



No. 14-005026-00005-0000

Fecha: 2015-09-16 14:53:47 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra 11 PATENTEIYII Eve 378 FASENACIONALI
Act. 523 RESPUESTA Folios: 29

P-4083

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
DIVISION DE NUEVAS CREACIONES

E. S. D.

WJF

Re: Expediente No. 14-005.026
Solicitud de patente a nombre de INGRAIN, INC.

Yo, CAROLINA DAZA MONTALVO identificada como aparece al pie de mi firma, domiciliada en la Carrera 11 No. 86-53, piso 6, obrando como apoderada sustituta, de acuerdo con la sustitución adjunta, de la sociedad INGRAIN, INC., domiciliada en Texas, Estados Unidos de América, solicitante de la patente de la referencia, en respuesta al oficio No. 7479 notificado por fijación en lista el 7 de julio de 2015, relacionado con concepto técnico de fondo, me permito manifestar:

1. Con fundamento en la facultad que confiere el artículo 34 de la Decisión 486 al solicitante para modificar la solicitud de patente en cualquier momento del trámite, presento junto con este memorial nuevo capítulo reivindicatorio, el cual consta de 22 reivindicaciones y reemplaza completamente el capítulo presentado anteriormente. En el nuevo capítulo reivindicatorio se realizaron las siguientes modificaciones:
 - 1.1 Como primera medida, se modificó la antigua reivindicación 1 con el fin de dar mayor claridad al método para simular flujo fraccional de fluidos humectantes y fluidos no humectantes.
 - 1.2 Asimismo, se modificó la antigua reivindicación 14, con el fin de incluir las características técnicas descritas en la antigua reivindicación 15.
 - 1.3 Adicionalmente, se eliminaron las antiguas reivindicaciones 18 a 28 y 35 a 48.
 - 1.4 Además, se modificó el capítulo reivindicatorio con el fin de eliminar todos los términos y expresiones considerados por el examinador como ambiguos, imprecisos o resultados a alcanzar. De esta forma, la presente invención queda definida únicamente por sus características técnicas esenciales, permitiendo su comparación con el estado de la técnica.
2. Por otra parte, siguiendo las recomendaciones del examinador, se modifica la descripción de la solicitud con el fin de corregir algunos errores de digitación, redacción y/o traducción y dar claridad a la materia que se describe en la presente solicitud. Se presentan hojas de reemplazo de las páginas 4, 7, 10, 14, 18, 19, 23, 24, 26 a 29, 36 a 38 y 44.

P-4083

1/29

Clarke, Modet & C^o

COLOMBIA

En cuanto a estas modificaciones, me permito decir que las mismas no amplían de ninguna manera la materia objeto de la presente solicitud y se realizaron con el ánimo de superar las objeciones de claridad, unidad de invención, novedad y nivel inventivo, planteadas por el examinador en su concepto técnico.

En cuanto al número de reivindicaciones, atentamente nos permitimos decir que no se adjunta tasa por reivindicaciones adicionales, toda vez que el nuevo capítulo reivindicatorio tiene menor número de cláusulas que el originalmente presentado y en esencia es el mismo objeto pero más limitado, definido con mayor claridad y ajustado a las normas de patentabilidad en Colombia.

3. Claridad de la solicitud

Respecto a las objeciones de claridad, el solicitante manifiesta que mediante la presentación del nuevo capítulo reivindicatorio quedan subsanadas la totalidad de las objeciones, de modo tal que las nuevas reivindicaciones proporcionan claridad y concisión a la invención descrita, siguiendo las recomendaciones realizadas por el examinador en su concepto técnico.

Como primera medida, se indica que las antiguas reivindicaciones 18 a 28 y 35 a 48 han sido eliminadas del presente capítulo reivindicatorio, por lo que se entienden por superadas las objeciones planteadas para estas por el examinador.

Adicionalmente, se ha modificado la antigua reivindicación 1 con el fin de dar mayor claridad al método para simular flujo fraccional de fluidos humectantes y fluidos no humectantes a través de medio poroso. Soporte para esta modificación se encuentra en el párrafo [0049] de la publicación internacional WO2013009512).

También, se ha modificado la antigua reivindicación 14, incluyendo las características técnicas descritas en la antigua reivindicación 15.

Por otra parte, se ha corregido la dependencia de las reivindicaciones y se han eliminado todos los términos "*al menos*", "*alrededor*", "*aproximadamente*", "*más a menudo*", "*no más de*", "*suficientemente grande*", "*una pluralidad*" y "*o más*", quedando la invención definida de una forma clara y específica.

Con respecto a la descripción de la solicitud, se aclara que se han corregido todos los errores de digitación, redacción y/o traducción indicados por el examinador en su concepto técnico. Así, se presentan hojas de reemplazo de las páginas 4, 7, 10, 14, 18, 19, 23, 24, 26 a 29, 36 a 38 y 44 del capítulo descriptivo.

En relación con la inconsistencia en la figura 2 indicada por el examinador, es deseo del solicitante aclarar que no existe tal inconsistencia ya que, como se describe en el capítulo descriptivo, la figura 2 corresponde a una gráfica representativa de permeabilidad relativa para fluidos humectantes y no humectantes en niveles de saturación en el intervalo desde 0 hasta 1.

Clarke, Modet & C^o

COLOMBIA

En cuanto a los diagramas representados en las figuras 4 y 9, es deseo del solicitante resaltar que en el diagrama se incluye los números de referencia para cada paso. No se incluye texto con el fin de no saturar los diagramas y evitar malas interpretaciones por parte del lector.

En consecuencia, nos permitimos informar que las nuevas reivindicaciones 1 a 22 y el capítulo descriptivo se ajustan a las disposiciones de los artículos 15 y 30 de la Decisión 486/00.

4. Unidad de Invención

El examinador establece en su concepto técnico que la presente solicitud no cumple con el requisito de unidad de invención ya que comprende dos conceptos inventivos diferentes, particularmente el grupo I (reivindicaciones 1 a 34 y 45 a 48) y el grupo II (reivindicaciones 35 a 44).

A este respecto, es deseo del solicitante indicar que se han eliminado de la presente solicitud las antiguas reivindicaciones 35 a 44.

En consecuencia, las nuevas reivindicaciones 1 a 22 se ajustan a las disposiciones del artículo 25 de la Decisión 486/00.

5. Novedad

El examinador establece en su concepto técnico la falta de novedad de las antiguas reivindicaciones 45 a 47 a la luz de las enseñanzas técnicas descritas en el documento D1 (US 8'081.802).

A este respecto, se indica que, como se aclaró anteriormente, las antiguas reivindicaciones 45 a 47 han sido eliminadas del presente capítulo reivindicatorio. De esta forma se entienden por superadas todas las objeciones a la novedad manifestadas por el examinador.

De esta forma, las nuevas reivindicaciones 1 a 22 se ajustan a las disposiciones del artículo 16 de la Decisión 486/00.

6. Nivel Inventivo

El examinador establece en su concepto técnico la falta de nivel inventivo de las antiguas reivindicaciones 1 a 17 y 23 a 34 a la luz de las enseñanzas técnicas descritas en el documento D2 (Ramstad, T., et al. (2010) "*Simulation of two-phase flow in reservoir rocks using Lattice Boltzmann method*", SPE 124617, SPE Journal).

En este sentido, me permito indicar que el artículo 18 de la Decisión 486 establece que "*Se considerará que una invención tiene nivel inventivo, si para una persona del oficio normalmente versada en la materia técnica correspondiente, esa invención no hubiese resultado obvia ni se hubiese derivado de manera evidente del estado de la técnica*".

Clarke, Modet & C^o

COLOMBIA

Lo anterior significa que el análisis de nivel inventivo **NO** es una comparación de los objetos de las anterioridades y la solicitud en estudio. El análisis de nivel inventivo **debe demostrar** la obviedad de la invención y establecer cómo ésta no contiene un salto cualitativo, que demuestre su altura inventiva, teniendo en cuenta que se hace **necesario demostrar** que la invención analizada carece de nivel inventivo y hubiese sido obvia para una persona versada en la materia.

Considerando las anteriores definiciones, es deseo del solicitante presentar argumentos que demuestran el nivel inventivo de la presente invención.

Como se explico en la descripción de la solicitud en estudio, los inventores desarrollaron un método para simular el flujo fraccional multi-fase /multi-componente a través de un medio poroso empleando una representación digital tridimensional (3D) creada a partir del escaneo de un medio poroso integrado con un método de cálculo de relaciones de flujo, presiones, saturaciones, vectores de velocidad interna, y/o otros parámetros que pueden proporcionar mejores determinaciones, por ejemplo, determinaciones más rápidas y/o precisas, de propiedades de transporte de fluido del medio poroso, tales como calcular o estimar la permeabilidad relativa en comparación con la saturación para imbibición y/o drenaje. Estas determinaciones pueden ser realizadas sin la necesidad de un gran consumo de tiempo y gasto de dinero en cuenta a los experimentos de laboratorio en muestras físicas de medios porosos. La presente invención permite emplear un método único para simular la introducción de fluidos humectantes y no humectantes en los poros en el frente de entrada de la representación digital 3D de un medio poroso y una aplicación de control de proceso para lograr un flujo en estado cuasi-permanente a bajas concentraciones en la entrada de fluido no humectante.

El examinador indica en su reporte técnico que el documento D2 muestra los pasos descritos en la reivindicación 1, a excepción de los pasos h) e i), e indica que obtener el flujo de fluido de cada fase y las proporciones de flujo de los fluidos humectante y no-humectante, así como la presión de salida, está implícito en los resultados obtenidos en el documento D2. A este respecto, es deseo del solicitante muy respetuosamente indicar que las afirmaciones del examinador son incorrectas.

De manera específica, se aclara que en un experimento de flujo fraccional, tal como el utilizado para estimar permeabilidad relativa en estado estacionario, ambos fluidos son inyectados de manera simultánea en la entrada y también ambos aceite y agua pasan la salida. En estado estacionario, se alcanza una relación de flujo continuo para ambos aceite y agua. Es muy difícil darse cuenta de manera numérica y experimental de estas condiciones límite. La utilización de simples condiciones periódicas límite, como lo especifica el documento D2 (página 2, columna 2, líneas 13-18), no puede reproducir las permeabilidades relativas correctas ni la historia de saturación. El método que se describe en la presente reivindicación 1 proporciona un enfoque para llevar a cabo un experimento de flujo fraccional que puede proporcionar tales resultados. La simulación de flujo de dos fases a través de medio poroso en el método de la presente invención se muestra, por ejemplo, en las figuras 5a-f y 6a-b incluidas en el capítulo descriptivo

Clarke, Modet & C^o

COLOMBIA

originalmente presentado, en las cuales se muestra las complejas condiciones límite con los vóxeles donde fluidos humectantes y no humectantes entran /párrafos [0054]-[0055] de la publicación internacional WO2013009512). Como se explica en la parte indicada de la presente solicitud, los inventores han encontrado, entre otras cosas, que configurar y controlar la relación A_n a A_w (es decir, relación de área a través de la cual el fluido no humectante fluye al área a través de la cual el fluido humectante fluye) resulta en una convergencia de cálculos de dinámica de fluidos computacional utilizada para calcular el flujo fraccional en diferentes niveles de saturación.

Adicionalmente, es pertinente aclarar al examinador que el documento D2 no parece describir el pago :) de la reivindicación 1 de la presente solicitud. El paso j) especifica el ajustar periódicamente las presiones de entrada P_n y P_w utilizando un algoritmo de control de retroalimentación en donde valores de estado cuasi-permanente para Q_n y Q_w se alcanzan. La acción oficial sugiere que este paso técnico es anticipado en la página 1, columna 1, líneas 16 a 17 del documento D2. Sin embargo, al realizar una revisión detallada de diacha anterioridad, la sección citada por el examinador hace referencia a *“la imposición de un regulador de flujo para controlar el número capilar del flujo”*. El número capilar en el documento D2 no corresponde ni a la presión de entrada de los fluidos humectantes (P_w) ni a la presión de entrada de los fluidos no humectantes (P_n) descritos en la reivindicación 1. El número capilar (NCa) del documento D2 es definido mediante la ecuación (10) en la columna 1 de la página 4 del documento. La nomenclatura en la ecuación (10) se define en las páginas 9 y 10 del documento D2. La ecuación (10) que define el número capilar del documento D2 no define o incluye una presión de entrada de los fluidos humectantes y no humectantes. En este sentido, el documento D2 no menciona o sugiere el paso j) descrito en la presente reivindicación 1, ni de manera literal ni de manera implícita.

Considerando los anteriores argumentos, se demuestra que el documento D2 no menciona o sugiere, de manera literal o de manera implícita, TODOS los pasos del método que se describen en la presente reivindicación 1. Así, es claro que la presente reivindicación 1, y por tanto sus reivindicaciones dependientes, tienen nivel inventivo en concordancia con los lineamientos del artículo 18 de la Decisión 486/00.

Habiendo atendido cabalmente las objeciones presentadas por ese despacho, atentamente solicitamos se conceda el privilegio de patente de invención a la solicitud en estudio o si el señor examinador considera que subsisten razones para objetar la presente invención, rogamos expedir otro examen de fondo con los debidos motivos y razones que sustenten su objeción con el fin de que nuestro mandante tenga la posibilidad de exponer sus argumentos con base en la interpretación de los artículos 45 de la Decisión 486 -el cual otorga la facultad al examinador para emitir los exámenes de fondo-, 35 y 59 del Código Contencioso Administrativo que señala que: *“habiéndose dado oportunidad a los interesados para expresar sus opiniones, y con base en las pruebas e informes disponibles, se tomará la decisión que será motivada al menos en forma sumaria si afecta a particulares”* y *“(.) deberá proferirse la decisión definitiva. Esta se motivará en sus aspectos de hecho y de derecho, y en los de conveniencia si es el caso”*, respectivamente (El subrayado es nuestro).

Clarke, Modet & Cº

COLOMBIA

En consecuencia, solicitamos a ese despacho pronunciarse en relación con todos los argumentos presentados en este memorial dando estricta aplicación al principio del debido proceso consagrado en el artículo 29 de la Constitución Nacional

Señor Superintendente,



CAROLINA DAZA MONTALVO

C.C. 66.783.790 de Palmira Valle

TP-141563 CSJ

notificaciones@clarkemodet.com.co

Clarke, Modet & Cº

COLOMBIA

P-4083

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
DIVISION DE NUEVAS CREACIONES
E. S. D.

Re: Expediente No. 14-005.026
Solicitud de patente a nombre de INGRAIN, INC.

RESPUESTA ACCIÓN OFICIAL

Yo, **SILVANA MARÍA LÓPEZ DÍAZ**, identificada como aparece al pie de mi firma, domiciliada en Bogotá, atentamente informo a usted que sustituyo el poder con que obro, a la doctora **CAROLINA DAZA MONTALVO**, domiciliada en Bogotá, identificada con la Cédula de Ciudadanía No.66.783.790 de Palmira Valle y portadora de la tarjeta profesional No.TP-141563 del CSJ, con las mismas facultades que me fueron conferidas para este caso.

Muy atentamente,



SILVANA MARÍA LÓPEZ DÍAZ
C.C. No. 22.468.787
TP- 147463 CSJ

Acepto sustitución



CAROLINA DAZA MONTALVO
C.C. 66.783.790 de Palmira Valle
TP-141563 CSJ

X



PRESENTACION PERSONAL

NOTARIAL II

El anterior escrito fué presentado ante el
NOTARIO ONCE (E) DEL CIRCULO DE BOGOTA D.C.

Personalmente por: **SILVIA MORA**
LÓPEZ DIGZ

quien exhibió la C.C. **22468787** de **Bogotá**

y Tarjeta Profesional No. **147463** C.S.J.

Fecha:

Firma:

[Signature]
Mauricio Mora Tejada
NOTARIO (E)



126 JUN 2015

Clarke, Modet & Cº

COLOMBIA

ANEXOS

- Nuevo capítulo reivindicatorio que incluye 22 reivindicaciones
- Hojas de remplazo de las páginas 4, 7, 10, 14, 18, 19, 23, 24, 26 a 29, 36 a 38 y 44 del capítulo descriptivo.

REIVINDICACIONES

1. Un método para simular flujo fraccional de fluidos humectantes y fluidos no humectantes a través de medio poroso caracterizado porque comprende las etapas de:

5 a) crear una representación digital tridimensional de una muestra física de un medio poroso (Muestra) que contiene un volumen total de fluidos que comprenden fluidos humectantes y fluidos no humectantes, en donde la creación comprende escanear la muestra con un dispositivo que produce
10 una representación digital tridimensional (3D) de la estructura porosa de la Muestra,

 b) definir una primera fracción del volumen total de fluidos que comprende los fluidos humectantes y una segunda fracción del volumen total de fluidos que comprende los
15 fluidos no humectantes,

 c) definir un valor para una relación de flujo del volumen total de fluidos que fluyen a través de la muestra,

 d) evaluar las propiedades de los fluidos humectantes y los fluidos no humectantes,

20 e) definir las condiciones iniciales para saturación de los fluidos humectantes (S_w), saturación de los fluidos no humectantes (S_n), presión de entrada de los fluidos humectantes (P_w) y presión de entrada de los fluidos no humectantes (P_n),

 f) ajustar las condiciones en el frente de la entrada de la Muestra en donde fluidos no humectantes y fluidos humectantes entran en los poros de la muestra en áreas separadas y distintas, y

g) calcular las presiones, saturación, y vectores de velocidad internos para la muestra,

h) calcular las relaciones de flujo de los fluidos no humectantes (Q_n) a través de la muestra, relaciones de flujo
5 de los fluidos humectantes (Q_w) a través de la muestra, y presión en la salida de la muestra,

i) repetir las etapas a) hasta h) durante un número predefinido de incrementos en tiempo, t , y

j) ajustar periódicamente las presiones de entrada P_n y
10 P_w usando un algoritmo de control de retroalimentación en donde valores de estado cuasi-permanente de Q_n y Q_w se alcanzan.

2. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el medio poroso es roca, tierra,
15 zeolita, tejido biológico, madera, corcho, cemento, cerámica, arena, arcilla, compuesto inorgánico, compuesto orgánico, o metal.

3. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la muestra comprende planos ordenados,
20 múltiples de vóxeles, en donde cada uno de los vóxeles representa un poro (vóxel de poro) o sólido (vóxel de grano).

4. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque las propiedades de los fluidos humectantes comprenden viscosidad, ángulo de contacto, tensión interfacial, otras propiedades físicas o químicas o cualesquiera combinaciones de los mismos.

5. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque las propiedades de los fluidos no

humectantes comprenden viscosidad, ángulo de contacto, tensión interfacial, otras propiedades físicas o químicas o cualesquiera combinaciones de los mismos.

6. El método de conformidad con la reivindicación 1,
5 caracterizado porque la muestra comprende (a) un frente de entrada y un frente de salida en donde el frente de entrada y el frente de salida son paralelos uno con el otro, y (b) tres superficies ortogonales al frente de entrada y el frente de salida, en donde las tres superficies ortogonales son
10 impermeables para fluir de los fluidos humectantes y los fluidos no humectantes.

7. El método de conformidad con la reivindicación 6, caracterizado porque el frente de entrada además comprende una zona amortiguadora paralela al frente de entrada que
15 comprende un plano de vóxel.

8. El método de conformidad con la reivindicación 7, caracterizado porque una tensión interfacial entre el fluido humectante y fluido no humectante se ajusta hasta cero para todos los cálculos dentro de la zona amortiguadora.

20 9. El método de conformidad con la reivindicación 8, caracterizado porque la tensión interfacial entre el fluido humectante y fluido no humectante se ajusta hasta cero y las viscosidades del fluido humectante y fluido no humectante se incrementan por un factor de 10 veces para todos los cálculos dentro de la zona amortiguadora.

10. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los fluidos no humectantes y los fluidos humectantes ingresan la muestra a través de poros en el

frente de entrada de la muestra.

11. El método de conformidad con la reivindicación 10, caracterizado porque los poros en el frente de entrada comprenden áreas separadas y distintas formadas al asignar
5 vóxeles de poro inmediatamente adyacentes a un vóxel de grano para el flujo de los fluidos humectantes (A_w) y los vóxeles de poro restantes se asignan para el flujo de los fluidos no humectantes (A_n).

12. El método de conformidad con la reivindicación 11,
10 caracterizado porque el A_w se incrementa al asignar además vóxeles de poro adyacentes a A_w para el flujo de los fluidos humectantes (A_w) y los vóxeles de poro restantes se asignan para el flujo de los fluidos no humectantes (A_n).

13. El método de conformidad con la reivindicación 11,
15 caracterizado porque $(\text{suma de vóxeles en } A_n) / ((\text{suma de vóxeles en } A_n) + (\text{suma de vóxeles en } A_w))$ es menor de 0.5.

14. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el cálculo comprende dinámicas de fluido computacional, wherein el cálculo comprende el método de
20 cuadrícula de Boltzmann.

15. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el incremento de tiempo, t , es segundos, mili-segundos u otra unidad de tiempo.

16. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el número de incrementos en tiempo es 10,000.

17. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque las presiones de entrada periódicamente

ajustadas ocurren una vez cada 10 incrementos en tiempo.

18. El método de conformidad con la reivindicación 17, caracterizado porque el número de incrementos en tiempo de ajustes periódicos posteriores de presión de entrada son
5 diferentes.

19. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque las presiones de entrada periódicamente ajustadas ocurren con mayor frecuencia en la primera mitad del tiempo total de la simulación que en la segunda mitad de
10 la simulación.

20. El método de conformidad con la reivindicación 19, caracterizado porque las presiones de entrada periódicamente ajustadas en la primera mitad del tiempo total de simulación ocurren 10 veces más que en la segunda mitad.

15 21. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el estado cuasi-permanente es donde los valores calculados de Q_n , Q_w , P_n , P_w y/o saturación varían a un valor pre-determinado.

20 22. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el número predefinido de incrementos en tiempo, t , se ajustan para lograr estado cuasi-permanente.



puede no tener contacto efectivo con el material sólido. La geometría del espacio del poro local dentro de un medio poroso dado puede variar considerablemente y estas variaciones en geometría pueden efectuar los niveles de saturación locales.

En la práctica, la permeabilidad relativa puede estimarse por pruebas de laboratorio físicas o por simulaciones numéricas.

Uno de los primeros métodos de laboratorio físicos para medir la permeabilidad relativa se describe en la Patente de E.U.A. Número 2,345,935 (Hassler). El método involucra sellar todo- menos dos superficies opuestas en una muestra de roca porosa. Un fluido o fluidos bajo presión se introducen en una superficie abierta y se obligan a fluir a través de la muestra en una relación de flujo específica. Las presiones del fluido se generan por bombas o medios similares. Las presiones y relaciones de flujo son entradas para el cálculo de permeabilidad relativa. Una deficiencia de la técnica Hassler es la necesidad de determinar las presiones de fluido humectante internas dentro del medio poroso. Este problema se describe por W. Rose, "Some Problems in Applying the Hassler Relative Permeability Method," 32 J. Petroleum Technology, 1161-63 (Julio, 1980). La Patente de E.U.A. Número 4,506,542 (Rose) describe un aparato y método que no requiere medición de presiones internas para la estimación de permeabilidad relativa.

El método Hassler es un método en régimen permanente que puede usarse para calcular la permeabilidad relativa contra

14

imprecisas.

2. Las presiones requeridas para lograr las relaciones de flujo deseadas pueden ser extremadamente altas provocando problemas de fuga y/o mal funcionamiento del equipo.
3. Un volumen grande de fluido debe procesarse para la muestra para acercarse al régimen permanente.
4. Las pruebas pueden tomar un tiempo muy largo hasta semanas o meses o más de un año para completarse.
5. Las formaciones muy herméticas tales como esquistos pueden ser difíciles o imposibles de medir.
6. Las condiciones iniciales tales como saturación, humectabilidad, y distribuciones de fluido son difíciles de establecer.
7. Establecer la humectabilidad en el laboratorio es difícil debido a que los núcleos usualmente se limpian antes de la prueba y la humectabilidad inicial no puede restablecerse con precisión.
8. En el laboratorio, es difícil y caro conducir pruebas con fluidos de yacimiento en condiciones de yacimiento. La mezcla de gas y aceite a presiones y temperaturas de yacimiento es difícil y puede ser peligrosa.

Las simulaciones numéricas para calcular la permeabilidad relativa típicamente usan métodos numéricos tales como modelado de red del poro o simulación directa de flujo de fase múltiple/componente múltiple en un medio poroso.

6

de límite en el interior del medio poroso. Lo último incluye efectos en la humectabilidad especialmente cuando se presentan flujos fraccionales relativamente pequeños de un fluido o el otro. Las condiciones de límite son un problema

5 completamente complejo en métodos numéricos. La selección de las condiciones de límite pueden afectar significativamente el tiempo requeridos para el cálculo, la precisión de los resultados y la estabilidad de la simulación. Esto puede ser especialmente verdadero para simulaciones de fase múltiple o

10 componente múltiple inmiscibles. Las dificultades pueden surgir del hecho de que la presión y distribución de las fases y velocidades en la entrada de la simulación digital se desconocen y estas condiciones deberían establecerse de manera que imiten las condiciones físicas. No hubo forma

15 única ni estandarizada de ajustar las condiciones de límite apropiadas y muchos autores proponen su propia solución. Las condiciones de límite elegidas pueden ser de importancia primaria ya que significativamente pueden afectar la precisión numérica de la simulación y también su estabilidad.

20 Los métodos numéricos pueden tener ventajas sobre los métodos de laboratorio, tales como en una o más de las siguientes formas.

1. Debido a que las simulaciones numéricas son virtuales, que no requieren la presencia física tal como fluidos del pozo en condiciones del pozo. En el caso de permeabilidad relativa en formaciones de aceite y gas, los hidrocarburos a altas temperaturas y presiones, a menudo arriba del punto crítico, son difíciles de controlar y

humectantes (S_w), saturación de los fluidos no humectantes (S_n), presión de entrada de los fluidos humectantes (P_w) y presión de entrada de los fluidos no humectantes (P_n), (f) ajustar las condiciones en el frente de la entrada de la muestra en donde los fluidos no humectantes y fluidos humectantes entran en los poros de la muestra en áreas separadas y distintas, y (g) calcular las presiones, saturación, y vectores de velocidad internos a la muestra, (h) calcular las relaciones de flujo de los fluidos no humectantes (Q_n) a través de la muestra, relaciones de flujo de los fluidos humectantes (Q_w) a través de la muestra, y presión en la salida de la muestra, (i) repetir la etapa a) a través de h) durante un número predefinido de incrementos en tiempo, t , y (j) ajustar periódicamente las presiones de entrada P_n y P_w usando un algoritmo de control de retroalimentación en donde se alcanzan valores de estado cuasi-permanente para Q_n y Q_w .

La presente invención también se refiere a un sistema que calcula o determina o estima el flujo de componente múltiple, fase múltiple fraccional a través de un medio poroso que comprende (a) un escáner capaz de producir una imagen digital tridimensional de un medio poroso, (b) una computadora que comprende al menos un procesador operable para ejecutar un programa de computadora capaz de clasificar elementos en la imagen digital tridimensional como sólido (grano) y poro (vacío), (c) una computadora que comprende al menos un procesador operable para ejecutar un programa de computadora capaz de realizar los cálculos indicados, y (d)

7

para calcular flujo de fase múltiple/componente múltiple, fraccional a través de un medio poroso que emplea una representación digital tridimensional (3D) de un medio poroso integrado con un método dinámico de fluido computacional (CFD) para calcular relaciones de flujo, presiones, saturaciones, vectores de velocidad internos, y/u otros parámetros de flujo que pueden proporcionar determinaciones mejoradas, por ejemplo, determinaciones más rápidas y/o exactas, de propiedades del transporte de fluido del medio poroso, tal como calcular o estimar permeabilidad relativa contra la saturación para absorción y/o drenaje. Estas determinaciones pueden hacerse sin la necesidad de experimentos de laboratorio que consuman tiempo y sean caros en muestras físicas del medio poroso. El método puede emplear un método único para estimular la introducción de fluidos humectantes y no humectantes en los poros en el frente de la entrada de la representación digital 3D de un medio poroso y una aplicación de control de proceso para lograr flujo de estado cuasi-permanente en concentraciones de entrada bajas de fluido no humectante. Además, el método de la presente invención reduce el tiempo requerido para completar los cálculos dinámicos de fluido. Los valores resultantes de flujo de fluido no humectante, fluido humectante, saturación y otros parámetros pueden usarse para generar gráficas de curvas de drenaje y imbibición de permeabilidad relativa. La capacidad para hacer estos tipos de determinaciones en las características de transporte del fluido de los medios porosos puede mejorar la precisión de costo y hacer la

decisión técnica con respecto a la producción en los medios porosos. Los programas de computadora y sistemas computarizados para realizar el método también se proporcionan.

El método de la presente invención puede usarse para
5 calcular el flujo de fluidos inmiscibles, de fase múltiple a través de medios porosos, tales como se muestran esquemáticamente en la Figura 3. Para propósitos de esta invención, el término "fase múltiple" se refiere a fases múltiples de un elemento del compuesto tal como líquido y
10 vapor y para compuestos múltiples en una mezcla tal como aceite y agua. Los fluidos se categorizan como fluidos humectantes y fluidos no humectantes. Los fluidos humectantes son aquellos fluidos que tienden a cubrir o adherirse a la superficie interior de los poros en el medio
15 poroso. La humectabilidad es la tendencia de un fluido para extenderse, o adherirse a, una superficie sólida en presencia de otros fluidos inmiscibles. La humectabilidad se define por el ángulo de contacto del fluido con la fase sólida. Un ejemplo de la presente invención describe un sistema que
20 comprende un fluido humectante y un fluido no humectante. Sin embargo, los métodos descritos en la presente pueden aplicarse a sistemas que comprenden fluidos no humectantes y/o humectantes múltiples. El medio poroso al cual los métodos descritos en la presente pueden aplicarse no se limita necesariamente. El medio poroso puede comprender, por ejemplo, rocas; tierras; zeolitas; tejidos biológicos tales como huesos, madera, corcho y materiales similares; cementos; cerámica; partículas sólidas compactas tales como arena,

9

pueden usarse en los cálculos pueden comprender, por ejemplo, viscosidad, ángulo de contacto, tensión interfacial y otras propiedades físicas o químicas. Los valores de viscosidad del fluido humectante, μ_w , viscosidad del fluido no humectante, μ_n , tensión interfacial, σ , y ángulo de contacto se ajustar. Como también como se muestra en la Figura 4, un valor inicial para P_w , la presión ejercida sobre el fluido humectante, y P_n , la presión ejercida sobre el fluido no humectante, se ingresan (9). Los valores para la fracción de fluido no humectante F_n y fluido humectante F_w que ingresan en el frente de entrada de la muestra, también se ajustan inicialmente (11). El usuario ingresa una relación de flujo deseada total, Q_T , típicamente medida en metros por segundo o pies por días o cualesquiera otras unidades deseadas, para obligarse a través de la muestra (13), y se determinan los valores Q_{wt} y Q_{nt} iniciales (12), que son relaciones de flujo calculadas de fluidos humectantes y no humectantes, respectivamente. Como se muestra en la Figura 3, una muestra (60) se somete a una condición límite de pared como se representa por las líneas negras gruesas (61) de manera que un fluido de fase múltiple puede ser forzado a través de la Muestra mediante un gradiente de presión (62). La muestra puede comprender un frente de entrada y un frente de salida en donde los frentes de entrada y salida son paralelos uno con el otro y tres o más superficies ortogonales al frente de entrada y al frente de salida en donde las tres o más superficies ortogonales son impermeables al flujo de los fluidos humectantes y los fluidos no humectantes. Debido a

que el ingreso del fluido humectante y del fluido no humectante en la muestra puede ser a diferentes presiones, puede ocurrir una condición de flujo de retorno externa en la entrada donde algún fluido puede salir de la muestra. En el

5 caso donde ocurre una condición de flujo de retorno, una región o zona amortiguadora (63) en la entrada de muestra puede usarse para eliminar el flujo de retorno externo. La región o zona amortiguadora puede alterar los cálculos para al menos 1 o 2 o 3 o más capas de vóxeles que hacen que la

10 muestra inicie del frente de entrada. Por ejemplo, el frente de entrada puede comprender una zona amortiguadora paralela al frente de entrada que comprende un plano de vóxel, 2 planos de vóxel, 3 planos de vóxel o más. La muestra se usa en un cálculo dinámico de fluido computacional para estimar

15 relaciones de flujo del fluido humectante y no humectante a través de la muestra y para calcular la permeabilidad relativa del medio poroso para saturaciones específicas en el interior de la muestra.

Con referencia a la Figura 7, una vez que se han

20 establecidos los ajustes iniciales (17), tales como los descritos con respecto a los ajustes (14) mostrados en la Figura 4, la simulación puede comenzar al calcular las relaciones de flujo de fluidos humectantes y no humectantes, presiones, niveles de saturación, vectores de velocidad y otras propiedades para todos los puntos ubicados en la muestra usando cálculos dinámicos de fluido computacional (CFD) (16). Los cálculos CFD se repiten para un número discreto de intervalos de tiempo, t (15). En los intervalos

21

valores para la fracción de fluido humectante, F_w , y fluido no humectante, F_n , que ingresan en el frente de entrada de la muestra, pueden seleccionarse (29) y nuevos puntos de ajuste de flujo para fluido humectante y fluido no humectante calculados (28). Cuando la fracción de fluido humectante y fluido no humectante cambia, el área de poro de entrada fraccional usada para fluido humectante y no humectante puede cambiarse (27). La fracción de área de poro de entrada para fluido humectante y fluido no humectante es una función de la fracción de fluido no humectante que ingresa en el frente de entrada de la muestra. En general, el área fraccional para el fluido no humectante deberá disminuirse cuando la fracción de fluido no humectante que ingresa en el frente de entrada de la muestra es menor que alrededor de 10% en volumen, o menor que alrededor de 20% en volumen, o menor que 30% en volumen. En el caso donde las combinaciones múltiples de fluidos humectantes y no humectantes se obligan a través de la muestra, la permeabilidad relativa contra curvas de saturación puede graficarse (34).

Como un ejemplo, la presente invención simula el flujo de dos fases a través de medios porosos. Las Figuras 5a-5f muestra seis imágenes, respectivamente, del frente de entrada de la muestra. En la Figura 5a los poros en el frente de entrada se rellenan con el fluido no humectante mostrado en sombreado más oscuro 52. Si un fluido no humectante o fluido de dos fases luego se obliga a través de la muestra, la distribución de fluido humectante y no humectante en el frente de entrada es crítico para la simulación CFD que

22

produce un resultado representativo y también crítico para lograr el flujo de estado cuasi-permanente a través de la muestra. Una de la condiciones de entrada requeridas para la simulación CFD es el área de los poros en el frente de entrada que se asigna para el flujo de fluido humectante y el área de los poros en el frente de entrada que se asigna para flujo de fluido no humectante y la distribución de las áreas para flujo de fluido humectante y flujo de fluido no humectante. En la presente invención, el área para fluido humectante en la entrada se distribuye primero en el frente interno de los poros como una capa sencilla de vóxeles en la Muestra digital como se muestra en las áreas blancas 53 en las Figuras 5b-5f. El porcentaje del área de fluido humectante puede incrementarse al agregar más vóxeles en una manera en capas. Las Figuras 5a a 5f muestran área incrementada para el fluido humectante hasta alrededor de 50% que se representa en la Figura 5f.

El frente de entrada (70) de la muestra se muestra en las Figuras 6a y 6b. Los fluidos no humectantes y los fluidos humectantes pueden ingresar en la muestra a través de los poros en el frente de entrada de la muestra. La imagen de la izquierda es la Muestra como se muestra en la Figura 5a y la imagen de la derecha es la misma como se muestra en la Figura 5f. La imagen en la Figura 6a a la izquierda muestra una roca porosa en la cual los poros rellenos con fluido no humectante se muestran en sombreado más oscuro. Los granos o roca sólida (76) se muestran en sombreado intermedio. El frente de la muestra tiene poros (71) a través de los cuales

un fluido de dos fases ingresa a la muestra. Cada área de poro se divide en sub-áreas. Un área (73) representa el área anular, A_w , a través de la cual el fluido humectante fluye. Una segunda área, A_n , (72) representa el área central a través de la cual el fluido no humectante fluye. Debido a que la imagen es digital, la creación del área, A_w , se hace al seleccionar vóxeles adyacentes a los granos y designados a los mismos como un área para fluido humectante. Esto es una representación exacta del mundo real ya que el fluido humectante tiene una atracción a las superficies sólidas en la roca. Los vóxeles están en capas iniciando con los vóxeles más cercanos a los primeros límites del grano. Los vóxeles restantes (72) se designan como A_n . Esto también es una representación exacta del mundo real debido a que el fluido no humectante es inmisible con el fluido humectante y tensión de superficie y la presión capilar forzarán el fluido no humectante en el espacio interior del poro y lejos de la superficie sólida. Se observa el área del frente de la muestra etiquetado (75). Esto es un ejemplo del carácter 3D de esta separación. El frente de entrada de la muestra es una tira digital del medio poroso. Inmediatamente detrás del frente de entrada es otro plano. Una ubicación (75), el plano detrás del frente de entrada es un sólido o roca en la ubicación (75) así el área en tal ubicación se vuelve efectivamente un área para el flujo de entrada de fluido humectante. Esta área (75) se define exactamente de la misma manera, por vóxeles en capa designados como A_w en el límite del grano, pero en este caso, el límite del grano está en la

dirección perpendicular al frente de entrada de la muestra. Las dos áreas A_n y A_w se separan por un límite (74) de manera que los dos fluidos se desacoplan. Las dos áreas (72) y (73) se ajustan inicialmente aproximadamente igual una con la otra. En este caso la porción del centro del área fraccional de los poros en el frente de entrada, A_n , y el área fraccional de la porción anular de los poros en el frente de entrada, A_w , son aproximadamente iguales. Así, en este caso inicial, A_n es alrededor de 0.5 y A_w es alrededor de 0.5. La relación de estas dos áreas puede ajustarse para compensar la condición cuando la relación de flujo de fluido no humectante es menor que alrededor de 50% en volumen del flujo total a través de la muestra o menor que alrededor de 10% en volumen del flujo total a través de la muestra o menor que alrededor de 1% en volumen del flujo total a través de la muestra. En el caso donde una fase sencilla se inyecta en la muestra, el área A_n se ajusta hasta (1) en el caso de un fluido no humectante y el área A_w se ajusta hasta (1) en el caso de un fluido humectante. Los inventores han encontrado que ajustar y controlar la relación A_n hasta A_w resulta en convergencia de los cálculos CFD usados para calcular el flujo fracción en diferentes niveles de saturación.

La muestra se inunda inicialmente con ya sea el fluido humectante o no humectante para saturar totalmente la muestra. Como una opción, la muestra se inunda inicialmente con el fluido humectante (8) (con referencia a la Figura 4). Esto proporciona una condición límite interna inicial para la

25

como su variación. Por ejemplo, el circuito PID de control puede comprender un error de entrada E_w y saca una presión de entrada nueva, P_w , en donde $P_w = P_i + P_i * \pi_w$, P_i = la presión inicial se ajusta al inicio de la simulación, $\pi_w = f(E_w)$

5 tales como $K_p * E_w + K_i \int E_w dt + K_D \frac{dE_w}{dt}$, K_p = constante de control proporcional, K_i = constante de control integral, y K_D = constante de control derivado. Donde el circuito PID de control comprende un error de entrada E_n y saca una presión de entrada nueva, P_n , $P_n = P_i + P_i * \pi_n$, P_i = la presión
10 inicial se ajusta al inicio de la simulación, y $\pi_n = f(E_n)$

tales como $K_p * E_n + K_i \int E_n dt + K_D \frac{dE_n}{dt}$, en donde K_p , K_i , y K_D representa las mismas constantes indicadas. Otros algoritmos de control, tales como control adaptivo, control jerárquico,
15 control inteligente, control óptimo, control robusto, control de red neural, control lógico difuso, o control estocástico, pueden emplearse como alternativas.

En la Figura 8a, la presión del fluido humectante se eleva digitalmente por una representación digital de un
20 dispositivo para incrementar la presión (50) y la presión del fluido no humectante se eleva digitalmente por una representación digital de un dispositivo para incrementar la presión (51). Ambos fluidos están forzados de esta manera a través de la muestra (52).

En la Figura 8a, la presión de fluido humectante, P_w , y la presión del fluido no humectante, P_n , son diferentes en la mayoría de los casos. Debido a esta diferencia de presión, la simulación puede calcular el contraflujo para el fluido

humectante o no humectante. El contraflujo es una circunstancia en donde el fluido fluye fuera de la muestra debido a la diferencia en presiones aplicadas de fluidos humectantes y no humectantes. El contraflujo es un efecto
5 ajeno de las diferencias de presión en la entrada y no ocurre en una prueba física. Por lo tanto, para compensar este factor, los presentes investigadores han proporcionado una técnica única en donde una zona amortiguadora en la entrada (53) se crea donde los fluidos no pueden contrafluir. La zona
10 amortiguadora se hace de un número de planos de vóxel en la entrada donde el número de planos de vóxel puede ser, por ejemplo, 1 o 2 o 3 o más. Para asegurar que no había contraflujo en la zona amortiguadora, la tensión interfacial entre el fluido humectante y no humectante se ajusta hasta
15 cero y las viscosidades de los fluidos humectantes y no humectantes se incrementan en gran parte. Por ejemplo, la tensión interfacial entre el fluido humectante y fluido no humectante puede ajustarse hasta cero para todos los cálculos dentro de la zona amortiguadora. Las viscosidades pueden
20 incrementarse por un factor de alrededor de 10 veces, o alrededor de 20 veces, o alrededor de 30 veces, o alrededor de 40 veces, o alrededor de 50 veces o más. Otras técnicas para dirigir el contraflujo también pueden desarrollarse y usarse.

El flujo calculado o integrado del fluido humectante sobre el volumen de muestra, Q_{wt} , y el flujo calculado o integrado del fluido no humectante sobre el volumen de muestra, Q_{nt} , se miden y el flujo promedio (ponderado) de

fluido humectante, QW , y el flujo promedio (ponderado) de fluido no humectante, QN , se calculan. El error entre QW y el flujo objetivo de fluido humectante se calcula, $E_w = Q_{wT} - QW$ y el error entre QN y la relación de flujo objetivo de fluido no humectante se calcula, $E_n = Q_{nT} - QN$. Los errores, E_w y E_n , se introducen en dos algoritmos de control separados para ajustar las presiones de entrada P_w y P_n . El uso de dos algoritmos de control separados, uno para fluido humectante y otro para fluido no humectante, resulta en simulaciones que reflejan mejor las distribuciones actuales de los fluidos humectantes y no humectantes en una muestra del mundo real.

Un esquema de control alternativo se muestra en la Figura 8b donde un controlador sencillo se usa. En este caso, la presión de fluido humectante y no humectante en la entrada siempre es la misma. La presión del fluido humectante se eleva digitalmente por una representación digital de un dispositivo para incrementar presión (55) y la presión del fluido no humectante se eleva digitalmente por una representación digital de un dispositivo para incrementar presión (56). Ambos fluidos están forzados de esta manera a través de la muestra (57).

En la Figura 8b, la presión de fluido humectante, P_w , y la presión del fluido no humectante, P_n , son las mismas. No hubo contraflujo cuando no hubo diferencia de presión entre fluido humectante y no humectante. Sin embargo, para asegurar que no haya intermezcla calculada de fluidos humectantes y no humectantes en la entrada, una zona amortiguadora en la entrada (58) puede crearse similar al caso donde se usan dos

presente invención; (b) ajustar la saturación de muestra inicial; (c) forzar cada par de fluidos humectantes y no humectantes a través de la muestra, tales como se describe en la presente; (d) registrar los valores calculados de Q_N , Q_W y saturación del fluido humectante, S_w para cada par de fluidos humectantes y no humectantes; (e) calcular los valores de permeabilidad relativa del fluido humectante, k_w ; calcular los valores de la permeabilidad relativa del fluido no humectante, k_n ; y calcular los valores de la saturación de agua, S_w , y (f) generar una gráfica de valores de k_w y k_n contra S_w . La saturación de la muestra inicial puede ser, por ejemplo, saturación humectante de fluido total, $S_w = 1.0$, saturación de fluido no humectante total, $S_n = 1.0$, o cualquier otra saturación. Como otra opción, la saturación de muestra inicial pueden ser las condiciones de saturación finales de una simulación previa.

Después de las etapas de tiempo iniciales donde el fluido no humectante se obliga a través de la muestra, diversas combinaciones de fluidos humectantes y no humectantes se fuerzan a través de la muestra como se describe arriba y se muestra en los bloques (15), (16), (21), (22), (18), (19), (20), (24), (23), y (25) en la Figura 7. El índice para acción de control de retroalimentación, q , se reajusta hasta 1 (26). Para realizar la simulación con la nueva combinación de fluido humectante y no humectante, nuevos valores para la fracción de fluido humectante, F_n , y la fracción de fluido no humectante, F_n , puede seleccionarse de la lista de combinaciones de fluido pre-definidas (29).

29