

ANÁLISIS DE ISÓTOPOS DE GAS

Campo técnico

[0001] La presente descripción se refiere de forma general a la perforación de pozos. De forma
5 más específica, pero de modo no taxativo, la presente descripción hace referencia al análisis de
isótopos de un gas de un pozo.

Antecedentes

[0002] Un pozo (por ejemplo, pozos de petróleo o gas para extraer fluidos de una formación
subterránea) puede incluir un equipo de perforación para perforar en un pozo, junto con otros
10 componentes u equipos. Durante las operaciones de perforación, un gas dentro del pozo puede fluir en
el fluido a partir de la operación de perforación, tal como un fluido de perforación o lodo de perforación.
Se puede determinar la información geológica sobre el pozo de acuerdo con el gas en el fluido.

Breve descripción de las figuras

[0003] La figura 1 es un diagrama esquemático que muestra un equipo de perforación en un
15 pozo, junto con un sistema para analizar isótopos de un gas del pozo para determinar la información
geológica sobre el pozo de acuerdo con un ejemplo de la presente descripción.

[0004] La figura 2 es un diagrama esquemático del equipo de perforación de la figura 1 junto
con una mezcla de fluido y gas que se traslada desde dentro del pozo a la superficie del pozo de
acuerdo con un ejemplo de la presente descripción.

20 [0005] La figura 3 es un diagrama esquemático de múltiples pozos, junto con un sistema para
analizar isótopos de un gas de cada pozo para determinar la información geológica sobre el pozo de
acuerdo con un ejemplo de la presente descripción.

[0006] La figura 4 es un diagrama de bloques de un ejemplo de un detector de gas de la figura
1, junto con un dispositivo informático de la figura 1 para analizar isótopos de un gas de un pozo para
25 determinar la información geológica sobre el pozo de acuerdo con un ejemplo de la presente
descripción.

[0007] La figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de un proceso para analizar
isótopos de un gas de un pozo para determinar la información geológica sobre el pozo de acuerdo con
un ejemplo de la presente descripción.

30 [0008] La figura 6 es un ejemplo de una gráfica que incluye puntos de datos isotópicos que se
pueden generar por medio de un dispositivo informático de acuerdo con un ejemplo de la presente
descripción.

Descripción detallada

[0009] Determinados aspectos y características de la presente descripción se refieren al análisis de isótopos de un gas de un pozo para determinar la información geológica que se asocia con el pozo. Durante las operaciones de perforación, se puede utilizar una broca de perforación para cortar o penetrar partículas o rocas en un pozo y un sistema de circulación de fluidos de perforación o un sistema de lodo puede hacer circular el fluido, tal como un fluido de perforación o lodo, a través del pozo para permitir que la broca de perforación penetre la roca. A medida que la broca de perforación penetra la roca en el pozo, se puede liberar gas en el pozo y el gas puede fluir en el fluido. El fluido, junto con el gas, puede fluir hacia una superficie del pozo. La mezcla de fluido y gas se puede analizar en la superficie del pozo para determinar los datos isotópicos sobre la mezcla de fluido y gas (por ejemplo, para determinar una cantidad de un isótopo de carbono en la mezcla) y los datos isotópicos se pueden usar para determinar la información geológica sobre el pozo.

[0010] Por ejemplo, se puede rastrear y transmitir una profundidad u ubicación de la broca de perforación dentro del pozo a un dispositivo informático a medida que la broca de perforación penetra la roca dentro del pozo y el fluido de perforación se bombea a través de la broca de perforación. En otros ejemplos, el dispositivo informático puede recibir datos y determinar la profundidad o ubicación de la broca de perforación dentro del pozo en función de los datos. El fluido de perforación, junto con un gas liberado en el pozo, puede circular a través del pozo y hacia la superficie del pozo. Un dispositivo detector de gas (por ejemplo, un espectrómetro de masas) se puede colocar en la superficie del pozo para recibir la mezcla fluido de perforación y gas y detectar una cantidad y un tipo de gas en la mezcla y transmitir los datos sobre la cantidad y tipo de gas a un dispositivo informático en tiempo real (por ejemplo, a medida que la mezcla de fluido de perforación y gas llega a la superficie del pozo y sale del pozo). Como ejemplo, el dispositivo detector de gas puede detectar una cantidad de uno o más isótopos en la mezcla (por ejemplo, una cantidad de un isótopo de carbono o una cantidad de un isótopo de hidrógeno en la mezcla) usando espectrometría de masa por relación de isótopos de cromatografía gaseosa y transmitir los datos sobre la cantidad de isótopo al dispositivo informático.

[0011] El dispositivo informático puede realizar una o más operaciones en función de los datos isotópicos recibidos del dispositivo detector de gas. Por ejemplo, el dispositivo informático puede generar un punto de datos de acuerdo con los datos isotópicos recibidos del dispositivo detector de gas. El punto de datos puede indicar una composición de un hidrocarburo en la mezcla de fluido y gas, junto con una profundidad asociada con la mezcla (por ejemplo, la profundidad o ubicación de la broca de perforación dentro del pozo cuando el fluido de perforación se bombea a través de la broca de perforación y se hace circular a la superficie del pozo) y el dispositivo informático puede determinar la

información geológica sobre el pozo en función, al menos en parte, del punto de datos. Como ejemplo, el dispositivo informático puede generar un punto de datos que se asocia con una ubicación o profundidad particular dentro de un pozo en el que el fluido de perforación se hace circular y una cantidad de un isótopo de carbono o un isótopo de hidrógeno en una mezcla de fluido y gas desde la ubicación o profundidad particular. El punto de datos puede indicar una cantidad de etano o metano en la profundidad o ubicación particular dentro del pozo. El dispositivo informático puede determinar también una relación entre el punto de datos y una profundidad o ubicación dentro del pozo. Por ejemplo, el dispositivo informático puede aplicar un análisis de regresión al punto de datos y la profundidad o ubicación dentro del pozo que se asocia con el punto de datos para determinar un cambio en el punto de datos de acuerdo con un cambio en la profundidad dentro del pozo (por ejemplo, un cambio en una cantidad de etano o metano en el pozo de acuerdo con un cambio en una ubicación o profundidad dentro del pozo). El dispositivo informático puede determinar luego la información geológica sobre el pozo o la ubicación o profundidad particular dentro del pozo en función del punto de datos.

[0012] En algunos ejemplos, el dispositivo detector de gas puede analizar las mezclas de fluidos y gas de diversas profundidades dentro del pozo y transmitir los datos sobre una cantidad de un isótopo en las mezclas al dispositivo informático. El dispositivo informático puede generar múltiples puntos de datos asociados con una cantidad de un isótopo en las distintas mezclas de diversas profundidades dentro del pozo. El dispositivo informático puede determinar entonces la información geológica sobre el pozo de acuerdo con los diversos puntos de datos y las profundidades o ubicaciones dentro del pozo que se asocian con cada mezcla de fluido y gas. Como ejemplo, el dispositivo informático puede determinar un límite del pozo (por ejemplo, una forma o límite físico del pozo) de acuerdo, al menos en parte, con los distintos puntos de datos. El dispositivo informático puede determinar también una tendencia o patrón de datos isotópicos dentro del pozo de acuerdo, al menos en parte, con los diversos puntos de datos.

[0013] El dispositivo informático puede también generar y emitir datos de acuerdo, al menos en parte, con los datos isotópicos recibidos del dispositivo detector de gas. Los datos pueden indicar una cantidad de uno o más isótopos en una mezcla de fluido y gas de una o más profundidades o ubicaciones dentro del pozo. Los datos pueden indicar también una cantidad de uno o más hidrocarburos en una mezcla de fluido y gas de una o más profundidades o ubicaciones dentro del pozo. Los datos pueden indicar también una concentración de una cantidad de gas y un tipo de gas detectado por el dispositivo detector de gas. En algunos ejemplos, el dispositivo informático puede emitir los datos como un gráfico, diagrama, gráfica, etc. para determinar la información geológica sobre el pozo. El dispositivo informático puede generar y emitir datos de acuerdo, al menos en parte, con los

datos isotópicos recibidos del dispositivo detector de gas como se describió anteriormente y generar y emitir un indicador visual que se asocia con los datos y el indicador visual se puede utilizar para determinar la información geológica del pozo.

[0014] En algunos ejemplos, el dispositivo detector de gas y el dispositivo informático se pueden usar para determinar la información geológica de un pozo en tiempo real (por ejemplo, a medida que una mezcla de fluido y gas desde dentro del pozo llega a la superficie del pozo), lo cual puede mejorar las operaciones de perforación en el pozo. Por ejemplo, el dispositivo detector de gas y el dispositivo informático se pueden usar para determinar una ubicación de un sello o barrera en el pozo (por ejemplo, una ubicación de roca relativamente impermeable que forma una barrera o estopín por encima y alrededor del pozo para atrapar fluidos tal como, por ejemplo, fluidos de hidrocarburo, de manera que los fluidos no pueden migrar), una ubicación de una zona de comunicación en el pozo (por ejemplo, una ubicación dentro del pozo donde un fluido puede fluir desde una parte del pozo a otra parte del pozo o a otro pozo), o una difusión de gas a una profundidad dentro del pozo (por ejemplo, el movimiento de moléculas del gas desde una alta concentración a una baja concentración en la profundidad dentro del pozo). Determinar de forma eficaz la información geológica del pozo puede conducir a la planificación eficaz de operaciones de perforación posteriores.

[0015] Estos ejemplos ilustrativos se proporcionan para presentarle al lector la materia general que se describe en la presente y no se pretende que limiten el alcance de los conceptos descritos. Las siguientes secciones describen diversas características y ejemplos adicionales con referencia a las figuras en las que los números similares indican elementos similares y las descripciones direccionales se usan para describir los ejemplos ilustrativos pero, al igual que los ejemplos ilustrativos, no deberían utilizarse para limitar la presente descripción.

[0016] La figura 1 es un diagrama esquemático que muestra un equipo de perforación 100 en un pozo 102, junto con un sistema 104 para analizar los isótopos de un gas del pozo 102 para determinar la información geológica del pozo 102 de acuerdo con un ejemplo.

[0017] El equipo de perforación 100 se puede usar para crear un agujero o pozo 102 que se extiende a través de diversas capas terrestres (por ejemplo, una formación subterránea que tiene hidrocarburos 106). El equipo de perforación 100 puede incluir también una bomba 108, una sarta de perforación 110 y una broca de perforación 112.

[0018] La sarta de perforación 110 se puede acoplar a una tubería flexible que se puede enrollar alrededor de una bobina y emplearse en el pozo 102. En otros ejemplos, la sarta de perforación 110, junto con cualquier componente de la sarta de perforación 110, se puede acoplar a una tubería de perforación y girarse por medio de una unidad de mando superior o mesa giratoria en el equipo de perforación 100.

[0019] La sarta de perforación 110 puede incluir un dispositivo de fresado o la broca de perforación 112. La broca de perforación 112 puede ser cualquier dispositivo para cortar o quitar partículas desde dentro del pozo 102. Durante las operaciones de perforación, la bomba 108 puede bombear una variedad de composiciones del pozo 114, tal como, por ejemplo, fluido de perforación o lodo de perforación, a través de la sarta de perforación 110. Bombear el fluido de perforación a través de la sarta de perforación 110 puede permitir que la broca de perforación 112 perfore o corte la formación 106. La sarta de perforación 110 puede transmitir el fluido de perforación a la broca de perforación 112 y el fluido de perforación puede salir hacia el pozo 102 a través de la broca de perforación 112.

[0020] En el ejemplo que se ilustra en la figura 1, el pozo 102 se perforó desde una superficie 116 y a través de la formación subterránea 106. A medida que se perfora el pozo 102, la broca de perforación 112 puede cortar rocas o sedimentos en el pozo 102, lo cual puede permitir que se libere un gas dentro del pozo (por ejemplo, un gas dentro de la formación 106). Mientras que la broca de perforación 112 corta el pozo 102, el fluido de perforación es bombeado a través de la broca de perforación 112 y hacia el pozo 102, lo cual puede mejorar las operaciones de perforación y permitir que el gas liberado en el pozo 102 fluya en el fluido de perforación. La mezcla de fluido y gas puede fluir a lo largo de una vía de flujo 118, a medida que el fluido de perforación circula de vuelta hacia la superficie 116 a través de un espacio anular del pozo 120. En la superficie 116, la mezcla de fluido y gas se puede analizar o procesar. Por ejemplo, se puede usar el sistema 104 para analizar los isótopos en la mezcla de fluido y gas con el fin de determinar la información geológica del pozo 102.

[0021] El sistema 104 puede incluir un detector de gas 122, el cual se puede usar para analizar una mezcla de fluido y gas de un pozo. El detector de gas 122 puede ser cualquier tipo de dispositivo que se puede operar en un sistema de pozos para analizar una mezcla de fluido y gas a efectos de determinar los datos isotópicos del gas en la mezcla (por ejemplo, determinar una cantidad de un isótopo en la mezcla). El detector de gas 122 se puede colocar cerca de la superficie 116 para que reciba la mezcla de fluido y gas a medida que la mezcla llega a la superficie 116 y analizar la mezcla para determinar los datos isotópicos sobre el gas en la mezcla. Por ejemplo, el detector de gas 122 puede detectar una cantidad y un tipo de gas o una cantidad y un tipo de isótopo de gas en la mezcla. Como ejemplo, el detector de gas 122 puede analizar la mezcla para detectar la presencia y una cantidad de un isótopo de carbono o un isótopo de hidrógeno en la mezcla de fluido y gas. Como ejemplo adicional, el detector de gas 122 puede detectar un nivel de concentración de una cantidad de gas y un tipo de gas en la mezcla de fluido y gas. El detector de gas 122 puede analizar también la composición 114 que ingresa en el pozo 102 y detectar un tipo de gas o isótopo o una cantidad de gas o isótopo en la composición 114 que ingresa en el pozo 102. Colocar el detector de gas 122 cerca del

pozo 102 o cerca de la superficie 116 puede permitir que el detector de gas 122 analice y obtenga de forma eficaz los datos isotópicos sobre un gas en un fluido que ingresa o sale del pozo 102. En algunos ejemplos, colocar el detector de gas 122 cerca de la superficie 116 o cerca del pozo 102 puede permitir también que el detector de gas 122 determine los datos isotópicos sobre un gas en un fluido que ingresa o sale del pozo 102 en tiempo real (por ejemplo, a medida que la mezcla de fluido y gas ingresa en el pozo 102 o a medida que la mezcla de fluido y gas llega a la superficie 116).

[0022] En algunos ejemplos, el detector de gas 122 puede no estar incluido en el sistema de pozos. En dichos ejemplos, es posible recolectar una muestra de una mezcla de gas y fluido de perforación del pozo 102, lo que incluye, de modo no taxativo, a través de una recolección manual (por ejemplo, trabajo manual) o a través de una recolección automática (por ejemplo, mediante un aparato, dispositivo, máquina o similares). La muestra se puede transportar a una ubicación (por ejemplo, a un laboratorio en el sitio o fuera del sitio) para analizar la muestra para determinar los datos isotópicos sobre el gas en la mezcla.

[0023] El sistema 104 también puede incluir un dispositivo informático o módulo de procesamiento 124. El dispositivo informático 124 puede colocarse en la superficie 116 o fuera del sitio. El dispositivo informático 124 puede incluir un dispositivo de comunicación 126 para transmitir y recibir datos. El dispositivo de comunicación 126 puede representar uno o más de cualquiera de los componentes que facilitan una conexión en red y el dispositivo informático 124 se puede acoplar de forma comunicativa al detector de gas 122 a través del dispositivo de comunicación 126. El dispositivo informático 124 también puede transmitir datos a una ubicación remota (por ejemplo, a un laboratorio fuera del sitio o a otro dispositivo informático) o recibir datos desde la ubicación remota a través del dispositivo de comunicación 126.

[0024] El dispositivo informático 124 se puede usar para generar datos que se basan en los datos recibidos desde el detector de gas 122. Por ejemplo, el dispositivo informático 124 puede generar uno o más puntos de datos de acuerdo con los datos isotópicos sobre una mezcla de fluido y gas recibida del detector de gas 122. Los puntos de datos pueden indicar una composición de un hidrocarburo en la mezcla de fluido y gas, junto con una profundidad asociada con la mezcla (por ejemplo, una profundidad o ubicación de la broca de perforación 112 dentro del pozo 102 cuando el fluido de perforación se bombea a través de la broca de perforación 112 y se lo hace circular hacia la superficie 116). El dispositivo informático 124 puede determinar también la información geológica sobre el pozo 102 de acuerdo, al menos en parte, con uno o más puntos de datos o datos isotópicos recibidos del detector de gas 122. Como ejemplo, el dispositivo informático 124 puede determinar un límite del pozo (por ejemplo, una forma o límite físico del pozo) de acuerdo, al menos en parte, con uno o más puntos de datos o datos isotópicos recibidos del detector de gas 122. El dispositivo informático

124 puede generar y emitir también un indicador visual asociado con la información geológica sobre el pozo 102 determinada por el dispositivo informático 124. Por ejemplo, el dispositivo informático 124 puede determinar un límite del pozo 102 de acuerdo con los datos isotópicos recibidos desde el detector de gas 122 y generar y emitir un indicador visual asociado con el límite (por ejemplo, un indicador codificado en colores que corresponde al límite del pozo 102).

[0025] El dispositivo informático puede determinar también tendencias o patrones de datos isotópicos dentro del pozo (por ejemplo, una tendencia o patrón de una presencia o cantidad de gas en el pozo) de acuerdo, al menos en parte, con uno o más puntos de datos o datos isotópicos recibidos del detector de gas 122.

[0026] En algunos ejemplos, el dispositivo informático 124 puede emitir datos para determinar la información geológica sobre el pozo 102. Por ejemplo, el dispositivo informático 124 puede emitir datos isotópicos recibidos desde el detector de gas 122 (por ejemplo, datos sobre una cantidad de un isótopo de carbono en una mezcla del pozo 102) para determinar la información geológica sobre el pozo 102. El dispositivo informático 124 puede emitir también uno o más puntos de datos generados por el dispositivo informático 124 de acuerdo con los datos recibidos desde el detector de gas 122 para determinar la información geológica sobre el pozo 102. Por ejemplo, el dispositivo informático 124 puede emitir uno o más de un gráfico, diagrama, tabla, etc. que incluyen uno o más puntos de datos generados por el dispositivo informático 124 o datos isotópicos recibidos del detector de gas 122 y los datos generados por el dispositivo informático 124 se pueden usar para determinar la información geológica sobre el pozo 102. Como ejemplo, los datos se pueden usar para determinar un límite del pozo 102, una ubicación de un sello o barrera en el pozo 102 (por ejemplo, una ubicación de roca relativamente impermeable que forma una barrera o estopín por encima y alrededor del pozo 102 para atrapar fluidos tal como, por ejemplo, fluidos de hidrocarburo, de manera que los fluidos no pueden migrar), una ubicación de una zona de comunicación en el pozo 102 (por ejemplo, una ubicación dentro del pozo 102 donde un fluido puede fluir desde una parte del pozo a otra parte del pozo 102 o a otro pozo) o una difusión de gas a una profundidad dentro del pozo 102 (por ejemplo, el movimiento de moléculas del gas desde una alta concentración a una baja concentración en la profundidad dentro del pozo 102).

[0027] El dispositivo informático 124 puede generar y emitir también datos de acuerdo con los datos isotópicos recibidos del detector de gas 122 y generar y emitir un indicador visual asociado con los datos. Como ejemplo, el dispositivo informático 124 puede generar y emitir un gráfico, diagrama, tabla codificada por colores, etc., que incluye uno o más puntos de datos generados por el dispositivo informático 124 de acuerdo con los datos isotópicos recibidos del detector de gas 122. El indicador

visual generado por el dispositivo informático 124 se puede usar para determinar la información geológica sobre el pozo 102.

[0028] En algunos ejemplos, determinar la información geológica sobre el pozo 102 o generar y emitir datos para determinar la información geológica sobre el pozo 102 puede mejorar las operaciones de perforación en el pozo 102 y puede llevar a la planificación eficaz de operaciones de perforación posteriores.

[0029] En algunos ejemplos, es posible usar el detector de gas 122, junto con el dispositivo informático 124 para analizar los isótopos de un gas en una mezcla de fluido y gas que ingresa o sale del pozo 102 para determinar la información geológica sobre el pozo 102. La figura 2 es un diagrama esquemático del equipo de perforación 100 de la figura 1, junto con una mezcla de fluido y gas 202 que se traslada desde dentro del pozo 102 a la superficie 116 del pozo 102.

[0030] En el ejemplo que se ilustra en la figura 2, un curso de flujo de fluidos 204 es bombeado hacia el pozo 102 por medio de la bomba 108 a través de la sarta de perforación 110. El curso de flujo de fluidos 204 puede incluir un fluido de perforación o lodo de perforación y gas de fluido de perforación (por ejemplo, un gas incluido en el fluido de perforación o el lodo de perforación que se está bombeando a través de la sarta de perforación 110 por medio de la bomba 108). Una broca de perforación 112 puede penetrar las rocas dentro del pozo 102 y se puede liberar gas desde dentro del pozo 102 (por ejemplo, el gas desde dentro la formación 106) a medida que la broca de perforación 112 penetra las rocas. El gas puede fluir en el fluido de perforación bombeado hacia el pozo 102 a través de la broca de perforación 112 y una mezcla de fluido y gas 202 puede fluir a la superficie 116 del pozo 102 a través del espacio anular del pozo 120.

[0031] En algunos ejemplos, es posible utilizar más de un detector de gas para analizar una mezcla de fluido y gas que ingresa o sale del pozo 102 para obtener datos isotópicos sobre las mezclas de fluido y gas en el sistema de pozos que se ilustra en la figura 2. Por ejemplo, es posible usar los detectores de gas 122a-b para analizar el curso de flujo de fluidos 204 y la mezcla de fluido y gas 202. Los detectores de gas 122a-b pueden ser del mismo tipo o pueden ser diferentes y pueden colocarse cada uno en la superficie 116 del pozo 102 o en otra parte en el sistema de pozos para analizar el curso de flujo de fluidos 204 y la mezcla de fluido y gas 202.

[0032] Por ejemplo, el detector de gas 122a puede colocarse cerca de la superficie 116 y el curso de flujo de fluidos 204. El detector de gas 122a puede colocarse entre el pozo 102 y el curso de flujo de fluidos 204 para analizar el curso de flujo de fluidos 204 antes de que el curso de flujo de fluidos 204 ingrese en el pozo 102. De esta forma, el detector de gas 122a se puede usar para determinar los datos isotópicos sobre un gas en el curso de flujo de fluidos 204 (por ejemplo, gas de fluido de perforación en el curso de flujo de fluidos 204) a medida que se bombea el curso de flujo de

fluidos 204 hacia el pozo 102. Como ejemplo, el detector de gas 122a se puede usar para detectar una cantidad de isótopo de carbono o una cantidad de isótopo de hidrógeno en el curso de flujo de fluidos 204 a medida que se bombea el curso de flujo de fluidos 204 hacia el pozo 102. Como ejemplo adicional, el detector de gas 122a puede detectar una concentración de isótopo de carbono o isótopo de hidrógeno en el curso de flujo de fluidos 204 a medida que se bombea el curso de flujo de fluidos 204 hacia el pozo 102.

[0033] El detector de gas 122b se puede colocar cerca de la superficie 116 y la mezcla de fluido y gas 202. El detector de gas 122b se puede usar para analizar la mezcla de fluido y gas 202 que sale del pozo 102 para determinar los datos isotópicos sobre un gas en la mezcla de fluido y gas 202 a medida que la mezcla de fluido y gas 202 sale del pozo 102. Por ejemplo, el detector de gas 122b se puede usar para determinar una cantidad o concentración de isótopo de carbono o una cantidad de isótopo de hidrógeno en la mezcla de fluido y gas 202 a medida la mezcla de fluido y gas 202 llega a la superficie 116 y sale del pozo 102.

[0034] En algunos ejemplos, puede incluirse un tipo o cantidad conocida de un gas en el curso de flujo de fluidos 204 que ingresa en el pozo 102. En otros ejemplos, se incluye un tipo o cantidad conocida del gas en el curso de flujo de fluidos 204. El detector de gas 122a puede determinar los datos isotópicos sobre el gas en el curso de flujo de fluidos 204 que ingresa en el pozo y transmitir los datos isotópicos a un dispositivo informático 124 a través del dispositivo de comunicación 126. El detector de gas 122b puede determinar los datos isotópicos sobre el gas en la mezcla de fluido y gas 202 a medida que la mezcla de fluido y gas 202 sale del pozo 102 y transmitir los datos isotópicos a un dispositivo informático 124 a través del dispositivo de comunicación 126. El dispositivo informático 124 puede generar uno o más puntos de datos de acuerdo con los datos recibidos de los detectores de gas 122a-b como se describió anteriormente con respecto a la figura 1. El dispositivo informático 124 puede determinar también la información geológica sobre el pozo 102 o emitir datos para determinar la información geológica sobre el pozo 102 de acuerdo, al menos en parte, con los datos recibidos de los detectores de gas 122a-b de la misma manera sustancialmente que se describió anteriormente con respecto a la figura 1. En algunos ejemplos, el dispositivo informático 124 puede recibir datos isotópicos sobre un gas en el curso de flujo de fluidos 204 desde el detector de gas 122a y recibir datos isotópicos sobre un gas en la mezcla de fluido y gas 202 desde el detector de gas 122b. El dispositivo informático 124 puede comparar los datos isotópicos recibidos desde los detectores de gas 122a-b para determinar una relación entre una cantidad de un gas o isótopo de un gas que ingresa en el pozo 102 y una cantidad de un gas o isótopo de un gas que sale del pozo 102.

[0035] En algunos ejemplos, uno o más de los detectores de gas 122a-b que se muestran en la figura 2 puede colocarse de forma tal que el detector de gas 122a-b se encuentre parcialmente dentro

o completamente dentro del pozo 102. Por ejemplo, el detector de gas 122a puede colocarse en un alojamiento exterior de la broca de perforación 112. En otros ejemplos, el detector de gas 122a puede colocarse dentro del alojamiento exterior de la broca de perforación 112. En dichos ejemplos, el detector de gas 122a puede transmitir datos (por ejemplo, al dispositivo informático 124) mediante una tubería de perforación, tubería flexible con cable o mediante el uso de otros esquemas de telemetría (por ejemplo, telemetría acústica, telemetría electromagnética, transmisión de pulsos a través del lodo o cualquier combinación de estos) si el detector de gas 122a se encuentra parcialmente colocado dentro o completamente dentro del pozo 102. Colocar el detector de gas 122a parcial o completamente dentro del pozo 102 puede permitir que el detector de gas 122a analice de forma más precisa y eficiente el curso de flujo de fluidos 204 mientras que el curso de flujo de fluidos 204 ingresa en el pozo 102, lo cual puede permitir un análisis más preciso de gas liberado en el pozo 102 para determinar la información geológica del pozo 102.

[0036] En incluso otro ejemplo, cualquiera de los detectores de gas 122a-b y un dispositivo informático 124 puede estar integrado en una única estructura. Por ejemplo, un detector de gas 122b y el dispositivo informático 124 pueden estar dentro de un único alojamiento. El dispositivo informático 124 puede acoplarse de forma comunicativa a un dispositivo de pantalla para emitir datos. El dispositivo informático 124 puede incluir también un dispositivo de comunicación 126 para transmitir y recibir datos. El dispositivo informático 124 puede transmitir datos a una ubicación remota (por ejemplo, a un operador de pozos o perforación u otro dispositivo informático).

[0037] Pese a que a solo se muestra un pozo 102 en las figuras 1-2, en algunos ejemplos, se puede usar un detector de gas y un dispositivo informático para analizar los isótopos de un gas de múltiples pozos para determinar la información geológica de los diversos pozos.

[0038] Por ejemplo, la figura 3 es un diagrama esquemático de múltiples pozos 302, 304, junto con un sistema para analizar los isótopos de un gas de cada pozo para determinar la información geológica del pozo de acuerdo con un ejemplo de la presente descripción.

[0039] En el ejemplo que se ilustra en la figura 3, los detectores de gas 306a-b y 314a-b se pueden colocar cerca de los pozos 302, 304. Cada uno de los detectores de gas 306a-b y 314a-b puede configurarse sustancialmente de la misma manera que el detector de gas 122 de la figura 1 y puede usarse para analizar diversas mezclas de fluido y gas que ingresan o salen de los pozos 302, 304.

[0040] Por ejemplo, el detector de gas 306a puede analizar un curso de flujo de fluidos 308 antes de que el curso de flujo de fluidos 308 ingrese en el pozo 302 para determinar los datos isotópicos sobre un gas en el curso de flujo de fluidos 308. El detector de gas 306b puede colocarse cerca de una superficie 310 del pozo 302 y se puede usar para analizar la mezcla de fluido y gas 312

que sale del pozo 302 para determinar los datos isotópicos sobre un gas en la mezcla de fluido y gas 312 a medida que la mezcla de fluido y gas 312 sale del pozo 302. El detector de gas 314a puede analizar un curso de flujo de fluidos 316 antes de que el curso de flujo de fluidos 316 ingrese en el pozo 304 para determinar los datos isotópicos sobre un gas en el curso de flujo de fluidos 316. El detector de gas 314b puede colocarse cerca de una superficie 318 del pozo 304 y puede analizar una mezcla de fluido y gas 320 que sale del pozo 304 para determinar los datos isotópicos sobre un gas en la mezcla de fluido y gas 320 a medida que la mezcla de fluido y gas 320 sale del pozo 304.

[0041] El detector de gas 306a-b, 314a-b puede transmitir datos sobre un gas detectado en los cursos de flujo de fluidos 308, 316 o un gas detectado en las mezclas de fluido y gas 312, 320 a uno o más dispositivos informáticos 322 mediante el dispositivo informático 324. El dispositivo informático 322 y el dispositivo de comunicación 324 se pueden configurar respectivamente sustancialmente de la misma manera que el dispositivo informático 124 y el dispositivo de comunicación 126 de la figura 1. El dispositivo informático 322 puede generar uno o más puntos de datos isotópicos, puede determinar la información geológica sobre uno o más de los pozos 302, 304 o emitir datos para determinar la información geológica sobre el uno o más pozos 302, 304 de acuerdo, al menos en parte, con los datos recibidos de los detectores de gas 306a-b, 314a-b de la misma manera sustancialmente que se describió anteriormente con respecto a la figura 1-2.

[0042] La figura 4 es un diagrama de bloques de un ejemplo de un detector de gas 122, junto con un dispositivo informático 124 para analizar los isótopos de un gas desde un pozo para determinar la información geológica del pozo.

[0043] El detector de gas 122 puede ser cualquier tipo de dispositivo que se puede operar en un sistema de pozos para medir una cantidad de gas o detectar un tipo de gas. Por ejemplo, el detector de gas 122 puede incluir un espectrómetro de masas, un espectrómetro de cavidad en anillo, un detector de gas electromecánico, un detector de gas catalizador o un detector de gas infrarrojo para detectar un gas o un isótopo de un gas o un tipo de gas o un isótopo de un gas en una mezcla de fluido y gas. En algunos ejemplos, el detector de gas 122 puede medir una cantidad de gas o detectar un tipo de gas en una mezcla de fluido y gas usando diversas técnicas, lo que incluye, por ejemplo, espectrometría de masa por relación de isótopo de cromatografía gaseosa.

[0044] El detector de gas 122 puede incluir una entrada de gas 402, un sensor de gas 404 y salida de gas 406. La entrada de gas 402 puede permitir que una mezcla de fluido y gas (por ejemplo, la mezcla de fluido y gas 202 o el curso de flujo de fluidos 204 de la figura 2) fluya hacia el detector de gas 122 y la mezcla puede salir del detector de gas 122 mediante la salida de gas 406. Por ejemplo, una mezcla de fluido y gas puede fluir desde dentro de un pozo (por ejemplo, el pozo 102) a una superficie del pozo (por ejemplo, la superficie 116) hacia la salida de gas 402 y a través de la salida de

gas 406. En otro ejemplo, una bomba (por ejemplo, la bomba 108 de la figura 1) puede bombear una mezcla de fluido y gas y la mezcla puede fluir hacia la salida de gas 402 a través del detector de gas 122, a través de la salida de gas 406 y hacia el pozo (por ejemplo, mediante la broca de perforación 112 de la figura 1). El sensor de gas 404 puede detectar la presencia de una cantidad de un gas y un tipo de gas en una mezcla de fluido y gas antes de que la mezcla ingrese en el detector de gas 122 y la mezcla puede fluir fuera del detector de gas 122 después de que la cantidad de gas en la mezcla es medida por el detector de gas 122 o después de que el tipo de gas en la mezcla es detectado por el detector de gas 122.

[0045] El detector de gas 122 puede detectar una cantidad de gas y un tipo de gas en una mezcla de fluido y gas usando diversos métodos y técnicas. Por ejemplo, el detector de gas 122 puede detectar una cantidad y un tipo de isótopo de gas en una mezcla de fluido y gas al medir una relación de masa con respecto a la carga de moléculas en la mezcla de fluido y gas. Como ejemplo, el detector de gas 122 puede detectar una cantidad de un isótopo de carbono (por ejemplo, carbono-12, carbono-13 o cualquier otro isótopo de carbono) o una cantidad de un isótopo de hidrógeno en la mezcla de fluido y gas.

[0046] El detector de gas 122 puede detectar también una cantidad de gas y un tipo de gas que ingresa en un pozo y una cantidad de gas y un tipo de gas que sale del pozo. El detector de gas 122 puede acoplarse también de forma comunicativa a un dispositivo informático (por ejemplo, el dispositivo informático 124) mediante un enlace inalámbrico o por cable. El detector de gas 122 puede transmitir datos sobre una cantidad y tipo de gas en una mezcla de fluido y gas al dispositivo informático.

[0047] En algunos ejemplos, el detector de gas 122 puede incluir uno o más componentes adicionales para detectar una cantidad de gas y un tipo de gas en una mezcla de fluido y gas. En el ejemplo que se ilustra en la figura 4, el detector de gas 122 puede incluir también un dispositivo de ionización 408, un acelerador 410, un detector de masa 412 y un detector de iones 414. En dichos ejemplos, el detector de gas 122 puede ser un espectrómetro de masa.

[0048] El dispositivo de ionización 408 puede ser cualquier dispositivo para convertir un compuesto químico en iones. El dispositivo de ionización 408 puede convertir un compuesto químico en iones mediante cualquier método de ionización, lo que incluye, por ejemplo, protonación, cationización, desprotonación, etc. En algunos ejemplos, una mezcla de fluido y gas que ingresa o sale de un pozo (por ejemplo, la mezcla de fluido y gas 202 o el curso de flujo de fluidos 204 de la figura 2) puede fluir hacia el detector de gas 122 mediante la salida de gas 402 y el dispositivo de ionización 408 puede convertir gas en la mezcla en iones a medida que la mezcla ingresa en el detector de gas 122.

[0049] El acelerador 410 puede ser cualquier dispositivo para impulsar o acelerar iones. En algunos ejemplos, el acelerador 410 puede acoplarse al dispositivo de ionización 408 y el acelerador 410 puede impulsar iones desde el dispositivo de ionización 408 al detector de masa 412 usando cargas o campos eléctricos.

5 [0050] El detector de masa 412 puede analizar los iones producidos por el dispositivo de ionización 408. En algunos ejemplos, el detector de masa 412 puede analizar iones mediante separación de iones. El detector de masa 412 puede separar iones de acuerdo con una relación de masa con respecto a la carga de cada ion. Por ejemplo, el detector de masa 412 puede generar un campo magnético o eléctrico dentro del detector de gas 122. El detector de masa 412 puede variar
10 también una resistencia del campo magnético o eléctrico. El campo magnético o eléctrico puede desviar los iones impulsados hacia el detector de masa 412 por medio del acelerador 410. La cantidad de desviación de cada ion puede variar de acuerdo con la masa del ion y la carga del ion. Por ejemplo, un ion con una masa inferior puede desviarse más de un ion con una masa superior. Como ejemplo adicional, un ion con una carga más positiva puede desviarse más de un ion con una carga menos
15 positiva. De esta manera, el detector de masa 412 puede separar los iones de acuerdo con una relación de masa con respecto a la carga de cada ion.

[0051] El detector de iones 414 puede ser cualquier dispositivo para detectar las partículas cargadas (por ejemplo, un multiplicador de electrones). En algunos ejemplos, el detector de masa 412 se puede acoplar al detector de iones 414 y el detector de masa 412 puede descargar iones en el
20 detector de iones 414 de acuerdo con la relación de masa con respecto a la carga de cada ion. El detector de iones 414 puede detectar cada ion a medida que los iones fluyen a través del detector de iones 414. Por ejemplo, el detector de iones 414 puede detectar cada ion de acuerdo con una corriente generada a medida que el ion fluye a través del detector de iones 414. El detector de gas 122 puede transmitir datos sobre cada ion a un dispositivo informático (por ejemplo, el dispositivo informático 124)
25 a medida que el detector de iones 414 detecta cada ion. En algunos ejemplos, el detector de gas 122 puede transmitir datos sobre una cantidad de un ion detectado por el detector de iones 414 o un tipo de ion detectado por el detector de gas 414 al dispositivo informático para determinar una cantidad de gas o un tipo de gas detectado por el detector de gas 122.

[0052] El detector de gas 122 puede transmitir y recibir datos desde el dispositivo informático
30 124 mediante un dispositivo de comunicación 415. En algunos ejemplos, el dispositivo de comunicación 415 puede representar uno o más componentes que facilitan una conexión en red. En algunos ejemplos, el dispositivo de comunicación 415 puede ser inalámbrico y puede incluir interfaces inalámbricas tal como IEEE 802.11, Bluetooth o interfaces de radio para acceder a redes de telefonía celular (por ejemplo, transceptor/antena para acceder a CDMA, GSM, UMTS u otra red de

comunicación móvil). En otro ejemplo, el dispositivo de comunicación 415 puede ser cableado y puede incluir interfaces tales como Ethernet, USB, IEEE 1394, o una interfaz de fibra óptica.

[0053] El dispositivo informático 124 se puede usar para determinar la información geológica de un pozo (por ejemplo, el pozo 102 de la figura 1) o generar y emitir datos para determinar la información geológica del pozo de acuerdo, al menos en parte, con los datos recibidos desde el detector de gas 122.

[0054] El dispositivo informático 124 puede incluir un procesador 416, una memoria 418 y un bus 420. El procesador 416 puede ejecutar una o más operaciones para operar el dispositivo informático 124. El procesador 416 puede ejecutar instrucciones 422 almacenadas en la memoria 418 para realizar las operaciones. Los ejemplos no taxativos del procesador 416 incluyen una matriz de puertas programable en campo («FPGA», por sus siglas en inglés), un circuito integrado de aplicación específica («ASIC», por sus siglas en inglés), un microprocesador, etc.

[0055] El procesador 416 puede estar acoplado de forma comunicativa a la memoria 418 mediante el bus 420. La memoria 418 puede incluir cualquier tipo de dispositivo de memoria que retenga información almacenada cuando se apaga. Los ejemplos no taxativos de la memoria 418 incluyen memoria de sólo lectura programable y borrable electrónicamente («EEPROM», por sus siglas en inglés), memoria flash o cualquier otro tipo de memoria no volátil. En algunos ejemplos, al menos algo de la memoria 418 puede incluir un medio legible por computadora desde el cual el procesador 416 puede leer las instrucciones 422. El medio legible por computadora puede incluir dispositivos electrónicos, ópticos, magnéticos u otros dispositivos de almacenamiento capaces de proporcionar el procesador 416 con instrucciones legibles por computadora u otro código del programa. Los ejemplos no taxativos de un medio legible por computadora incluyen (de modo no taxativo) discos magnéticos, chips de memoria, ROM, memoria de acceso aleatorio («RAM», por sus siglas en inglés), un ASIC, un procesador configurado, almacenamiento óptico o cualquier otro medio desde el cual un procesador informático pueda leer instrucciones. Las instrucciones pueden incluir instrucciones específicas del procesador generadas por un recopilador o un intérprete a partir del código escrito en cualquier lenguaje de programación informática adecuado, que incluye, por ejemplo, C, C++, C#, etc.

[0056] En algunos ejemplos, el dispositivo informático 124 puede incluir componentes de interfaz de entrada/salida (por ejemplo, un dispositivo de pantalla 424 y un dispositivo de comunicación 426). El dispositivo informático 124 también puede incluir otros componentes de interfaz de entrada/salida, por ejemplo, un teclado, superficie sensible al tacto, ratón y almacenamiento adicional.

[0057] El dispositivo informático 124 puede recibir datos desde un detector de gas (por ejemplo, el detector de gas 122) mediante el dispositivo de comunicación 426. El dispositivo

informático 124 puede recibir también datos desde una ubicación remota mediante el dispositivo de comunicación 426. En algunos ejemplos, el dispositivo de comunicación 426 puede representar uno o más de cualquier componente que facilita una conexión en red. En algunos ejemplos, el dispositivo de comunicación 426 puede ser inalámbrico y puede incluir interfaces inalámbricas tal como IEEE 802.11, Bluetooth o interfaces de radio para acceder a redes de telefonía celular (por ejemplo, transceptor/antena para acceder a CDMA, GSM, UMTS u otra red de comunicación móvil). En otro ejemplo, el dispositivo de comunicación 426 puede ser cableado y puede incluir interfaces tales como Ethernet, USB, IEEE 1394, una línea fija o una interfaz de fibra óptica.

[0058] El procesador 416 puede incluir un dispositivo de procesamiento o múltiples dispositivos de procesamiento. El procesador 416 puede ejecutar una o más operaciones para determinar la información geológica de un pozo. Por ejemplo, las instrucciones 422 pueden hacer que el procesador 416 ejecute una o más operaciones para determinar la información geológica de un pozo de acuerdo, al menos en parte, con los datos transmitidos desde un dispositivo detector de gas (por ejemplo, el detector de gas 122) al dispositivo informático 124. En otro ejemplo, el procesador 416 puede ejecutar una o más operaciones para generar y emitir datos para determinar la información geológica sobre el pozo de acuerdo con los datos transmitidos desde el dispositivo detector de gas.

[0059] En algunos ejemplos, el procesador 416 puede ejecutar una o más operaciones para hacer que el dispositivo informático 124 transmita datos a una ubicación remota (por ejemplo, laboratorio fuera del sitio) para determinar la información geológica del pozo. En algunos ejemplos, los datos se pueden analizar en la ubicación remota (por ejemplo, por medio de un operador o por medio de otro dispositivo informático) para determinar la información geológica del pozo. El procesador 416 puede ejecutar una o más operaciones para hacer que el dispositivo informático 124 reciba otros datos desde la ubicación remota. Los otros datos pueden representar la información geológica sobre el pozo u cualquier otro dato sobre el pozo.

[0060] En algunos ejemplos, el dispositivo de procesamiento 124 también puede estar acoplado de forma comunicativa al dispositivo de pantalla 424 mediante el bus 420. El dispositivo de pantalla 424 puede mostrar datos que pueden corresponder a los datos recibidos por el dispositivo informático 124 desde el detector de gas 122 (por ejemplo, los datos isotópicos indican una cantidad y tipo de un isótopo de un gas en una mezcla de fluido y gas que ingresa o sale del pozo 102 de la figura 1-2). El dispositivo de pantalla 424 puede mostrar también datos que pueden corresponder a los datos generados al ejecutar una operación ejecutada por el procesador 416.

[0061] El dispositivo de procesamiento 124 también puede estar acoplado de forma comunicativa a la base de datos 428 mediante el bus 420. La base de datos 428 puede almacenar datos que corresponden a los datos recibidos por el dispositivo informático 124 desde el detector de

gas 122. El base de datos 428 puede mostrar también datos que pueden corresponder a los datos generados por una operación ejecutada por el procesador 416. En incluso otro ejemplo, la base de datos 428 puede almacenar datos que pueden corresponder a los datos recibidos por el dispositivo informático 124 desde una ubicación remota (por ejemplo, desde un dispositivo informático colocado en la ubicación remota) o indicios de entrada de usuario (por ejemplo, si un usuario programa el dispositivo informático 124 para incluir datos).

[0062] La figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de un proceso 500 para analizar los isótopos de un gas de un pozo para determinar la información geológica del pozo.

[0063] En el bloque 502, se reciben los datos isotópicos asociados con un curso de una muestra de gas de lodo de un pozo a medida que la muestra de gas de lodo sale del pozo. En algunos ejemplos, la muestra de gas de lodo incluye una mezcla de un fluido y un gas del pozo y un dispositivo informático (por ejemplo, el dispositivo informático 124) puede recibir los datos isotópicos asociados con el curso de la muestra de gas de lodo desde un detector de gas (por ejemplo, el detector de gas 122).

[0064] Por ejemplo, un sistema de pozos puede incluir una bomba (por ejemplo, la bomba 108 de la figura 1) y una broca de perforación (por ejemplo, la broca de perforación 112). La bomba puede bombear un fluido, tal como, por ejemplo, un fluido de perforación o lodo de perforación, a través de la broca de perforación a medida que la broca de perforación corta las rocas o partículas en el pozo. A medida que la broca de perforación corta las rocas o partículas en el pozo, un gas (por ejemplo, carbono, hidrógeno o un isótopo de carbono o hidrógeno) dentro del pozo puede ser liberado dentro del pozo. Bombear el fluido hacia el pozo a medida que la broca de perforación corta las rocas puede permitir que el gas liberado en el pozo fluya en el fluido que se está bombeando en el pozo y forme una mezcla de fluido y gas y la mezcla puede fluir a lo largo de una vía hacia una superficie del pozo.

[0065] Se puede colocar un detector de gas en la superficie del pozo o cerca de esta para que reciba la muestra de gas de lodo y analice la muestra para determinar los datos isotópicos asociados con la muestra. En otro ejemplo, se puede colocar un detector de gas en la ubicación remota (por ejemplo, un laboratorio fuera del sitio) para que reciba la muestra de gas de lodo y analice la muestra para determinar los datos isotópicos asociados con la muestra. El detector de gas puede incluir un espectrómetro de masas, un espectrómetro de cavidad en anillo, un detector de gas electromecánico, un detector de gas catalizador o un detector de gas infrarrojo para detectar una cantidad o concentración de un gas en la muestra de gas de lodo y un tipo de gas en la muestra. Como ejemplo, el detector de gas puede ser un espectrómetro de masas con sector magnético para detectar una cantidad de carbono, hidrógeno, un isótopo de carbono o un isótopo de hidrógeno en la muestra de gas de lodo. El detector de gas puede medir también una cantidad de gas o detectar un tipo de gas en

una muestra de gas de lodo, usando diversas técnicas, lo que incluye, por ejemplo, espectrometría de masa por relación de isótopo de cromatografía gaseosa. El detector de gas puede detectar además un nivel de concentración de la cantidad de gas y tipo de gas en la muestra de gas de lodo.

[0066] El detector de gas puede transmitir los datos isotópicos al dispositivo informático y los datos isotópicos pueden indicar una cantidad de gas y un tipo de gas detectado en la muestra de gas de lodo. El detector de gas puede transmitir otros datos que representan un nivel de concentración de la cantidad de gas y tipo de gas detectado en la muestra de gas de lodo. Los datos pueden representar también una cantidad de gas y un tipo de gas que ingresa en un pozo y una cantidad de gas y un tipo de gas que sale del pozo.

[0067] En el bloque 504, se generan diversos puntos de datos isotópicos que indican una composición de hidrocarburos de la muestra de gas de lodo. En algunos ejemplos, el dispositivo informático puede generar los diversos puntos de datos isotópicos. Por ejemplo, el dispositivo informático puede generar los diversos puntos de datos isotópicos de acuerdo, al menos en parte, con los datos recibidos desde el detector de gas (por ejemplo, los datos isotópicos transmitidos desde el detector de gas al dispositivo informático en el bloque 502).

[0068] Por ejemplo, el dispositivo informático puede recibir datos que indican una cantidad o un nivel de concentración de un gas y un tipo de gas detectado por el detector de gas en una muestra de gas de lodo en una superficie del pozo a medida que la muestra sale del pozo. El dispositivo informático puede ejecutar las operaciones para generar un punto de datos isotópicos de acuerdo, al menos en parte, con la cantidad o nivel de concentración del gas y el tipo de gas detectado por el detector de gas. Como ejemplo, el dispositivo informático puede recibir datos desde el detector de gas que indican una cantidad o nivel de concentración de un isótopo de carbono o un isótopo de hidrógeno en una muestra de gas de lodo desde dentro de un pozo. El dispositivo informático puede generar un punto de datos que se asocia con la cantidad o nivel de concentración del isótopo de hidrógeno o isótopo de carbono en la muestra de gas de lodo desde dentro del pozo. El dispositivo informático puede ejecutar también operaciones para generar diversos puntos de datos isotópicos y cada punto de dato isotópico se puede asociar con una cantidad y tipo de gas en una muestra de gas de lodo desde dentro del pozo.

[0069] En algunos ejemplos, en el bloque 504, el dispositivo informático puede ejecutar las operaciones para comparar una cantidad y tipo de un primer gas en una muestra de gas de lodo desde dentro del pozo y una cantidad y tipo de un segundo gas en la muestra de gas de lodo. El dispositivo informático también puede ejecutar las operaciones para comparar una cantidad y tipo de un primer isótopo en una muestra de gas de lodo desde dentro del pozo y una cantidad y tipo de un segundo isótopo en la muestra de gas de lodo. En algunos ejemplos, el dispositivo informático puede generar

un punto de datos isotópicos que indica una comparación entre una cantidad y tipo de un primer gas o primer isótopo en una muestra de gas de lodo y una cantidad y tipo de un segundo gas o segundo isótopo en la muestra de gas de lodo.

[0070] Por ejemplo, el detector de gas puede transmitir datos que indican una cantidad de carbono-12 en una muestra de gas de lodo y datos que indican una cantidad de carbono-13 en la muestra de gas de lodo. El dispositivo informático puede comparar la cantidad de carbono-12 y la cantidad de carbono-13 para determinar una relación entre la cantidad de carbono-12 y la cantidad de carbono-13 en la muestra de gas de lodo y generar un punto de datos isotópicos que indica la relación. Como ejemplo adicional, el dispositivo informático puede comparar una cantidad de C2 con una cantidad de C1 para determinar una relación entre la cantidad de C2 y la cantidad de C1 y generar un punto de datos isotópicos que indica la relación. Como ejemplo adicional, el dispositivo informático puede comparar una cantidad de C3 con una cantidad de C1 para determinar una relación entre la cantidad de C3 y la cantidad de C1 y generar un punto de datos isotópicos que indica la relación. Incluso como ejemplo adicional, el dispositivo informático puede comparar una cantidad de C4 con una cantidad de C1 para determinar una relación entre la cantidad de C4 y la cantidad de C1 y generar un punto de datos isotópicos que indica la relación.

[0071] En el bloque 506, se determinan las profundidades dentro del pozo asociadas con los diversos puntos de datos isotópicos. En algunos ejemplos, el dispositivo informático puede determinar las profundidades dentro del pozo que se asocian con los distintos puntos de datos isotópicos.

[0072] Por ejemplo, el dispositivo informático puede determinar una profundidad asociada con un punto de datos isotópicos de acuerdo con los datos recibidos por el dispositivo informático. Como ejemplo, puede rastrearse una profundidad o ubicación de la broca de perforación dentro de un pozo el dispositivo informático puede recibir datos que indican una profundidad o ubicación de la broca de perforación dentro del pozo (por ejemplo, desde otro dispositivo informático) o indicios de una entrada de usuario (por ejemplo, si el usuario programa el dispositivo informático para que incluya los datos). La profundidad de la broca de perforación dentro del pozo puede corresponder a una profundidad o ubicación dentro del pozo donde el fluido de perforación o lodo de perforación se bombea a través de la broca de perforación y se hace circular a la superficie del pozo.

[0073] En otros ejemplos, el dispositivo informático puede determinar la profundidad o ubicación de la broca de perforación dentro del pozo en el cual se bombea el fluido para determinar una profundidad que se asocia con un punto de datos isotópicos de acuerdo con los demás datos. Por ejemplo, el dispositivo informático puede recibir otros datos que incluyen un volumen de un espacio anular del pozo, una velocidad o rapidez de un fluido que se bombea hacia el pozo, un tiempo que el fluido se bombea hacia el pozo y un tiempo que el fluido regresa a una superficie del pozo. El

dispositivo informático puede comparar el volumen del espacio anular del pozo, la velocidad del fluido bombeado hacia el pozo, el tiempo que el fluido se bombea hacia el pozo, y el tiempo que el fluido regresa a la superficie del pozo para determinar la ubicación o profundidad de la broca de perforación dentro del pozo.

5 [0074] El dispositivo informático puede correlacionar una profundidad o ubicación dentro de un pozo en el que el fluido se bombea hacia el pozo y los datos isotópicos desde una muestra de gas de lodo de la profundidad dentro del pozo para determinar las profundidades que se asocian con uno o más puntos de datos isotópicos generados por el dispositivo informático (por ejemplo, en el bloque 504).

10 [0075] En el bloque 508, se determina una relación entre los distintos puntos de datos isotópicos y profundidades dentro del pozo que se asocian con los diversos puntos de datos isotópicos. En algunos ejemplos, el dispositivo informático puede determinar la relación entre los puntos de datos isotópicos y las profundidades dentro del pozo que se asocian con los distintos puntos de datos isotópicos.

15 [0076] Por ejemplo, el dispositivo informático puede ejecutar operaciones para usar los diversos métodos o técnicas para determinar la relación entre los diversos puntos de datos isotópicos y las profundidades dentro del pozo que se asocian con los puntos de datos isotópicos. Como ejemplo, el dispositivo informático puede determinar la relación entre los diversos puntos de datos isotópicos y profundidades dentro del pozo que se asocian con los puntos de datos isotópicos al aplicar un análisis
20 de regresión a los diversos puntos de datos isotópicos y las profundidades dentro del pozo que se asocian con los puntos de datos isotópicos. El análisis de regresión puede incluir determinar un cambio en uno o más de los puntos de datos isotópicos de acuerdo con un cambio en la profundidad dentro del pozo.

[0077] En el bloque 510, los datos se emiten para determinar la información geológica del
25 pozo. En algunos ejemplos, el dispositivo informático puede emitir datos para determinar la información geológica del pozo. La información geológica del pozo puede incluir un límite del pozo, una ubicación de un sello o barrera en el pozo, una ubicación de una zona de comunicación en el pozo, o difusión de gas en una profundidad dentro del pozo.

[0078] Por ejemplo, el dispositivo informático puede emitir datos que corresponden a un punto
30 de datos isotópicos generado por el dispositivo informático (por ejemplo, en el bloque 504), una profundidad asociada con el punto de datos isotópicos (por ejemplo, una profundidad determinada por el dispositivo informático en el bloque 506), una relación entre los puntos de datos isotópicos y una profundidad asociada con los puntos de datos isotópicos (por ejemplo, la relación determinada por el dispositivo informático en el bloque 508) o cualquier otro dato recibido por el dispositivo informático o

generado por el dispositivo informático. El dispositivo informático puede generar datos en diversas formas, lo que incluye, por ejemplo, como una tabla, diagrama, gráfica, etc., para determinar la información geológica del pozo. Por ejemplo, la figura 6 es un ejemplo de una gráfica 600 que incluye puntos de datos isotópicos que se pueden generar por medio de un dispositivo informático.

- 5 [0079] En el ejemplo que se ilustra en la figura 6, la gráfica 600 incluye puntos de datos isotópicos asociados con diversas profundidades dentro de un pozo y una cantidad o concentración de un isótopo de carbono en una muestra de gas de lodo desde una profundidad dentro del pozo. Por ejemplo, la línea 602 incluye diversos puntos de datos que muestran una cantidad (por ejemplo, nivel de concentración) de C1 en muestras de gas de lodo de diversas profundidades dentro del pozo. La
- 10 línea 604 incluye diversos puntos de datos que muestran un nivel de concentración de C2 en muestras de gas de lodo de diversas profundidades dentro del pozo. La línea 606 incluye diversos puntos de datos que muestran un nivel de concentración de C3 en muestras de gas de lodo de diversas profundidades dentro del pozo. La línea 608 incluye diversos puntos de datos que muestran un nivel de concentración de C4 en muestras de gas de lodo de diversas profundidades dentro del pozo. La
- 15 línea 610 incluye diversos puntos de datos que muestran un nivel de concentración de C5 en muestras de gas de lodo de diversas profundidades dentro del pozo. La línea 612 incluye diversos puntos que muestran un nivel de concentración de C6 en muestras de gas de lodo de diversas profundidades dentro del pozo. La línea 614 incluye diversos puntos de datos que muestran un nivel de concentración de C7 en muestras de gas de lodo de diversas profundidades dentro del pozo. La línea 616 incluye
- 20 diversos puntos de datos que muestran un nivel de concentración de C8 en muestras de gas de lodo de diversas profundidades dentro del pozo. La línea 618 incluye diversos puntos de datos que muestran un nivel de concentración de C9 en muestras de gas de lodo de diversas profundidades dentro del pozo. La línea 620 incluye diversos puntos de datos que muestran un nivel de concentración de C10 en muestras de gas de lodo de diversas profundidades dentro del pozo.
- 25 [0080] En algunos ejemplos, un punto de datos isotópicos generado por el dispositivo informático puede indicar una composición de hidrocarburos de la muestra de gas de lodo que se asocia con el punto de datos isotópicos. Por ejemplo, la línea 602 puede incluir uno o más puntos de datos que indican una cantidad de metano en las muestras de gas de lodo de diversas profundidades dentro del pozo. Como ejemplo adicional, la línea 604 puede incluir uno o más puntos de datos que
- 30 indican una cantidad de etano en las muestras de gas de lodo de diversas profundidades dentro del pozo.
- [0081] En el ejemplo que se ilustra en la figura 6, el dispositivo informático puede emitir la gráfica 600, la cual se puede usar para determinar la información geológica del pozo.

[0082] Nuevamente con respecto a la figura 5, en algunos ejemplos, en el bloque 510, el dispositivo informático puede generar y emitir datos de acuerdo, al menos en parte, con los datos isotópicos recibidos del dispositivo detector de gas como se describió anteriormente y generar y emitir un indicador visual que se asocia con los datos (por ejemplo, generar y emitir una tabla, gráfica, diagrama codificado en colores, etc.). El indicador visual se puede usar para determinar la información geológica del pozo.

[0083] En otro ejemplo, en el bloque 510, el dispositivo informático puede determinar la información geológica del pozo. Por ejemplo, el dispositivo informático puede determinar la información geológica del pozo de acuerdo, al menos en parte, con los datos recibidos desde un detector de gas (por ejemplo, datos recibidos en el bloque 502). Como ejemplo, el dispositivo informático puede determinar un límite del pozo de acuerdo con los puntos de datos isotópicos generados por el dispositivo informático (por ejemplo, en el bloque 504).

[0084] Por ejemplo, el dispositivo informático puede determinar una relación entre los diversos puntos de datos isotópicos y las profundidades dentro del pozo que se asocian con los puntos de datos isotópicos al aplicar un análisis de regresión a los diversos puntos de datos isotópicos y las profundidades dentro del pozo que se asocian con los puntos de datos isotópicos (por ejemplo, en el bloque 508). En algunos ejemplos, la relación entre los diversos puntos de datos isotópicos y las profundidades dentro del pozo que se asocian con los diversos puntos de datos isotópicos pueden corresponder a una línea perfectamente adaptada u otro indicador de la relación. El dispositivo informático puede ejecutar también una o más operaciones para determinar un punto de inflexión o pendiente de la relación. Por ejemplo, el dispositivo informático puede determinar el punto de inflexión o pendiente al determinar un primer derivado o un segundo derivado de la línea perfectamente adaptada o el indicador de la relación. En algunos ejemplos, el dispositivo informático puede determinar entonces un límite del pozo de acuerdo, al menos en parte, con: i) los diversos puntos de datos isotópicos; ii) la relación entre los diversos puntos de datos isotópicos y las profundidades dentro del pozo que se asocian con los diversos puntos de datos isotópicos; o ii) el punto de inflexión o pendiente de la relación.

[0085] El dispositivo informático puede determinar el límite del pozo como se describió anteriormente y generar y emitir también un indicador visual asociado con el límite (por ejemplo, un indicador codificado en colores que corresponde al límite del pozo).

[0086] De esta manera, es posible usar un detector de gas y un dispositivo informático para determinar la información geológica sobre un pozo de acuerdo con una cantidad de gas y un tipo de gas en una muestra de gas de lodo del pozo. En algunos ejemplos, se pueden usar diversas muestras de gas de lodo de múltiples pozos para determinar la información geológica de los múltiples pozos. Por

ejemplo, se pueden usar detectores de gas para analizar diversas muestras de gas de lodo desde dentro de múltiples pozos para determinar una cantidad y un tipo de gas en las diversas muestras de gas de lodo. Cada detector de gas puede transmitir datos isotópicos que indican una cantidad y un tipo de gas en cada muestra de gas de lodo a uno o más dispositivos informáticos. Cada dispositivo informático puede generar uno o más puntos de datos isotópicos, puede determinar la información geológica sobre uno o más de los pozos o emitir datos para determinar la información geológica sobre los uno o más pozos de acuerdo, al menos en parte, con los datos recibidos de los detectores de gas de la misma manera sustancialmente que se describió anteriormente.

[0087] En algunos aspectos, se proporcionan sistemas y métodos para analizar los isótopos de un gas de un pozo para determinar la información geológica asociada con el pozo de acuerdo con uno o más de los siguientes ejemplos:

[0088] Ejemplo # 1: Un método puede incluir recibir, por medio de un dispositivo de procesamiento desde un primer dispositivo de detección de gas, los datos isotópicos que se asocian con un curso de una muestra de gas de lodo de un pozo a medida que la muestra de gas de lodo sale del pozo. Los datos isotópicos pueden indicar un tipo y una cantidad de un gas en la muestra de gas de lodo. El método también puede incluir generar, por medio del dispositivo de procesamiento, múltiples puntos de datos isotópicos que indican una composición de hidrocarburo de la muestra de gas de lodo de acuerdo con los datos isotópicos. El método también puede incluir determinar, por medio del dispositivo de procesamiento, las profundidades asociadas con los múltiples puntos de datos isotópicos. El método también puede incluir determinar, por medio del dispositivo de procesamiento, una relación entre los múltiples puntos de datos isotópicos y las profundidades asociadas con los múltiples puntos de datos isotópicos. El método también puede incluir emitir, por medio del dispositivo e procesamiento, los datos que indican los múltiples puntos de datos isotópicos, las profundidades asociadas con los múltiples puntos de datos isotópicos y la relación entre los múltiples puntos de datos isotópicos y las profundidades asociadas con los múltiples puntos de datos para determinar la información geológica sobre el pozo.

[0089] Ejemplo # 2: El método del Ejemplo # 1 puede incluir determinar la relación entre los múltiples puntos de datos isotópicos y las profundidades asociadas con los múltiples puntos de datos isotópicos que incluyen aplicar, por medio del dispositivo de procesamiento, un análisis de regresión a los múltiples puntos de datos isotópicos y las profundidades asociadas con los múltiples puntos de datos isotópicos para determinar la relación.

[0090] Ejemplo # 3: El método de cualquiera de los Ejemplos # 1-2 puede incluir determinar, por medio del dispositivo de procesamiento, un límite del pozo de acuerdo, al menos en parte, con los múltiples puntos de datos isotópicos, tal límite indica una forma del pozo.

[0091] Ejemplo # 4: El método del Ejemplo # 3 puede incluir determinar el límite del pozo que incluye: determinar, por medio del dispositivo de procesamiento, una pendiente o punto de inflexión de la relación entre los múltiples puntos de datos isotópicos y las profundidades asociadas con los múltiples puntos de datos isotópicos; y determinar el límite de acuerdo, al menos en parte, con la pendiente o el punto de inflexión.

[0092] Ejemplo # 5: El método del Ejemplo # 4 puede incluir determinar la pendiente o el punto de inflexión de la relación entre los múltiples puntos de datos isotópicos y las profundidades que se asocian con los múltiples puntos de datos isotópicos lo que incluye: determinar, por medio del dispositivo de procesamiento, un primer derivado de la relación entre los múltiples puntos de datos isotópicos y las profundidades que se asocian con los múltiples puntos de datos isotópicos; y determinar, por medio del dispositivo de procesamiento, un segundo derivado de la relación entre los múltiples puntos de datos isotópicos y las profundidades que se asocian con los múltiples puntos de datos isotópicos.

[0093] Ejemplo # 6: El método de cualquiera de los Ejemplos # 1-5 puede incluir determinar los datos isotópicos asociados con el curso de la muestra de gas de lodo mediante el uso de espectrometría de masa por relación de isótopo de cromatografía.

[0094] Ejemplo # 7: El método de cualquiera de los Ejemplos # 1-6 puede incluir determinar la información geológica del pozo que incluye determinar la información sobre un sello, una barrera, una zona de buena comunicación o la difusión de gas dentro del pozo.

[0095] Ejemplo # 8: El método de cualquiera de los Ejemplos # 1-7 puede incluir recibir, por medio del dispositivo de procesamiento, datos isotópicos que indican una cantidad y un tipo de un primer gas en la muestra de gas de lodo del primer dispositivo de detección de gas. El primer gas puede incluir un primer isótopo de carbono o un primer isótopo de hidrógeno. El método también puede incluir recibir, por medio del dispositivo de procesamiento, datos isotópicos que indican una cantidad y un tipo de un segundo gas en la muestra de gas de lodo del primer dispositivo de detección de gas. El segundo gas puede incluir un segundo isótopo de carbono o un segundo isótopo de hidrógeno. El método también puede incluir determinar, por medio del dispositivo de procesamiento, una relación entre la cantidad del primer gas y la cantidad del segundo gas al comparar la cantidad del primer gas y la cantidad del segundo gas. El método también puede incluir emitir, por medio del dispositivo de procesamiento, datos que indican la relación entre la cantidad del primer gas y la cantidad del segundo gas.

[0096] Ejemplo # 9: El método de cualquiera de los Ejemplos # 1-8 puede incluir: recibir, por medio del dispositivo de procesamiento y de un segundo dispositivo de detección de gas, datos isotópicos que indican una cantidad y un tipo de un primer gas en una muestra de gas de lodo que

ingresa en el pozo; recibir, por medio del dispositivo de procesamiento, datos isotópicos que indican una cantidad y un tipo de un segundo gas en una muestra de gas de lodo que sale del pozo del primer dispositivo de detección de gas; determinar, por medio del dispositivo de procesamiento, una relación entre la cantidad del primer gas que ingresa en el pozo y la cantidad del segundo gas que sale del pozo; y emitir, por medio del dispositivo de procesamiento, datos que indican la relación entre la cantidad del primer gas y la cantidad del segundo gas.

[0097] Ejemplo # 10: El método de cualquiera de los Ejemplos # 1-9 puede incluir: recibir, por medio del dispositivo de procesamiento, los datos isotónicos asociados con los múltiples cursos de muestras de gas de lodo desde múltiples pozos a medida que cada curso de la muestra de gas de lodo sale de un pozo de los múltiples pozos; generar, por medio del dispositivo de procesamiento, múltiples puntos de datos isotópicos que indican composiciones de hidrocarburo de cada muestra de gas de lodo según los datos isotópicos; determinar, por medio del dispositivo de procesamiento, las profundidades dentro de los múltiples pozos asociados con los múltiples puntos de datos isotópicos de cada muestra de gas de lodo; determinar, por medio del dispositivo de procesamiento, la relación entre los múltiples puntos de datos isotópicos de cada muestra de gas de lodo y las profundidades asociadas con los múltiples puntos de datos isotópicos de cada muestra de gas de lodo; y generar, por medio del dispositivo de procesamiento, los datos asociados con una muestra de gas de lodo que sale de cada pozo de los múltiples pozos, tal datos corresponden a los puntos de datos isotópicos asociados con el pozo, las profundidades asociadas con los puntos de datos isotópicos y la relación entre los puntos de datos isotópicos y las profundidades dentro del pozo asociadas con los puntos de datos isotópicos para determinar la información geológica sobre los múltiples pozos.

[0098] Ejemplo # 11: Un sistema puede incluir un primer dispositivo de detección de gas que se puede colocar cerca de un pozo para detectar un gas en una muestra de gas de lodo del pozo en una superficie del pozo a medida que la muestra de gas de lodo sale del pozo. El sistema puede incluir también un módulo de procesamiento acoplado de forma comunicativa con el primer dispositivo de detección de gas para recibir los datos isotópicos del primer dispositivo de detección de gas y usar los datos isotópicos para determinar la información geológica del pozo. Los datos isotópicos pueden representar una cantidad de gas y un tipo de gas detectado por el primer dispositivo de detector de gas.

[0099] Ejemplo # 12: El sistema del Ejemplo # 11 puede incluir el primer dispositivo de detección de gas que se puede colocar cerca del pozo para detectar un tipo y una cantidad de un isótopo de carbono o un isótopo de hidrógeno en la muestra de gas de lodo detectada en la superficie del pozo.

[00100] Ejemplo # 13: El sistema de cualquiera de los Ejemplos # 11-12 puede incluir el primer dispositivo de detección de gas que incluye al menos uno de un espectrómetro de masa o un espectrómetro de cavidad en anillo.

[00101] Ejemplo # 14: El sistema de cualquiera de los Ejemplos # 11-13 puede incluir el primer dispositivo de detección de gas que se puede colocar cerca del pozo para detectar un nivel de concentración de un isótopo de carbono o un isótopo de hidrógeno en la muestra de gas de lodo detectada en la superficie del pozo.

[00102] Ejemplo # 15: El sistema de cualquiera de los Ejemplos # 11-14 puede incluir un segundo dispositivo de detección de gas que se puede colocar cerca del pozo para detectar un gas en una mezcla de fluido y gas que ingresa en el pozo. El sistema puede presentar también el módulo de procesamiento que se acopla de forma comunicativa al segundo dispositivo de detección de gas para recibir datos que indican una cantidad de gas y un tipo de gas que ingresa en el pozo desde el segundo dispositivo de detección de gas.

[00103] Ejemplo # 16: Un medio de almacenamiento legible por computadora no transitorio que tiene un código de programa que se puede ejecutar por medio de un dispositivo procesador para hacer que un dispositivo informático realice las operaciones. Las operaciones pueden incluir recibir los datos isotópicos asociados con un curso de una muestra de gas de lodo de un primer dispositivo de detección de gas a medida que la muestra de gas de lodo sale del pozo. Los datos isotópicos pueden indicar una cantidad y un tipo de un gas en la muestra de gas de lodo. Las operaciones también pueden incluir generar múltiples puntos de datos isotópicos que indican una composición de hidrocarburo de la muestra de gas de lodo de acuerdo con los datos isotópicos. Las operaciones también pueden incluir determinar las profundidades asociadas con los múltiples puntos de datos isotópicos. Las operaciones también pueden incluir determinar una relación entre los múltiples puntos de datos isotópicos y las profundidades asociadas con los múltiples puntos de datos isotópicos. Las operaciones también pueden incluir emitir datos que indican los múltiples puntos de datos isotópicos, las profundidades asociadas con los múltiples puntos de datos isotópicos y la relación entre los múltiples puntos de datos isotópicos y las profundidades asociadas con los múltiples puntos de datos para determinar la información geológica del pozo.

[00104] Ejemplo # 17: El medio de almacenamiento del Ejemplo # 16 puede incluir las operaciones para: recibir datos isotópicos que indican una cantidad y un tipo de un primer gas en una muestra de gas de lodo que ingresa en el pozo desde un segundo dispositivo de detección de gas; recibir datos isotópicos que indican una cantidad y un tipo de un segundo gas en una muestra de gas de lodo que sale del pozo desde el primer dispositivo de detección de gas; determinar una relación

entre la cantidad del primer y la cantidad del segundo gas; y emitir datos que indican la relación entre la cantidad del primer gas y la cantidad del segundo gas.

[00105] Ejemplo # 18: El medio de almacenamiento de cualquiera de los Ejemplos # 16-17 puede incluir la operación de determinar un límite del pozo de acuerdo, al menos en parte, con los múltiples puntos de datos isotópicos. El límite puede indicar una forma del pozo.

[00106] Ejemplo # 19: El medio de almacenamiento de cualquiera del Ejemplo # 18 puede incluir la operación de determinar el límite del pozo que incluye: determinar un primer derivado de la relación entre los múltiples puntos de datos isotópicos y las profundidades asociadas con los múltiples puntos de datos isotópicos; determinar un segundo derivado de la relación entre los múltiples puntos de datos isotópicos y las profundidades asociadas con los múltiples puntos de datos isotópicos; determinar una pendiente o puntos de inflexión de la relación entre los múltiples puntos de datos isotópicos y las profundidades asociadas con los múltiples puntos de datos isotópicos, al menos en parte, en el primer derivado o el segundo derivado; y determinar el límite de acuerdo, al menos en parte, con la pendiente o el punto de inflexión.

[00107] Ejemplo # 20: El medio de almacenamiento de cualquiera de los Ejemplos # 16-19 puede incluir la operación para determinar las relaciones entre los múltiples puntos de datos isotópicos y las profundidades asociadas con los múltiples puntos de datos isotópicos que incluyen aplicar un análisis de regresión a los múltiples puntos de datos isotópicos y las profundidades asociadas con los múltiples puntos de datos isotópicos para determinar la relación.

[00108] La descripción que antecede de determinados ejemplos, con ejemplos ilustrados, se presentó meramente confines ilustrativos y descriptivos y no pretende agotar ni limitar la descripción a las formas exactas descritas. Resultará evidente para los expertos en la técnica que se pueden realizar numerosas modificaciones, adaptaciones y usos de esta, sin apartarse del alcance de la descripción.