 45 e) en el que el cuerpo permeable comprende además una pluralidad de conductos calefactores incrustados dentro del cuerpo permeable, dicha pluralidad de conductos calefactores adaptados para calentar el cuerpo permeable.

8. Una infraestructura construida de control de la permeabilidad que comprende un volumen sustancialmente encapsulado que contiene un cuerpo permeable y una fuente de calor térmicamente asociada;
- 5 en la que el cuerpo permeable es un material hidrocarbúfero triturado compuesto que comprende una mezcla de partículas de material hidrocarbúfero triturado y de partículas de material estructural particulado que no produce hidrocarburos de roca, esquisto o sus combinaciones que tienen una porosidad;
- en la que dicho material estructural es capaz de mantener la porosidad del cuerpo permeable durante el calentamiento del cuerpo permeable dentro de un intervalo de porosidad objetivo.
9. La infraestructura de la reivindicación 8, en la que la infraestructura construida de control de la permeabilidad está sustancialmente libre de formaciones geológicas no perturbadas.
- 10 10. La infraestructura de la reivindicación 8, en la que
- a) la infraestructura de control comprende, al menos parcialmente, un material de tierra; o
- b) la infraestructura de control comprende, al menos parcialmente, un material de tierra y en la que el material de tierra incluye arcilla, arcilla bentonítica, relleno compactado, cemento refractario, cemento, tierra bentonítica enmendada, tierra compactada, esquisto de grado bajo, o sus combinaciones; o
- 15 c) en la que la infraestructura de control es autoportante, con bermas como paredes laterales.
11. La infraestructura de la reivindicación 8, en la que la infraestructura tiene un piso que está estructuralmente soportado por la tierra subyacente.
12. La infraestructura de la reivindicación 8, en la que el material hidrocarbúfero triturado comprende esquisto bituminoso, arenas alquitranadas, carbón, lignito, betún, turba, biomasa o sus combinaciones.
- 20 13. La infraestructura de la reivindicación 8, en la que
- a) el cuerpo permeable comprende una distribución de tamaño bimodal de material hidrocarbúfero triturado y material estructural; o
- b) el cuerpo permeable comprende una distribución de tamaño bimodal de material hidrocarbúfero triturado y material estructural y en la que la distribución de tamaño bimodal incluye una mayoría de material estructural que tiene un diámetro promedio que es de al menos dos veces el diámetro promedio del material hidrocarbúfero triturado; o
- 25 c) el cuerpo permeable comprende una distribución de tamaño bimodal de material hidrocarbúfero triturado y material estructural y en la que la distribución de tamaño bimodal proporciona una porosidad entre aproximadamente 40% y aproximadamente 70% para el cuerpo permeable antes y durante el calentamiento.
- 30 14. La infraestructura de la reivindicación 8, en la que el intervalo de porosidad objetivo está dentro de aproximadamente 10% aproximadamente 50% de la porosidad del cuerpo permeable antes del calentamiento.

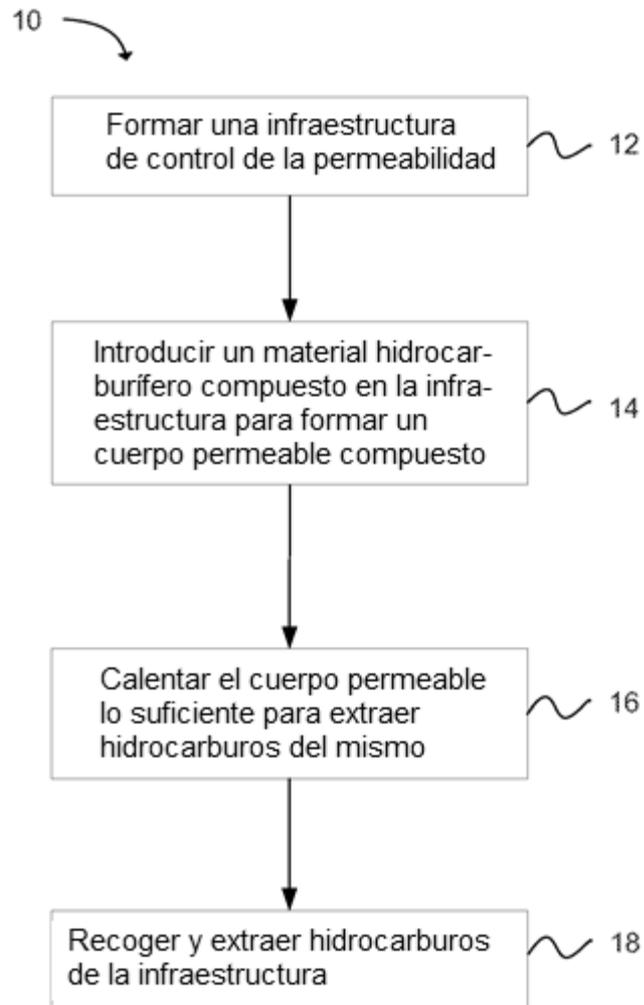


FIG. 1

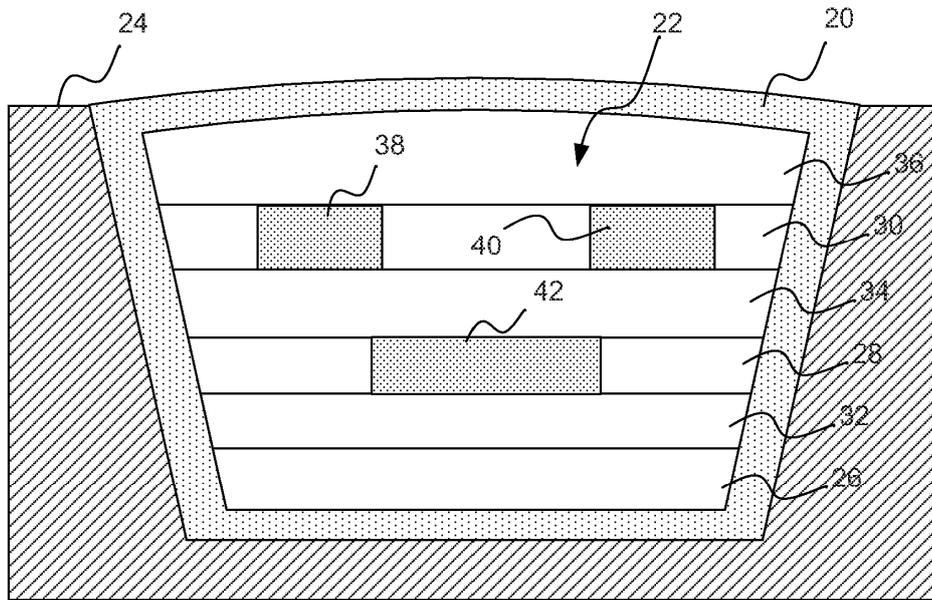


FIG. 2

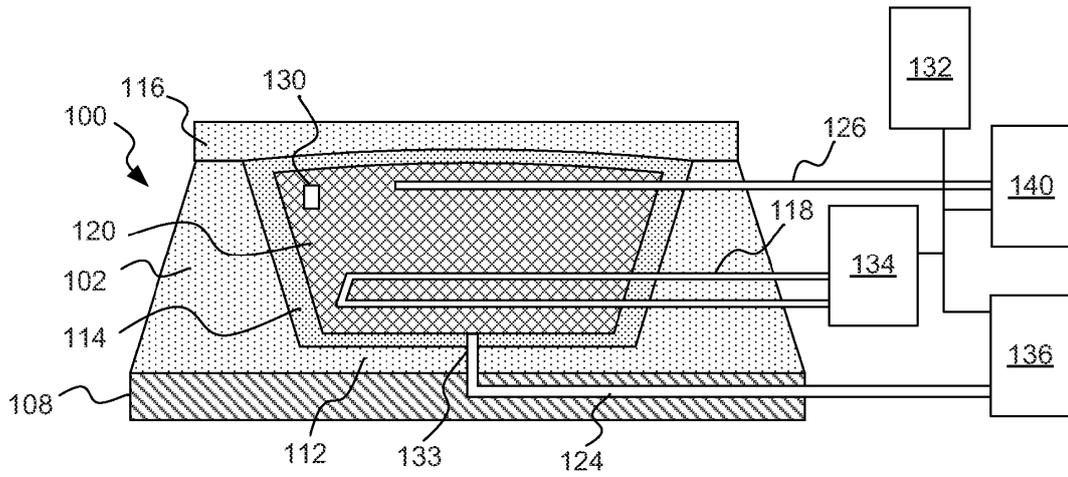


FIG. 3

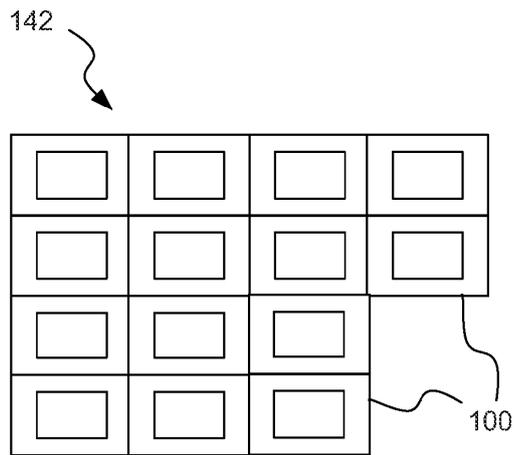


FIG. 4

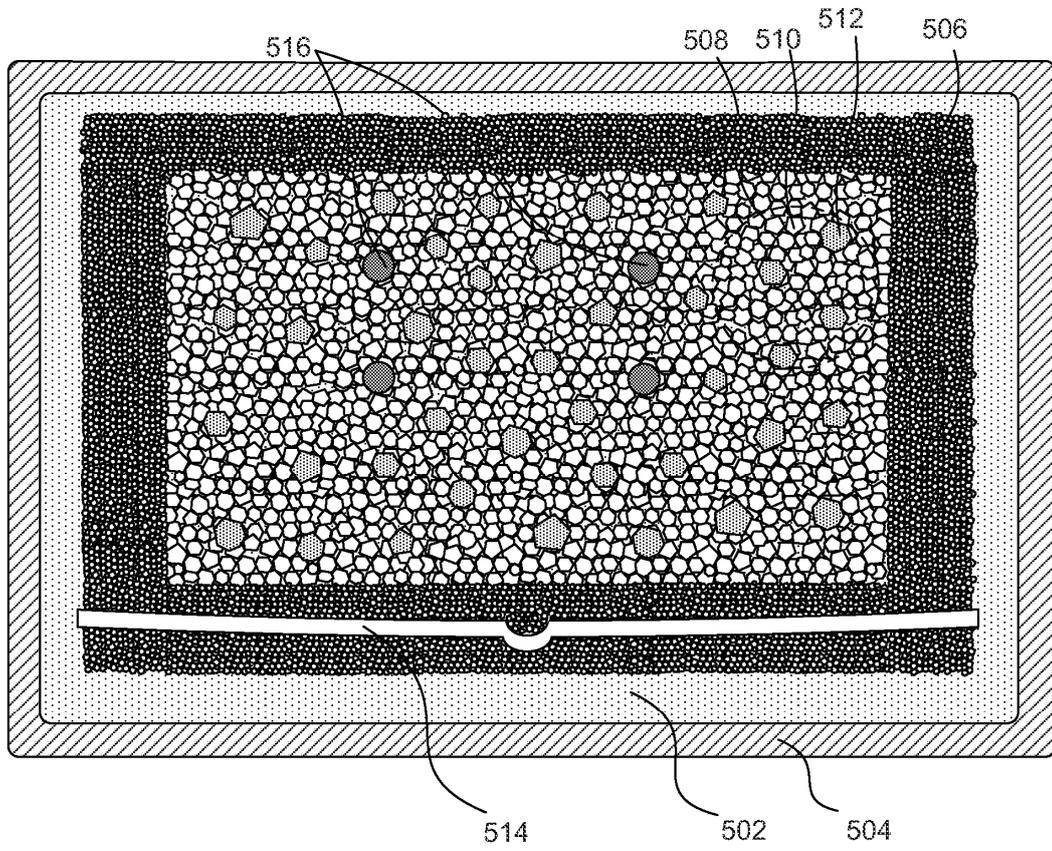


FIG. 5