



CSA674082



Delegatura de Propiedad Industrial

División de Nuevas Creaciones

Organización y
Digitalización CSA Ltda

PCT

SOLICITUD

PATENTE DE INVENCION

09-120922

21. EXPEDIENTE No.

54. TÍTULO ABARATO, SISTEMA Y METODO PARA DETERMINAR LA COLOCACION VERTICAL DE UN FLUIDO INYECTADO

51. CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL E21B 47/10; E21B 43/26

71. SOLICITANTE SCHLUMBERGER TECHNOLOGY B.V.

DOMICILIO LA HAYA, HOLANDA

74. APODERADO GERMAN CASTILLO GRAU

22. BOGOTÁ, D. C.,

PETITORIO



Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 09-120922- -00000-0000

Fecha: 2009-10-27 16:25:17 Dep. 2020 NUECREACION
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 379 FASENACIONALII
Act. 411 PRESENTACION Folios: 49

le radicación

FORMULARIO ÚNICO DE SOLICITUD DE PATENTES

PCT

ENTRADA EN FASE NACIONAL

SOLICITUD DE:

1

☒ Patente de Invención

☐ Patente de Modelo de Utilidad

☐ Capítulo I

☒ Capítulo II

2

SOLICITANTE

Nombre: **SCHLUMBERGER TECHNOLOGY B.V.**
Dirección: **Parkstraat 83-89**
Nacionalidad o Domicilio: **La Haya, Holanda**
Lugar de Constitución: **Holanda**
Teléfono: Fax:
E- mail:

IDENTIFICACIÓN

☐ C.C. ☐ NIT
☐ C.E. ☐ Otro

Cúal

Número

3

REPRESENTANTE O APODERADO

Nombre: **GERMAN CASTILLO GRAU**
Dirección: **Carrera 13 No. 37 - 43 Piso 12**
Teléfono: **285 7460** Fax: **285 9267**
E- mail: **info@castillograu.com**

IDENTIFICACIÓN

☒ C.C. ☐ NIT
☐ C.E. ☐ Otro

Cúal

Número

17.017.671

TP 2.978

de Bogotá

del C.S.J

4

INVENTOR (ES)

(72)

Nombre: **Xiaowei Weng**
Dirección: **22318 David's Crest Court**
Nacionalidad o Domicilio: **Katy, Estado de Texas, E.U.A.**

5

PCT (86)

Solicitud Internacional No. PCT/IB2008/051007 Fecha Marzo 17, 2008
Solicitud Internacional No. WO 2008/117198 A1 Fecha Octubre 2, 2008

6

Título (54)

APARATO, SISTEMA Y MÉTODO PARA DETERMINAR LA COLOCACIÓN VERTICAL DE UN FLUIDO INYECTADO

7

Clasificación Internacional (51)

E21B 47/10; E21B 43/26

8

Prioridad

☒ SI ☐ NO

(33) País de Origen

(32) Fecha

(31) Número de Solicitud

E.U.A.

Marzo 28, 2007

11/692,339

9

Comprobante de pago No.

Fecha

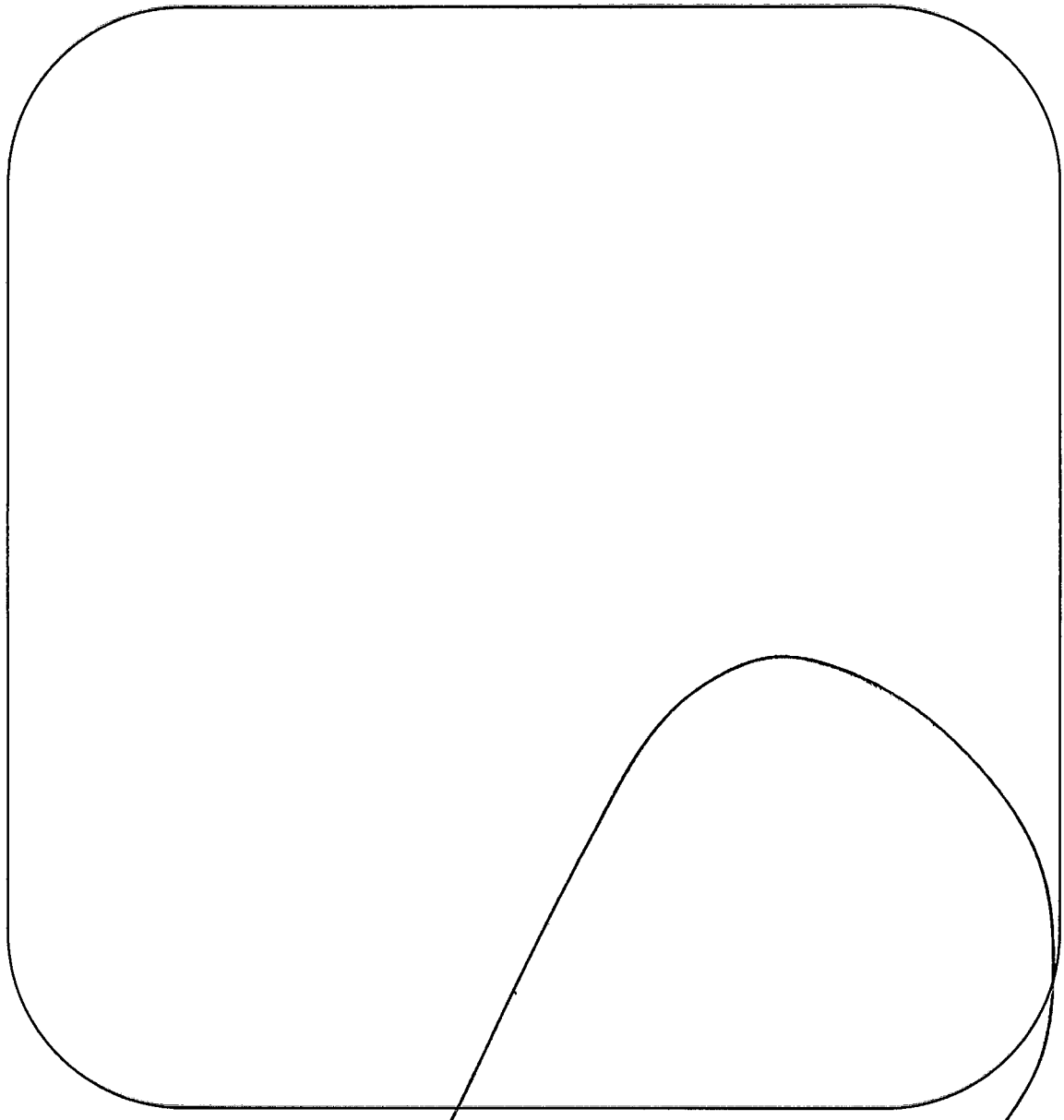
81,787

W

10 Anexos

- ☒ Comprobante de pago de la tasa de presentación de la solicitud.
- ☒ Documento que acredita la existencia y representación legal cuando el solicitante sea persona jurídica.
- ☒ Poderes, si fuere el caso. **copia auténtica**
- ☐ Documento de cesión del inventor al solicitante o a su causante.
- ☒ Traducción de la solicitud internacional al castellano (Resumen, descripción, reivindicaciones, dibujos)
- ☐ Copia del examen preliminar internacional efectuado por la Autoridad Internacional de Examen preliminar (IPEA)
- ☐ Traducción de examen preliminar internacional efectuado por la (IPEA)
- ☐ De ser el caso, copia del contrato de acceso.
- ☐ De ser el caso, documento que acredite la licencia o autorización de uso de conocimientos tradicionales de las comunidades indígenas.
- ☐ De ser el caso, certificado de depósito del material biológico
- ☒ Arte final 12x12.
- ☐ De ser el caso, información sobre otras solicitudes de patente o títulos obtenidos en el extranjero por el mismo titular o su causante, relacionadas parcial o totalmente con la invención de esta solicitud.
- ☐ De ser el caso, modificaciones efectuadas a la solicitud internacional.
- ☐ Otros

11 FIGURA CARACTERÍSTICA:



12 Solicito la concesión de la patente,

NOMBRE: GERMAN CASTILLO GRAU

FIRMA: [Handwritten Signature]

C.C. 17.017.671 de Bogotá TP 2.978 del C.S.J.

3

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 09-120922- -00000-0000

Fecha: 2009-10-27 16:25:17 Dep. 2020 NUECREACIONE
Tra. 11 PATENTE IYII Eve: 379 FASENACIONAL II
Act. 411 PRESENTACION Folios: 49

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 800176089-2

RECIBO OFICIAL DE CAJA : 09 - 80,881
FECHA : OCTUBRE 27 DE 2009

***** CONSIGNACION *****

DEPOSITANTE	TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	Vr. PAGO
CASTILLO GRAU Y ASOCIADOS	CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	121054883	27/10/2009	6,378,000.00

***** CONCEPTO *****

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	TOTAL CONCEPTO
1	50005-01-01 SOLICITUDES	1 TRAMITES DE SOL. DE PATENTE DE IN	540,000.00
		TOTAL :	\$ 540,000.00

SON: QUINIENTOS CUARENTA MIL PESOS

RESPONSABLE :

RECIBO DE CAJA APLICADO AL EXPEDIENTE No. _____



CONSULADO DE COLOMBIA

El suscrito Cónsul de Colombia (E) en La Haya, Holanda,
vistos los documentos presentados por los interesados,

CERTIFICA:

Que el Señor **A.J. VAN DER LINDEN**, quien como Notario Público de La Haya, Países Bajos, autenticó la firma del signatario del poder precedente, ejercía en la fecha las funciones indicadas, y su firma corresponde a la registrada en este Consulado.

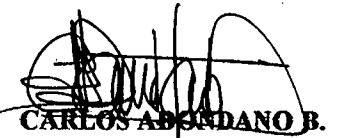
Que la Compañía **SCHLUMBERGER TECHNOLOGY B.V.** es una Sociedad constituida de acuerdo con las leyes de los Países Bajos, cumple su objeto conforme a las mismas y se halla registrada en la Cámara de Comercio y Fábricas de La Haya, Haaglanden, bajo el número **27101455**,

Que el Señor **Abraham Rutger VERBURG**, signatario del presente documento, quien en su carácter de Director de la Empresa **SCHLUMBERGER TECHNOLOGY B.V.** tiene facultad para ello y cuya firma fue autenticada ante el Notario Público de La Haya, el Señor **A.J. VAN DER LINDEN**, es el representante legal de la citada Empresa en este país.

El Cónsul de Colombia (E) en La Haya, Países Bajos, no asume responsabilidad alguna por el contenido del documento.

Esta certificación se expide en La Haya, Países Bajos, a los veintisiete (27) días del mes de Octubre de dos mil (2000).

Impuesto de Timbre US\$ 7.00.
Derechos Consulares US\$ 100.00
Costo Total Pagado US\$ 107.00
Certificación No. 263


CARLOS ABONDANO B.
CONSUL DE COLOMBIA (E)
LA HAYA



MINISTERIO DE RELACIONES
EXTERIORES

468464

Carlo Anderson
CUYA FIRMA APODECE EN EL
DOCUMENTO QUE SEMPENA
LAS FUNCIONES INDICADAS

NO SE ASUME
RESPONSABILIDAD DEL FIRMANTE

2009 NOV -9 A 11:03

JEFE DE LEGALIZACIONES
SANTAFE DE BOGOTA D.C.



FOR PATENTS AND TRADE MARKS IN
COLOMBIA

PODER GENERAL

GENERAL POWER OF ATTORNEY

(1) **SCHLUMBERGER TECHNOLOGY B.V.**

(1) **SCHLUMBERGER TECHNOLOGY B.V.**

1 Applicant's name

domiciliado en (2) **La Haya, Holanda**

domiciled in (2) **PARKSTRAAT 83-89**

2514 V.G. THE HAGUE

THE NETHERLANDS

2 Applicant's Address

nombra al Dr. (3) German Castillo Grau y/o Adriana Castillo Gibsone y/o Luis Felipe Castillo Gibsone.

hereby appoint Dr. (3) German Castillo Grau and/or Adriana Castillo Gibsone and/or Luis Felipe Castillo Gibsone

Leave blank

con oficinas en la Carrera 13 No. 37 -43 Piso 12 en Bogotá, Colombia como sus representantes con poder especial amplio y suficiente, para recabar de las oficinas y autoridades Colombianas, administrativas, judiciales o de policía, en primera o segunda instancia, la obtención de Patentes de Invención, Registro de Marcas, de Modelos y de Dibujos Industriales, de Nombres Comerciales y Enseñas, lo mismo que trasposos, extensiones, renovaciones, cambios de nombre, registro de licencias de explotación y registro de licencias de uso referentes a tales actuaciones, a cuyo efecto les faculta para dar ante dichas autoridades todos los pasos necesarios al objeto indicado, elevar solicitudes, formular descripciones, enmiendas, protestas, declaraciones, apelaciones y reclamos, solicitar la aplicación de medidas cautelares, aceptar en nuestro nombre y representación la Cesión de derechos de invención y de patente de invención que se nos haga por cualquier persona, abonar todos los impuestos, cuotas y pagos determinados por la ley, recibir todos los documentos y valores dando el descargo respectivo, llenar cualesquiera otros requisitos, desistir y tomar en fin todas las medidas que creyeren conducentes al resguardo de nuestros intereses y en caso de presentarse oposiciones para que intervengan como demandantes o como demandados, con todas las demás facultades legales necesarias. Este poder comprende además las facultades de recibir, desistir, transigir, comprometer, sustituir, revocar sustituciones, recibir notificaciones y nombrar apoderados judiciales o extra-judiciales.

With offices at Carrera 13 No. 37 -43 Piso 12 en Bogotá, Colombia as our representatives with special, ample and sufficient power to obtain from the offices and Colombian authorities, administrative, judicial and police, in first or in second instance, Patents of Invention, registration of trade Marks, of Models and Industrial Drawings, of Commercial Names and ensigns, as well as assignments, extensions, renewals, changes of name, registration of licences of exploitation and of licences of use referring to said actions who are empowered to take before said authorities all of the necessary steps for the purposes indicated, to file applications, to formulate descriptions, corrections, protests, declarations, appeals and claims, apply for precautionary measures, to accept on our behalf and representation the assignment of rights of invention and titles of invention that may be done to us by any person, to pay all taxes, quotas and payments prescribed by law, to receive all the documents and proceeds giving the respective acquittance or receipt; to fulfill any other requisites to desist and take in fact any other measures that may be deemed conducive to the safeguard of our interests, and in case oppositions are presented to intervene as complainant and defendant, with all necessary legal faculties. This power of attorney includes the faculties to receive, desist, compromise, transact, substitute it in all or in part, to revoke substitutions, to receive notifications and to appoint extra-judicial or judicial attorneys.

4 Date

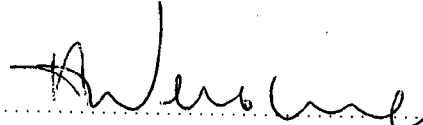
5 Applicant's signature

The applicant's signature must be attested by a Notary Public through the NOTARIAL CERTIFICATE: in the "(Individual)", when the signer is a natural person; and in the "(Corporations)", when is a legal one. The Notary's signature must then be legalized by a Colombian Consular Officer.

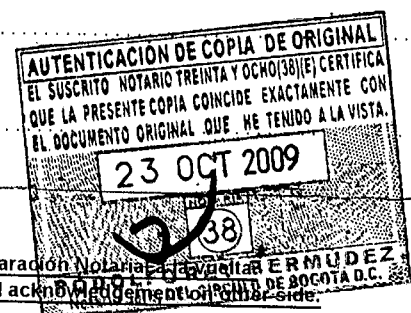
La firma del solicitante debe ser atestada por un Notario Público por medio de la DECLARACION NOTARIAL: en la "(Individual)", cuando el firmante es una persona natural; y en la de "(Sociedades)", cuando es una persona jurídica. La firma del notario deberá ser legalizada por el Consulado Colombiano.

Dado y firmado en (4) **Octubre 2, 2000**

Given and signed in (4) **2 October 2000**

(5) 

Corporate Seal to be affixed



DECLARACION NOTARIAL

(Individual)

A los, días del mes. de 19. comparecí. personalmente ante mí, Notario Público.

a quien(es) doy fé de conocer y me consta que es (son) la(s) persona(s) descritas y firmante(s) del documento que precede, declarando ante mí que otorga(n) el mismo para los fines y propósitos que en él se expresan.

El Notario Público,

NOTARIAL CERTIFICATE

(Individual)

On this, day of, personally appeared before me, a Notary Public,

to me known, and known to me be the person(s) described in and who executed the foregoing document, and he (they) duly acknowledged to me that he (they) executed same for the uses and purposes therein expressed.

Notary Public

(Sociedades)

El infrascrito Notario Certifica: que la firma que antecede y dice. Abraham Rutger Verburg

es auténtica; que el signatario desempeña actualmente el cargo de Director Gerente de SCHLUMBERGER TECHNOLOGY B.V.

que tiene facultad para otorgar este poder; y que dicha compañía está domiciliada en La Haya, Holanda y actualmete existe y está organizada de acuerdo a las leyes de Holanda

Todos los hechos anteriores le constan por haber examinado los documentos respectivos y de todo ello da fé.

Dado y firmado en La Haya, Holanda

El Notario Público

(Corporations)

The undersigned Notary Public certifies; that the preceding signature reading Abraham Rutger Verburg

is authentic; that the signor at present fills the post of Managing director

of Schlumberger Technology B.V.

and that he is empowered to grant this power; and that said company is domiciled in

The Hague, The Netherlands

and actually exists and is organized in accordance with the laws of The Netherlands

all the foregoing facts are known to the Notary due to his having examined the respetive documents to which he, the Notary attests

Granted and signed in The Hague, The Netherlands

Notary Public

(Con legalización Consular)

(With Consular legalization)





Gezien voor legalisatie der handtekening
van Mr. A.J. van der Linden
door Ons President van de Arrondissements-
rechtbank te 's-Gravenhage, de

10 OKT. 2000

A.H.M.



Gezien voor legalisatie van de handtekening
van mr. A.H. van Delden
President van de Arrondissementsrechtbank te Den Haag
's-Gravenhage
De Minister van Justitie,
namens de minister,
hoofd van de directie Bedrijfsvoering en Ondersteuning
Bestuursdepartement,
voor deze,

10 OKT. 2000

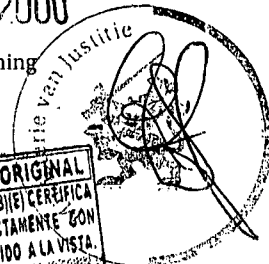
Gezien voor legalisatie van de handtekening
van dhr/mw P.N.A. de Raad

's-Gravenhage,

10 OKT 2000

De Minister van
Buitenlandse Zaken
voor deze,

I.S. Userinkhuijsen
mw I.S. Userinkhuijsen



CORNELIO NIEMAN TRADUCTOR OFICIAL RESOLUCION 5455, NOV5,82

TRADUCCION OFICIAL
DE LEGALIZACIONES
DEL HOLANDES AL INGLES
PERTENECIENTES A DOCUMENTOS DE SCHLUMBERGER TECHNOLOGY B.V.

Visto para legalización de la firma de Mr. A.J. van der Linden
por Presidente de la Corte del Distrito de La Haya
el 09 OCT 2000
lleva firma y sello

Visto para legalización de mr. A.H. van Delden
Presidente de la Corte del Distrito La Haya
El Ministro de Justicia, en nombre del Ministro,
Jefe de la dirección Manejo y Apoyo
Departamento Administrativo
para el, firma y sello 10 oct 2000

Visto para legalización de la firma de PNA de Raad
La Haya 10 oct 2000
El Ministro de Relaciones Exteriores para el,
firma Sra I.S. IJserinkhuijsen
fl 20,=

Lleva Certificación Consul de Colombia en La Haya Holanda
de fecha 27 Octubre 2000 firmado por Carlos ABONDANO B
con no. 263 sello seco

Lleva sello Ministerio de Relaciones Exteriores, Jefe
Legalizaciones, Bogotá de fecha 2000 NOV 9 con no. 468464
firmado



MINISTERIO DE RELACIONES
EXTERIORES

132579

Cornelio Nieman

CUYA FIRMA APARECE EN EL
DOCUMENTO DESEMPEÑA
LAS FUNCIONES INDICADAS

8

APARATO, SISTEMA, Y MÉTODO PARA DETERMINAR LA COLOCACIÓN VERTICAL DE UN FLUIDO INYECTADO

CAMPO DE LA INVENCION

[0001] La presente invención se relaciona con la inyección de fluidos dentro de una perforación, y más particularmente, con la determinación en tiempo real de la colocación vertical del fluido en el lecho sedimentario que rodea a la perforación.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

[0002] Determinar la colocación del un fluido de un fluido inyectado en un pozo supone un desafío desde hace largo tiempo en los yacimientos petroleros y otras industrias relacionadas con pozos. Cuando se inyecta un fluido dentro de un pozo, la intención es que el fluido fluya dentro de una región deseada como un lecho sedimentario rocoso en particular. Sin embargo, se presentan numerosos retos tanto para la colocación como para la determinación de la colocación del fluido inyectado.

[0003] Por ejemplo, el fluido se puede comunicar con lechos sedimentarios por fuera de la región deseada fluyendo por detrás de una vaina de cemento imperfecta alrededor de una revestimiento de perforación o por la creación de una fractura, la cual puede crecer a través del lecho sedimentario, haciendo que el fluido fluya hacia una zona no deseada. Permitir la entrada de fluido dentro de regiones externas a la región deseada es indeseable por varias razones. Primero, el fluido que ingresa en zonas por fuera de la región deseada no cumple las metas de la inyección y se desperdicia. Segundo, el fluido inyectado dentro de regiones situadas por fuera de la región deseada puede causar una comunicación con otras zonas de un pozo y causar un detrimento a la producción de la región deseada. Por último, el fluido inyectado dentro de regiones situadas por fuera de la región deseada puede violar una obligación del operador bien sea contractual, ambiental, o otras disposiciones legales.

[0004] Varios métodos para determinar la colocación vertical de un fluido inyectado dentro de una perforación son conocidos del estado de la técnica.

Dos métodos frecuentes son la perfilación radioactiva y la perfilación de temperatura. Ninguno de los dos métodos se puede llevar a cabo en tiempo real mientras que se está inyectando el fluido, sino que ambos métodos de determinación requieren hacer descender una herramienta por la perforación después de terminar el trabajo de inyección. Además, ninguno de estos métodos puede detectar la desviación de la perforación desde el plano de fractura y, por tanto, los dos métodos pueden subestimar en grado significativo la verdadera altura de la fractura sin arrojar ninguna retroalimentación de que ha tenido lugar la desviación. Además, la perfilación radioactiva exige la manipulación de trazadores radioactivos, con los consiguientes problemas ambientales, regulatorios y de manejo asociados.

[0005] Otros métodos para determinar la colocación del fluido incluyen prospecciones de inclinometría y cartografía microsísmica. Estas técnicas se pueden usar durante un evento de inyección de fluido. Sin embargo, estas técnicas tienen importantes limitaciones. Requieren el uso de un pozo excéntrico vecino que tiene que cerrarse durante las pruebas. No todo pozo tiene un excéntrico cercano, y los cortes de producción casi siempre son indeseables. Además, la prospección de inclinometría mide pequeñas desviaciones del pozo excéntrico debidas a esfuerzos de roca, y es mejor para tratamientos de fractura y no para otros tipos de inyección que pueden no inducir una fractura o esfuerzos significativos en el lecho sedimentario sujeto a inyección. La cartografía microsísmica requiere de eventos microsísmicos para detectar la altura de la fractura. En capas limítrofes que pueden experimentar bajo escape de fluido, los eventos microsísmicos pueden ser demasiado pequeños para medirlos, y hacer que la cartografía microsísmica determine la altura de la fractura de forma inexacta

[0006] Un método para estimar la altura de la fractura es una prueba de eficiencia del fluido en la cual se lleva a cabo una inyección pre-fractura, y un cable de fibra óptica dispuesto dentro de la perforación revisa la temperatura frente a un perfil de profundidad. La colocación del un fluido durante el bombeo pre-fractura se usa para estimar la altura de la fractura. Sin embargo, este método sólo puede detectar la altura de la fractura creada durante la prueba misma, lo cual generalmente usa un volumen de fluido mucho más reducido que el tratamiento real de fractura lo cual da lugar a una altura significativamente menor de la fractura. El agente de sostén y otros aditivos que

10

se usan durante el tratamiento de fractura introducen adicional flujo hidrostático y fricción en los orificios de perforación que cambian los esfuerzos sobre el lecho sedimentario y la vaina de cemento por detrás del revestimiento. Ninguno de estos efectos se puede modelar bien para la prueba de eficiencia del fluido. Además, el método de prueba de eficiencia del fluido no detecta desviación de la perforación desde el plano de fractura y por tanto puede subestimar en grado significativo la verdadera altura de la fractura sin arrojar retroalimentación de que una se ha presentado una desviación de la perforación – fractura. Este método también introduce fluido adicional dentro de un lecho sedimentario y por ello introduce aumentos de costo y tiempo, y causa daños a la permeabilidad del lecho sedimentario. Por último, la prueba de eficiencia del fluido no puede determinar la altura real de la fractura cuando se hace el tratamiento de fractura, ni informar de una respuesta en tiempo real del crecimiento de la altura.

[0007] Resulta evidente que existe la necesidad de un aparato, sistema, y método para determinar la colocación vertical dentro de un lecho sedimentario de un fluido inyectado dentro de una perforación. Tales aparato, sistema, y método no requerirían del uso de un pozo excéntrico, arrojarían información sobre la colocación vertical en tiempo real mientras que se inyecta el fluido, y no introducirían ningún fluido extra dentro del lecho sedimentario.

[0008] También sería deseable que tales aparato, sistema, y método arrojaran un indicador de que se ha presentado una desviación del plano de fractura en una perforación, y que la indicación de la colocación vertical puede no ser de fiar a causa de la desviación. Según esto, la presente invención ha sido desarrollada para proporcionar tales aparato, sistema, y método para determinar la colocación vertical de un fluido inyectado dentro de un lecho sedimentario que superan todos o la mayoría de las imperfecciones de los métodos convencionales.

RESUMEN DE LA INVENCION

[0009] La invención proporciona un método para determinar la colocación vertical de un fluido inyectado al proporcionar una pluralidad de detectores de temperatura, en donde cada uno de entre la pluralidad de detectores de temperatura está configurado para proporcionar un estimativo de temperatura

en una profundidad aproximadamente conocida de una perforación; proporcionar un aislante térmico configurado para aislar térmicamente la pluralidad de detectores de temperatura desde un conducto de inyección a través de una zona de interés en un lecho sedimentario; inyectar un fluido a través del conducto de inyección dentro de una zona de inyección en el lecho sedimentario; y determinar la extensión vertical del fluido inyectado en el lecho sedimentario a través de la zona de interés con base en el estimativo de temperatura para cada detector de temperatura.

[0010] En una modalidad, el método incluye detectar una desviación de la fractura-perforación cuando un indicador de fractura más alta y un indicador de fractura más baja exhiben una respuesta de temperatura más angosta que por lo menos un indicador central de fractura.

[0011] En una modalidad, el método incluye detectar una desviación de la fractura-perforación cuando un primer indicador de fractura aparece sobre un primer lado de la perforación en la ubicación más alta observada de la fractura, y un segundo indicador de fractura aparece sobre un segundo lado de la perforación en la ubicación más baja observada de la fractura.

[0012] En otra modalidad, los detectores de temperatura comprenden un cable de fibra óptica dispuesto a través de la zona de interés disponiendo helicoidalmente el cable de fibra óptica en la perforación, disponiendo helicoidalmente el cable de fibra óptica en la perforación con un número configurable de vueltas por distancia axial de la perforación, y/o disponiendo el cable de fibra óptica dentro de una pluralidad de agrupaciones de zigzag en donde las agrupaciones avanzan helicoidalmente alrededor de la perforación.

[0013] En otra modalidad, el método incluye monitorear la extensión vertical del fluido de inyección, y ajustar un parámetro de inyección con base en la extensión vertical. El parámetro de inyección comprende un elemento seleccionado de entre el grupo compuesto por la viscosidad de un fluido de inyección, la tasa de bombeo de un fluido de inyección, y la concentración del agente de sostén en un fluido de inyección. En una modalidad, el método incluye calibrar un modelo de propagación de fractura con base en la extensión vertical del fluido inyectado, en donde la calibración del modelo de propagación de fractura comprende ajustar por lo menos un parámetro del modelo para hacer corresponder la altura de la fractura modelada con la extensión vertical del fluido inyectado. Cada parámetro del modelo se selecciona de entre la lista

compuesta por un gradiente de fractura del lecho sedimentario, un módulo de Young del lecho sedimentario, un coeficiente de escape de fluido, y un estimativo de la viscosidad del fluido.

[0014] La invención también proporciona un aparato para determinar la colocación vertical del fluido inyectado incluida una pluralidad de detectores de temperatura, en donde cada uno de la pluralidad de detectores de temperatura se dispone en una profundidad aproximadamente conocida y en un ángulo radial aproximadamente conocido, dentro de una perforación y un aislante térmico interpuesto entre un conducto de inyección y la pluralidad de detectores de temperatura a través de una zona de interés en un lecho sedimentario. En una modalidad, la pluralidad de detectores de temperatura puede ser una pluralidad de segmentos axiales de un cable de fibra óptica dispuesto dentro de la perforación.

[0015] El aparato además incluye una bomba configurada para inyectar un fluido a través del conducto de inyección dentro de una zona de inyección en el lecho sedimentario, un módulo de determinación de temperatura configurado para interpretar por lo menos una señal de la pluralidad de detectores de temperatura, y para determinar un estimativo de temperatura para cada detector de temperatura; y un módulo de colocación de fluido configurado para determinar la extensión vertical del fluido inyectado a través de la zona de interés con base en el estimativo de temperatura para cada detector de temperatura.

[0016] En una modalidad, la pluralidad de detectores de temperatura puede ser una pluralidad de segmentos axiales de un cable de fibra óptica, el cual cable de fibra óptica se encuentra dispuesto dentro de la perforación. El cable de fibra óptica puede estar dispuesto helicoidalmente en la perforación con un número configurable de vueltas por distancia axial en la perforación, y/o disponiendo el cable de fibra óptica dentro de una pluralidad de agrupaciones de zigzag en donde las agrupaciones avanzan helicoidalmente alrededor de la perforación.

[0017] El módulo de determinación de temperatura interpreta por lo menos una señal de la pluralidad de detectores de temperatura, y determina un estimativo de temperatura para cada detector de temperatura. El módulo de colocación de fluido determina la extensión vertical del fluido inyectado a través de la zona de interés con base en el estimativo de temperatura para cada detector de temperatura.

13

[0018] En otra modalidad, el aparato además puede incluir un módulo de desviación de fractura. El módulo de desviación de fractura detecta una desviación de la fractura-perforación con base en el estimativo de temperatura para cada detector de temperatura, y con base en las profundidades aproximadamente conocidas y los ángulos radiales aproximadamente conocidos de la pluralidad de detectores de temperatura. En una modalidad, el módulo de desviación de fractura está configurado para detectar la desviación de la fractura-perforación con base en un primer indicador de fractura que se presenta a un lado de la perforación, y un segundo indicador de fractura que se presenta en el lado opuesto de la perforación, con el primer indicador de fractura en la parte superior de una región observada y el segundo indicador de fractura en la parte inferior de una región observada.

[0019] La invención además proporciona un sistema para prestar un servicio para determinar la colocación vertical de un fluido inyectado. El sistema incluye una unidad de tubería enrollada compuesta por una cabeza de inyector y una sarta de tubería enrollada, una fibra óptica dispuesta dentro de la sarta de tubería enrollada. El sistema además incluye un conducto de inyección dispuesto dentro de una perforación, y un ensamblaje de fondo de pozo (BHA) compuesto por una pluralidad de puertos cruzados. Los puertos cruzados guían el fluido inyectado desde el exterior de la sarta de tubería enrollada hasta un conducto interior del BHA, y los puertos guían la fibra óptica desde el interior de la sarta de tubería enrollada hasta el exterior del BHA. El BHA además comprende una capa de aislamiento interpuesta entre el conducto interior del BHA y la fibra óptica a través de una zona de interés en un lecho sedimentario. En una modalidad, el sistema además incluye una unidad de bombeo que tiene acceso a una fuente de fluido de inyección, la cual unidad de bombeo está acoplada de forma fluida al conducto de inyección.

[0020] El sistema además incluye un controlador que incluye módulos configurados para ejecutar funcionalmente la determinación de la colocación vertical del fluido inyectado. El controlador incluye un módulo de determinación de temperatura y un módulo de colocación de fluido. El aparato además puede incluir un módulo de desviación de fractura, un módulo de conversión de localización, y un módulo de modificación de inyección. El módulo de conversión de localización convierte las localizaciones axiales a lo largo del cable de fibra óptica en profundidades correspondientes en la perforación, y

ángulos radiales correspondientes. El módulo de modificación de inyección monitorea la extensión vertical del fluido inyectado, y ajusta los parámetros de la inyección con base en la extensión vertical del fluido inyectado. El parámetro de inyección comprende por lo menos uno de entre la viscosidad de un fluido de inyección, la tasa de bombeo de un fluido de inyección, y la concentración del agente de sostén en un fluido de inyección.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0021] La Figura 1 ilustra una modalidad de un sistema para determinar una colocación vertical de un fluido inyectado de conformidad con la presente invención;

[0022] La Figura 2 ilustra una modalidad de un aparato para determinar la colocación vertical de fluido inyectado en un lecho sedimentario;

[0023] La Figura 3 es una ilustración de un controlador de conformidad con la presente invención;

[0024] La Figura 4 es una ilustración de una modalidad de un cable de fibra óptica con un número configurable de vueltas por distancia de perforación axial de conformidad con la presente invención;

[0025] La Figura 5 es una ilustración de una modalidad de un cable de fibra óptica con agrupaciones de zigzag que avanzan helicoidalmente alrededor de la perforación de conformidad con la presente invención;

[0026] La Figura 6A es una ilustración de una modalidad de agrupaciones de zigzag que avanzan helicoidalmente alrededor de la perforación de conformidad con la presente invención;

[0027] La Figura 6B es una ilustración de una modalidad de detectores de temperatura y ángulos radiales correspondientes de conformidad con la presente invención;

[0028] La Figura 7 es una ilustración de una desviación de la fractura-perforación de conformidad con la presente invención; y

[0029] La Figura 8 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra una modalidad de un método para determinar la colocación vertical de fluido inyectado de conformidad con la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

[0030] Muchas de las unidades funcionales que se describen en esta especificación han sido diseñadas como módulos, con el fin de hacer más énfasis en su independencia a la hora de la puesta en marcha. Por ejemplo, un módulo se puede llevar a la práctica como un circuito de hardware compuesto por circuitos VLSI o arreglos de puerta personalizados, semiconductores producidos en masa como chips de procesamiento, transistores u otros componentes separados. Un módulo también se puede llevar a la práctica en dispositivos de hardware programable como arreglos de puerta de campo programables, arreglos de procesamiento programables, dispositivos de procesamiento programables, o similares.

[0031] Los módulos también se pueden llevar a la práctica a manera de software para ser ejecutado por diversos tipos de procesadores. Un módulo identificado de código ejecutable puede, por ejemplo, comprender uno o más bloques físicos o lógicos de instrucciones de computador los cuales, por ejemplo, se pueden organizar como un objeto, procedimiento o función. No obstante, los ejecutables de un módulo identificado no tienen que estar físicamente situados juntos, sino que pueden comprender instrucciones dispares almacenadas en diferentes localizaciones las cuales, cuando se unen lógicamente, comprenden el módulo y logran el objetivo establecido para el módulo. Los módulos puestos en marcha como software para ejecución se instrumentan como un programa legible para un computador con un medio legible para un computador y por tanto se encarnan en un medio tangible.

[0032] En efecto, un módulo de código ejecutable puede ser una única instrucción, o muchas instrucciones, e incluso puede estar distribuido sobre varios segmentos de código diferentes, entre programas diferentes, y a través de varios dispositivos de memoria. De manera similar, los datos operacionales se pueden identificar y se ilustran aquí dentro de módulos, y pueden adoptar cualquier forma adecuada y organizarse en cualquier tipo de estructura de datos adecuada. Los datos operacionales se pueden recoger como un único conjunto de datos, o se pueden distribuir sobre diferentes localizaciones incluidos diversos dispositivos de almacenamiento, y pueden existir, por lo menos en parte, apenas como señales electrónicas sobre un sistema o red.

[0033] La referencia a un medio portador de señal puede adoptar cualquier forma capaz de generar una señal, hacer que se genere una señal, o causar la ejecución de un programa de instrucciones legibles para una máquina en un

aparatado de procesamiento digital. Un medio portador de señal puede estar encarnado en una línea de transmisión, un disco compacto, disco de video digital, una cinta magnética, una disquetera de Bernoulli, un disco magnético, una tarjeta perforada, una memoria de destello, circuitos integrados, u otro dispositivo de memoria o aparato de procesamiento digital.

[0034] Además, los rasgos, estructuras, o características descritas de la invención se pueden combinar de cualquier forma adecuada en una o más modalidades. En la siguiente descripción se dan numerosos detalles específicos, como ejemplos de programación, módulos de software, selecciones de usuario, transacciones de red, búsquedas de base de datos, estructuras de bases de datos, módulos de hardware, circuitos de hardware, chips de hardware, etc., para llegar a un entendimiento minucioso de las modalidades de la invención. La persona medianamente versada en la materia técnica correspondiente reconocerá, sin embargo, que la invención se puede llevar a la práctica sin uno o más de los detalles específicos, o con otros métodos, componentes, materiales, etc. En otros casos, estructuras, materiales u operaciones bien conocidos no se muestran o describen en detalle para evitar oscurecer aspectos de la invención.

[0035] La Figura 1 ilustra una modalidad de un sistema 100 para determinar una colocación vertical de un fluido inyectado de conformidad con la presente invención. La Figura 1 es un diagrama esquemático y no muestra los aspectos de la modalidad del sistema 100 en escala. El sistema 100 incluye una unidad de tubería enrollada 102 compuesta por una cabeza de inyector 104 y una sarta de tubería enrollada 106. El sistema 100 incluye una fibra óptica 108 dispuesta dentro de la sarta de tubería enrollada 106. En una modalidad, la sarta de tubería enrollada 106 corre dentro de un conducto de inyección que puede ser una sarta de tubería 110 dentro de una perforación 112. La perforación 112 puede ser un pozo dispuesto dentro de un lecho sedimentario 114. En un ejemplo, la perforación 112 es un pozo perforado a través de una zona de inyección 114A, y el pozo tiene un revestimiento 116 fraguado con cemento 118. El sistema 100 incluye un punto de inyección 138, el cual puede comprender perforaciones 138 que permiten la comunicación fluida entre el pozo y la zona de inyección 114A. El pozo puede ser un pozo productor de hidrocarburos, un pozo de disposición de desechos, un pozo de inyección de agua y/o cualquier otro tipo de pozo conocido del estado de la técnica.

A

[0036] El sistema 100 además incluye un ensamblaje de fondo de pozo (BHA) 122 que puede colgar de la sarta de tubería enrollada 106. El BHA 122 tiene puertos cruzados 124 de manera que el fluido inyectado 126 atraviesa desde el exterior de la sarta de tubería enrollada 106 hasta un conducto interior 128 del BHA 122. En una modalidad, el fluido inyectado 126 comienza en un anillo 130 entre la sarta de tubería enrollada 106, y la sarta de tubería 110, en donde el conducto de inyección comprende la sarta de tubería 110 y el BHA el conducto interior 128. Los puertos cruzados 124 también permiten que la fibra óptica 108 atraviese desde el interior de la sarta de tubería enrollada 106 hasta el exterior del BHA 122. La fibra óptica 108 puede ser un cable de fibra óptica adecuado para el ambiente de temperatura y presión de la perforación 112, y puede incluir enchapado y/o una vaina protectora para proteger el cable en donde se requiera como, por ejemplo, en el punto en donde la fibra óptica 108 pasa desde el interior de la sarta de tubería enrollada 106, a través de uno de los puertos cruzados 124, y hasta el exterior del BHA 122.

[0037] La configuración del sistema de inyección 100 es tan sólo un ejemplo, y son posibles otras configuraciones. Por ejemplo, y sin limitación, el fluido inyectado 126 puede ser bombeado directamente a través de la sarta de tubería enrollada 106. En una modalidad, el fluido inyectado 126 y el cable de fibra óptica 108 se encuentran dispuestos dentro de la sarta de tubería enrollada 106, y el cable de fibra óptica 108 atraviesa desde el interior de la sarta de tubería enrollada 106 hasta el exterior del BHA 122 a través de un puerto cruzado 124. Son posibles otros arreglos de configuraciones de inyección y fácilmente entendibles por la persona medianamente versada en la técnica.

[0038] El BHA 122 además incluye una capa de aislamiento 132 interpuesta entre el conducto de inyección 110, 128 y la fibra óptica 108 a través de una zona de interés en el lecho sedimentario 114. Por ejemplo, en la modalidad de la Figura 1, la capa de aislamiento 132 está dispuesta sobre el área desde el tope de un punto de inyección de fluido 138 dentro de una capa límite 114C, y la zona de interés comprende el área desde el tope de un punto de inyección de fluido 138 dentro de una capa límite 114C para determinar si el fluido inyectado 126 fluye dentro de la capa límite 114C. La capa de aislamiento 132 puede ser cualquier material aislante conocido del estado de la técnica que proporcione baja conductividad térmica y que soporte el ambiente de

18

temperatura y presión de la perforación 112. La capa de aislamiento 132 aísla térmicamente la fibra óptica 108 desde el conducto de inyección 110, 128.

[0039] La fibra óptica 108 no tiene que detectar la temperatura real del lecho sedimentario 114 por fuera de la perforación 112, sino que apenas necesita una respuesta térmica del lecho sedimentario 114 que es más fuerte que la respuesta térmica del fluido inyectado 126. En consecuencia, si bien la más baja conductividad térmica de la capa de aislamiento 132 va a mejorar la confiabilidad y el tiempo de respuesta para determinar la extensión vertical 134 de un fluido inyectado 126 dentro del lecho sedimentario 114, el aislamiento térmico sólo requiere que la conductividad térmica de la capa de aislamiento 132 sea más baja que la conductividad térmica de los materiales situados entre el lecho sedimentario 114 y la fibra óptica 108. En una modalidad, los materiales situados entre el lecho sedimentario 114 y la fibra óptica 108 comprenden un fluido de perforación de pozo, un revestimiento 116 y una capa de cemento 118.

[0040] El sistema 100 además comprende un controlador 136 configurado para determinar la colocación vertical del fluido inyectado 126, o la extensión vertical 134 del fluido inyectado 126 dentro del lecho sedimentario 114. La extensión vertical 134 que se muestra en la Figura 1 concuerda con una fractura que tiene un perfil de media longitud 135 a un lado de la perforación 112 como se muestra. La media longitud que se muestra en la Figura 1 es sólo para efectos de ilustración, ya que la extensión vertical del perfil de la fractura 135 es la principal característica de interés. El cable de fibra óptica 108 detecta diferencias de temperatura desde el trasfondo de la extensión vertical 134, ya que la extensión vertical 134 es el área en donde el fluido inyectado 126 se encuentra presente, y el cable de fibra óptica 108 está térmicamente aislado del conducto del fluido 110, 128 y por tanto detecta la diferencia de temperatura debido al fluido inyectado 126 en el lecho sedimentario 114.

[0041] El controlador 136 incluye módulos configurados para ejecutar funcionalmente las etapas para determinar la extensión vertical 134 del fluido inyectado 126 dentro de la zona de interés. El controlador 136 incluye un módulo de determinación de temperatura, un módulo de conversión de localización y un módulo de colocación de fluido. El controlador además puede incluir un módulo de modificación de inyección y un módulo de desviación de fractura.

[0042] El módulo de determinación de temperatura, en una modalidad, interpreta por lo menos una señal del cable de fibra óptica, y determina un estimativo de temperatura para cada una de entre una pluralidad de localizaciones axiales a lo largo del cable de fibra óptica. El módulo de conversión de localización convierte las localizaciones axiales a lo largo del cable de fibra óptica a una pluralidad de profundidades aproximadas correspondientes en la perforación, y a una pluralidad de ángulos radiales aproximados correspondientes. Los ángulos radiales se pueden definir como un ángulo radial relativo, por ejemplo el ángulo que existe entre la medición de temperatura número "65" y la medición de temperatura número "66" o como un ángulo radial absoluto, por ejemplo como un ángulo acimutal.

[0043] El módulo de colocación de fluido determina la extensión vertical 134 del fluido inyectado 126 a través de la zona de interés con base en el estimativo de temperatura para cada localización axial, y con base en la profundidad correspondiente en la perforación y el ángulo radial para cada una de las localizaciones axiales. El módulo de desviación de fractura detecta una desviación de la fractura-perforación con base en el estimativo de temperatura para cada localización axial, y con base en la profundidad correspondiente en la perforación y el ángulo radial para cada una de las localizaciones axiales. El módulo de modificación de inyección monitorea la extensión vertical del fluido inyectado, y ajusta un parámetro de inyección con base en la extensión vertical del fluido inyectado. El parámetro de inyección comprende por lo menos un elemento seleccionado de entre el grupo compuesto por la viscosidad de un fluido de inyección, la tasa de bombeo de un fluido de inyección y la concentración del agente de sostén en un fluido de inyección. En una modalidad, el sistema 100 incluye una unidad de bombeo 140 que tiene acceso a una fuente de fluido de inyección 142, y está acoplada de forma fluida al conducto de inyección 110, 128.

[0044] La Figura 2 ilustra una modalidad de un aparato 200 para determinar la colocación vertical de fluido inyectado 126 en una zona de interés. El aparato 200 incluye una pluralidad de detectores de temperatura 202 en donde cada uno de los detectores de temperatura 202 se dispone en una profundidad aproximadamente conocida y en un ángulo radial aproximadamente conocido dentro de una perforación 112.

[0045] La profundidad sólo se tiene que conocer aproximadamente, y la precisión requerida es una función de los requisitos de una modalidad dada del aparato 200. Si una zona de inyección 114A y una capa límite 114B son gruesas, y el costo asociado con la extensión vertical 134 de un fluido inyectado 126 crece continuamente (es decir, que cada incremento de extensión vertical 134 causa un incremento del costo), entonces la resolución para la profundidad de la perforación 112 puede ser grosera. Por ejemplo, si una zona de inyección 114A tiene una capa límite 114B de 50 metros, y el costo que se asocia con superar la capa límite es una función únicamente del costo del exceso de fluido bombeado dentro de las capas no necesarias, entonces una resolución gruesa de la profundidad de tal vez 5 metros es aceptable. Si una zona de inyección 114A tiene una capa límite 114B de 5 metros, y el costo asociado con la superación de la capa límite es discontinuo, por ejemplo, hay que pagar una multa si se excede la capa límite (p.ej. una fractura que crece a través de 114B hacia dentro de 114C), entonces está indicada una resolución más fina de tal vez menos de 1 metro. Se trata de un paso mecánico para que la persona medianamente versada en la técnica determine la resolución de la profundidad indicada para una modalidad dada del aparato 200 con base en la información del costo y la capa límite para una modalidad dada del aparato 200, principios básicos de economía en ingeniería, y las revelaciones de este documento.

[0046] El ángulo radial representa la dirección del detector de temperatura 202 en la perforación 112, bien sea en sentido relativo o absoluto (ver la descripción que se refiere a la Figura 1). El ángulo radial sólo se tiene que conocer aproximadamente, y la precisión requerida (o resolución) es una función de los requisitos de una modalidad dada del aparato 200. Por ejemplo, en donde el acimut de una fractura inducida en el lecho sedimentario 114 se conoce de antemano, y en donde el acimut del ángulo radial es conocido (es decir, el ángulo radial es absoluto), entonces una resolución de 180 grados es suficiente. Cuando no se conoce la información sobre el acimut de la fractura inducida, y cuando no hay información acimutal disponible sobre el ángulo radial (es decir, el ángulo radial es relativo), una resolución de 120 grados suele ser suficiente.

[0047] En una modalidad en la cual el aparato 200 no está configurado para detectar una desviación de la fractura-perforación, el ángulo radial de cada detector de temperatura 202 no requiere de precisión, pero los detectores de

temperatura 202 de todas maneras se tienen que distribuir en varios ángulos radiales alrededor de la perforación 112 (es decir, resoluciones de ángulo radial mayores de 180 grados o ángulos esencialmente aleatorios) a fin de asegurarse de que algunos de los detectores de temperatura 202 intersecan el área del lecho sedimentario 114 en donde fluido inyectado 126 fluye. En una modalidad, los detectores de temperatura 202 no tienen que estar distribuidos alrededor de la perforación 112 en donde el fluido inyectado 126 se espera que fluya dentro del lecho sedimentario 114 en flujo radial verdadero (es decir, que no existe anisotropía de la permeabilidad, y que no se induce fractura), y/o que el acimut de una fractura es conocido y que los detectores de temperatura 202 están dispuestos dentro de la perforación 112 para intersectar la fractura inducida. Se trata de un paso mecánico para la persona medianamente versada en la técnica determinar la resolución del ángulo radial requerido para un aparato dado 200 con base en la información conocida para una aplicación programada de una modalidad dada del aparato 200 y las revelaciones del presente documento.

[0048] En la modalidad de la Figura 2, el conducto de inyección comprende una sarta de tubería 110. En otras modalidades, el conducto de inyección 110 puede comprender una sarta de tubería enrollada, un revestimiento 116, o un anillo de revestimiento entre el revestimiento 116 y una sarta de tubería. El aparato 200 además incluye un aislante térmico 132 interpuesto entre el conducto de inyección 110 y la pluralidad de detectores de temperatura 202 a través de una zona de interés en el lecho sedimentario. El aislante térmico 132 puede ser una pared de tubería aislada (que no se muestra), un revestimiento y capa de cemento 116, 118, o una vaina de material aislante 132. En donde la capa de aislamiento térmico 132 comprende un revestimiento y una capa de cemento 116, 118, la cual capa de cemento 118 puede comprender un cemento de conductividad térmica relativamente baja como un cemento espumoso. Los detectores térmicos 202 pueden comprender un cable de fibra óptica 108 situado dentro de la capa de cemento 118 en una posición más cercana a la cara del lecho sedimentario 114 que al interior de la perforación 112. Una vaina de material aislante 132 se puede fijar a una sarta de tubería 110, al interior del revestimiento 116, o a cualquier otra porción del aparato 200 en donde la vaina de material aislante 132 va a estar interpuesta entre el conducto de inyección 110 y la pluralidad de detectores de temperatura 202.

[0049] La pluralidad de detectores térmicos 202 puede comprender una pluralidad de transductores de temperatura 202 dispuestos dentro de la perforación 112 en suficiente cantidad y posición adecuada para alcanzar la resolución del ángulo radial y la resolución de la profundidad de la perforación 112 determinada para una modalidad dada del aparato 200. En una modalidad, la pluralidad de detectores térmicos 202 comprende una pluralidad de segmentos axiales de un cable de fibra óptica 108 dispuestos dentro de la perforación 112. El cable de fibra óptica 108 proporciona una pluralidad de lecturas de temperatura, cada lectura correspondiente a un segmento axial en donde cada segmento axial es un detector térmico, 202. El cable de fibra óptica 108 puede estar envuelto helicoidalmente alrededor de por lo menos una porción del aislante térmico 132. La configuración del cable de fibra óptica 108, por ejemplo el número de vueltas del cable de fibra óptica 108 por unidad de profundidad de perforación 112, resulta aparente para la persona medianamente versada en la técnica con base en las revelaciones del presente documento.

[0050] Por ejemplo, un aparato 200 puede tener un requisito de ángulo radial de 180 grados, un requisito de resolución de profundidad de aproximadamente 1 metro, y un cable de fibra óptica 108 con una resolución de detección de una lectura de temperatura por metro axial del cable de fibra óptica 108. En el ejemplo, el cable de fibra óptica 108 deberá por tanto tener una vuelta del cable de fibra óptica 108 por cada 2 metros de profundidad de la perforación 112. En el ejemplo, el aparato 200 arroja una lectura de temperatura en promedio por cada 180 grados de perforación 112, y arroja, suponiendo una capa de aislamiento 132 de 11,4 cm (4,5 pulgadas) diámetro externo, cerca de 1,02 lecturas de temperatura por cada metro de profundidad de la perforación 112, o cerca del requisito de resolución de la profundidad de la perforación 112.

[0051] En una modalidad, el cable de fibra óptica 108 puede estar dispuesto dentro de la perforación 112 a través de una zona de interés, en una configuración helicoidal, una configuración helicoidal con un número configurable de vueltas por distancia axial de la perforación 112 (ver la descripción a que se refiere la Figura 4), y/o con una pluralidad de agrupaciones en donde las agrupaciones avanzan helicoidalmente alrededor de la perforación (ver la descripción a que se refiere la Figura 5). Cada una de las agrupaciones comprende una longitud axial especificada del cable de fibra óptica 108

3

dispuesto dentro de un barrido definido del ángulo axial (menor o igual al requisito del ángulo radial) y la profundidad de la perforación 112 (menor o igual al requisito de resolución de la profundidad de la perforación). La zona de interés comprende cualquier área dentro del lecho sedimentario 114 en donde la extensión vertical 134 del fluido inyectado 126 debe ser monitoreada. Por ejemplo, la zona de interés puede comprender la zona de inyección 114A y una capa limítrofe 114B.

[0052] La selección de la configuración de un cable de fibra óptica 108 es una función de la resolución requerida de la profundidad y la resolución radial de un aparato dado 200, el radio de doblado a largo plazo permitido por un cable dado de fibra óptica 108, y la resolución axial para lecturas de temperatura de un cable dado de fibra óptica 108. Cables de fibra óptica con radio de doblado a largo plazo 108 de cerca de 17 mm están disponibles como parte comercial estándar, y las resoluciones axiales para lecturas de temperatura de cerca de 1 metro son estándar, en tanto que las resoluciones axiales menores de 1 metro están disponible cuando el costo lo justifique. La presente invención es independiente de la manifestación física de los detectores de temperatura 202, y los sistemas de mayor o menor capacidad que los que se enumeran aquí están contemplados dentro del alcance de la invención. Sin embargo, las especificaciones estándar arriba enumeradas son suficientes para que la persona medianamente versada en la técnica diseñe un aparato 200 para cualquier aplicación de perforación estándar 112 con base en las configuraciones de cable de fibra óptica 108 y otras revelaciones hechas en el presente documento.

[0053] En una modalidad, los detectores de temperatura 202 comprenden una pluralidad de segmentos axiales de un cable de fibra óptica 108 que continúa por debajo de un punto de inyección de fluido 138 como se ilustra en la modalidad de la Figura 2. El cable de fibra óptica 108 puede tener una capa protectora y/o configuración alternativa cuando atraviesa el punto de inyección de fluido 138 para evitar que se dañe el cable de fibra óptica 108 con el fluido inyectado 126. En una modalidad, cada detector de temperatura 202 comprende un segmento axial del cable de fibra óptica 108 aproximadamente igual a la longitud de la resolución axial del cable de fibra óptica 108. Por ejemplo, el cable de fibra óptica 108 puede tener una resolución axial de 1

24

metro, y cada detector de temperatura 202 puede comprender un segmento axial de 1 metro del cable de fibra óptica 108.

[0054] El aparato 200 además comprende una bomba 140 configurada para inyectar un fluido a través del conducto de inyección 110 dentro de una zona de inyección 114A del lecho sedimentario 114. La bomba 140 puede ser una bomba para inyectar fluido dentro del lecho sedimentario para desecho, mantenimiento de la presión, y similares. En una modalidad, la bomba 140 puede estar configurada para inyectar fluido dentro del lecho sedimentario 114 a una presión suficiente para fracturar hidráulicamente el lecho sedimentario 114.

[0055] El aparato 200 además incluye una pluralidad de módulos configurados para ejecutar funcionalmente la determinación de la extensión vertical 134 del fluido inyectado 126 en la zona de interés con base en la temperatura indicada por cada uno de los detectores de temperatura 202. Los módulos pueden estar incluidos en un controlador 136 que puede hacer parte de uno o más computadores. El aparato 200 incluye un módulo de determinación de temperatura, y un módulo de colocación de fluido. En una modalidad, el aparato 200 además incluye un módulo de desviación de fractura.

[0056] La Figura 3 es una ilustración de un controlador 136 de conformidad con la presente invención. El controlador 136 incluye un módulo de determinación de temperatura 302 que interpreta por lo menos una señal 306 de entre la pluralidad de detectores de temperatura 202, y determina las temperaturas 304 indicadas por cada detector de temperatura 202. En una modalidad, el módulo de determinación de temperatura 302 acepta una señal de dispersión de luz 306 de un cable de fibra óptica 108, y determina una pluralidad de temperaturas 304, cada una de las cuales temperaturas 304 corresponde a una localización axial a lo largo del cable de fibra óptica 108. En otra modalidad, el módulo de determinación de temperatura 302 lee señales eléctricas 306 de una pluralidad de transductores de temperatura dispuestos dentro de la perforación 112, e interpreta las señales eléctricas 306 como lecturas de temperatura 304. El módulo de determinación de temperatura 302 puede leer una señal 306 en un enlace de transmisión de datos o red para interpretar la pluralidad de temperaturas 304.

[0057] El controlador 136 puede incluir un módulo de conversión de localización 308 configurado para convertir las localizaciones axiales a lo largo del cable de

17

fibra óptica 108 a profundidades aproximadas correspondientes 310 en la perforación 112, y a ángulos radiales aproximados correspondientes 312. Los ángulos radiales 312 pueden ser ángulos radiales relativos y/o ángulos radiales absolutos.

[0058] En una modalidad, el módulo de conversión de localización 308 almacena una descripción de la longitud axial a lo largo del cable de fibra óptica 108 con los valores correspondientes de profundidad de la perforación 310 y ángulo radial 312. En una modalidad alternativa, el módulo de conversión de localización 308 se refiere a la descripción 314 de la configuración del cable de fibra óptica 108 y determina los valores de la profundidad de la perforación 310 y el ángulo radial 312 para una longitud axial dada a lo largo del cable de fibra óptica 108 de acuerdo con la descripción de la configuración del cable de fibra óptica 108. Por ejemplo, la descripción 314 puede incluir una función matemática con un compuesto de variables que describe la posición del cable de fibra óptica 108 como "50 metros vertical, siguientes 50 metros 5 giros por metro en el sentido de las manecillas del reloj sobre una superficie de 12 centímetros de DE", y similares. Los datos se pueden almacenar en un formato tabular estandarizado. Se trata de un paso mecánico para la persona medianamente versada en la técnica establecer convenciones de almacenamiento de datos y calcular los valores de profundidad de la perforación 310 y ángulo radial 312 para posiciones axiales sobre un cable de fibra óptica 108 dada una descripción matemática de la configuración del cable de fibra óptica 108 en una perforación 112.

[0059] En una modalidad, el módulo de conversión de localización 308 comprende información almacenada, como una tabla de búsqueda, para dar los valores correspondientes de profundidad de la perforación 310 y ángulo radial 312 para cada detector de temperatura 202. En una modalidad, el aparato 200 usa una pluralidad de transductores de temperatura 202, y almacena los valores de profundidad de la perforación 310 y ángulo radial 312 correspondientes a cada uno de los transductores 202. En una modalidad alternativa, el aparato 200 usa un cable de fibra óptica 108 y almacena los valores de profundidad de la perforación 310 y ángulo radial 312 para longitudes axiales predefinidas a lo largo del cable de fibra óptica 108.

[0060] El controlador 136 incluye un módulo de colocación de fluido 315 que determina la extensión vertical 134 del fluido inyectado 126 a través de la zona

26

de interés con base en los estimativos de temperatura 304 para cada detector de temperatura 202. En una modalidad, el módulo de colocación de fluido 315 determina la extensión vertical 134 del fluido inyectado 126 en la zona de interés con base en la pluralidad de temperaturas 304, y los valores correspondientes de profundidad de la perforación 310 y ángulo radial 312 para cada una de las temperaturas 304. La zona de interés incluye los segmentos del lecho sedimentario 114 en donde los detectores de temperatura 202 se encuentran presentes, y aislados térmicamente del conducto de inyección 110, 128. El módulo de colocación de fluido 315 puede ignorar temperaturas 304 para detectores de temperatura 202 que no están aislados térmicamente del conducto del fluido de inyección 110, 128, por ejemplo, el módulo de colocación de fluido 315 puede ignorar temperaturas 304 de un cable de fibra óptica 108 para porciones del cable de fibra óptica 108 que se encuentran por encima de una capa de aislamiento 132.

[0061] El controlador 136 además puede incluir un módulo de desviación de fractura 316. El módulo de desviación de fractura 316 detecta una desviación de la fractura-perforación 318 con base en las temperaturas 304 indicadas por cada uno de los detectores de temperatura 202 y las profundidades 310 y ángulos radiales 312 aproximadamente conocidos. El módulo de desviación de fractura 316 puede determinar la desviación de la fractura-perforación 318 con base en un primer indicador de fractura 320 que tiene lugar sobre un primer lado 322 de la perforación, y un segundo indicador de fractura 324 que tiene lugar sobre un lado opuesto 328 de la perforación, en donde el primer indicador de fractura 320 tiene lugar en el tope de una región de inyección observada 330, y el segundo indicador de fractura 324 tiene lugar en la parte inferior de la región de inyección observada 330. Ver en la sección referida a la Figura 7 la ilustración geométrica del módulo de desviación de fractura 316 para determinar una desviación de la fractura-perforación 318.

[0062] En una modalidad, la fractura intersecta al primer detector de temperatura 202 en la parte superior de la región de inyección observada 330 a un lado 322 de la perforación 112, y la fractura intersecta un segundo detector de temperatura 202 en la parte inferior de la región de inyección observada 330 sobre un segundo lado 328 de la perforación 112 que es diferente del primer lado, pero no opuesto al primer lado. Ver en la sección que se refiere a la Figura 7 la descripción del módulo de desviación de fractura 316 para determinar la

28

desviación de la fractura-perforación 318 en donde el primero y el segundo lados no son opuestos. Cuando se encuentra presente una desviación de fractura-perforación 318, el controlador 136 puede establecer una bandera de control u otro indicio de que la extensión vertical 134 observada de un fluido inyectado 126 puede no reflejar la verdadera extensión vertical 134 de un fluido inyectado 126.

[0063] La región de inyección observada 330 comprende el conjunto de todas las temperaturas 304 que muestran respuesta de temperatura a un fluido inyectado 126. En una modalidad, los detectores térmicos 202 comprenden segmentos axiales de un cable de fibra óptica 108 envueltos helicoidalmente alrededor de por lo menos una porción del aislante térmico 132. Cuando una fractura intersecta la perforación 112 pero tiene una desviación con respecto a la perforación 112, la fractura puede intersectar un detector de temperatura 202 en la parte superior de la región de inyección observada 330 a un lado de la perforación 112, y la fractura puede intersectar un segundo detector de temperatura 202 en la parte inferior de la región de inyección observada 330 en un lado opuesto de la perforación 112.

[0064] En una modalidad, la región de inyección observada 330 tiene un indicador de fractura más alto 320 y un indicador de fractura más bajo 324. Cuando una fractura se encuentra en la región de la perforación 112, la fractura se comunica alrededor de un lado de la perforación 112. Cuando los detectores de temperatura 202 comprenden un cable de fibra óptica 108 envuelto helicoidalmente alrededor de la perforación 112, el cable de fibra óptica 108 mostrará una respuesta amplia de temperatura a la fractura en la medida en que cerca de 180 grados, o la mitad de una vuelta helicoidal, están expuestos al área enfriada de la fractura. Cuando la fractura abandona la región de la perforación 112, el cable de fibra óptica 108 mostrará una respuesta de temperatura más estrecha a la fractura en la medida en que menos de 180 grados están expuestos al área enfriada de la fractura. En una modalidad, el módulo de desviación de fractura 316 detecta una desviación de la fractura-perforación 318 cuando un indicador de fractura más alta 320 y un indicador de fractura más baja 324 exhiben una respuesta de temperatura más angosta que por lo menos un indicador central de fractura (que no se muestra) entre los indicadores de fractura más alto 320 y más bajo 324.

2b

[0065] El controlador 136 además puede incluir un módulo de modificación de inyección 332 que monitorea la extensión vertical 134 del fluido inyectado 126. El módulo de modificación de inyección 332 ajusta un parámetro de inyección 334 con base en la extensión vertical 134 del fluido inyectado 126. El parámetro de inyección 334 puede ser la viscosidad de un fluido inyectado, tasa de bombeo y/o concentración del agente de sostén. Por ejemplo, la extensión vertical 134 del fluido inyectado 126 puede indicar que está teniendo lugar un crecimiento excesivo de la altura de la fractura, y el módulo de modificación de inyección 332 puede reducir la viscosidad del fluido inyectado y/o reducir la tasa de bombeo del fluido inyectado para reducir el crecimiento de la altura de la fractura. El módulo de modificación de inyección 332 puede incluir un operador que ajusta los parámetros de inyección 334, se puede comunicar con un operador que ajusta los parámetros de inyección 334, y/o puede ajustar automáticamente los parámetros de inyección 334 a través de accionadores en comunicación con el controlador 136.

[0066] Se conocen varios métodos para reducir la viscosidad del fluido de un fluido de fractura en tiempo real en el estado de la técnica, pero pueden incluir sin limitación: mezclar dos pesos diferentes de gel base prehidratado para que se correspondan con un comando de viscosidad (p.ej., cambiar la proporción de mezcla a 30-lb/1000-gal (13,6 kg/37,8 hL) y a 50-lb/1000-gal (22,7 kg/37,8 hL) de gel guar), utilizando un gel de hidratación rápida y cambiando el peso del gel en tiempo real, mezclando un surfactante viscoelástico (VES) en una concentración más baja como fluido de fractura, cambiando un esquema de reticulador polimérico y/o disruptor para un fluido de fractura, y similares. Todos los métodos conocidos para cambiar la viscosidad de un fluido de fractura en tiempo real están contemplados dentro del alcance de la presente invención.

[0067] En una modalidad, el módulo de modificación de inyección 332 ajusta la concentración del agente de sostén, es decir, la cantidad de arena u otro agente de sostén por unidad de fluido de fractura (por ejemplo, medido en "libras por galón") en suspensión con un fluido de fractura con base en la extensión vertical 134. Por ejemplo, el crecimiento excesivo de la altura de una fractura puede indicar que va a tener lugar un efecto de cernido (screen-out) a causa de los posibles aumentos drásticos de pérdida de fluido, y/o puede indicar que un tratamiento de fractura debe terminarse si la inducción de una fractura indeseada dentro de zonas no productivas (p.ej. 114B, 114C) hace que el

tratamiento deje de ser rentable. En consecuencia, en una modalidad, una concentración del agente de sostén se reduce, o la adición del agente de sostén se suspende por completo, cuando el módulo de modificación de inyección 332 detecta un crecimiento excesivo de la altura de la fractura. La disminución de la concentración del agente de sostén reduce la cantidad de agente de sostén que queda en la perforación 112 si el tratamiento tiene que terminarse, por ejemplo debido a presiones excesivas inducidas por el efecto de cernido (screen-out).

[0068] En una modalidad, una concentración del agente de sostén se aumenta en respuesta al crecimiento excesivo de la altura de manera que cuando el tratamiento se suspende, la concentración final del agente de sostén que ingresa en el lecho sedimentario 114 es alta, creando una fractura de alta conductividad cerca de la perforación 112. La selección de las modificaciones adecuadas de los parámetros de inyección 334 supone pasos mecánicos para la persona medianamente versada en la técnica para un aparato dado 200 con base en la zona de inyección 114A permeabilidad, constreñimientos económicos para una aplicación en particular, y las revelaciones del presente documento. Por ejemplo, una zona de inyección 114A de alta permeabilidad para un pozo de alta prioridad puede indicar un aumento de la concentración del agente de sostén en respuesta a una gran extensión vertical 134, porque los costos de limpieza del agente de sostén en la perforación 112 pueden no ser tan importantes como alcanzar altas concentraciones del agente de sostén en la fractura cerca de la perforación 112.

[0069] El controlador 136 puede incluir un módulo de calibración 336 que calibra un modelo de propagación de fractura 338 con base en la extensión vertical 134 del fluido inyectado 126. En una modalidad, el módulo de calibración 336 ajusta un gradiente de fractura del lecho sedimentario, un módulo de Young del lecho sedimentario, un coeficiente de escape de fluido, y/o un estimativo de la viscosidad del fluido para corresponderse con la altura modelada de la fractura 340 a la extensión vertical 134. El gradiente de fractura del lecho sedimentario y el módulo de Young pueden ser los parámetros para cualquier zona 114A-114D del lecho sedimentario involucrada con el tratamiento de fractura. El módulo de calibración 336 puede ser un código de software que opera en un computador, y/o un operador que monitorea un tratamiento de fractura y ajusta los parámetros para que se correspondan con la altura de la fractura 340 modelada a la extensión vertical 134.

20

[0070] La Figura 4 es una ilustración 400 de una modalidad de un cable de fibra óptica 108 con un número configurable de vueltas por distancia axial de la perforación 112 de conformidad con la presente invención. La Figura 4 es apenas una ilustración esquemática, y no tiene por finalidad mostrar escala o características innecesarias de la modalidad. En una modalidad, el cable de fibra óptica 108 está configurado con más vueltas helicoidales en áreas de la perforación 112 en donde es deseable una mayor resolución de temperatura. Por ejemplo, el cable de fibra óptica 108 puede tener relativamente pocas vueltas 402 a través de un área del lecho sedimentario 114 en donde se espera el crecimiento de la fractura y no es motivo de preocupación (p.ej. la zona de inyección 114A) y más vueltas 404 a través de un área del lecho sedimentario en donde hay una barrera presente (p.ej. una capa limítrofe 114B) y es deseable tener un conocimiento detallado del crecimiento de la fractura a través de la barrera. En una modalidad, un número configurable de vueltas puede comprender una sección vertical (que no se muestra) del cable de fibra óptica 108, la cual puede ser descrita como cero vueltas helicoidales por distancia axial de la perforación 112.

[0071] La Figura 5 es una ilustración de una modalidad de un cable de fibra óptica 108 con agrupaciones de zigzag que avanzan helicoidalmente alrededor de la perforación 112 de conformidad con la presente invención. Un problema que surge con los recuentos altos de giros helicoidales es que un segmento axial compuesto por un detector de temperatura 202 en el cable de fibra óptica 108 puede tener una longitud axial suficiente para que el valor de temperatura 304 no se mida dentro del barrido requerido del ángulo axial (ver la descripción que se refiere a las Figuras 1 y 2). Por ejemplo, en una modalidad en la cual el barrido requerido del ángulo axial es de 120 grados, una longitud axial del cable 108 igual a la resolución axial de la temperatura del cable de fibra óptica 108, y con la resolución deseada de la profundidad de la perforación puede tomar más de 120 grados radiales, y el controlador 136 puede tener dificultad para resolver el ángulo radial 312 de un valor dado de temperatura 304.

[0072] En una modalidad, una mayor resolución axial radial y de la perforación se puede alcanzar usando agrupaciones, por ejemplo, agrupaciones de zigzag 502A, 502B, 502C. Cada agrupación de zigzag 502 A, 502B, 502C avanza helicoidalmente alrededor de la perforación 112. Aunque las agrupaciones de zigzag 502 A, 502B, 502C ilustradas en la modalidad de la Figura 5 avanzan en

21

ángulos radiales 312 secuenciales alrededor de la perforación 112, por ejemplo a 0, 90, 180, 270 grados, las agrupaciones no tienen que proceder secuencialmente, sino sólo de manera que el módulo de conversión de localización 308 pueda determinar el ángulo radial 312 de cada detector de temperatura 202 (es decir, cada segmento de longitud axial del cable de fibra óptica 108). Por ejemplo, en una modalidad, las agrupaciones secuenciales pueden presentarse a 0, 270, 180, y 90 grados con lo cual le dan a las agrupaciones adyacentes una mayor diferencia de ángulo radial y un contraste de temperatura potencialmente mayor.

[0073] Las agrupaciones de zigzag 502 A, 502B, 502C proporcionan la longitud requerida del cable de fibra óptica 108 conforme a la resolución axial del sistema de detección temperatura del cable de fibra óptica 108, a la vez que mantienen la medición dentro de un barrido de ángulo radial 312 suficiente para resolver la lectura de temperatura 304 como tiene lugar en un ángulo específico. Por ejemplo, una agrupación de zigzag para un cable de fibra óptica 108 con un radio de doblado a largo plazo de 17 mm sobre la superficie de una capa de aislamiento de 11,4 cm 132 (4,5 pulgadas) puede poner 1 metro de cable de fibra óptica 108 dentro de un barrido de 120 grados de ángulo radial con alrededor de 8 zigzags, sobre una longitud axial de la perforación 112 de cerca de 27 cm. La configuración del ejemplo permite así una resolución de 120 grados del ángulo radial con 4 mediciones de temperatura 304 por metro de longitud axial de la perforación 112.

[0074] Aunque las agrupaciones de zigzag 502 A, 502B, 502C se ilustran para dar un ejemplo de confinación de una longitud axial dada del cable de fibra óptica 108 dentro de una profundidad de la perforación y barrido del ángulo axial dados, otras configuraciones de agrupación estarán claras para la persona medianamente versada en la técnica y se contemplan dentro del alcance de la presente invención. Por ejemplo, y sin limitación, se pueden usar agrupaciones en espiral (que no se muestra) con base en el radio de doblado a largo plazo del cable de fibra óptica 108 disponible, y los requisitos de barrido del ángulo axial y resolución de la profundidad de la perforación. Los detectores de temperatura 202 pueden entonces comprender segmentos axiales de un cable de fibra óptica 108 configurado como una pluralidad de agrupaciones, cada agrupación estando compuesta por una longitud axial especificada del cable de fibra óptica 108 dispuesto dentro de un barrido del ángulo axial y profundidad de

37

la perforación definidos, en donde la pluralidad de agrupaciones avanzan helicoidalmente alrededor de la perforación.

[0075] En otro ejemplo, un cable de fibra óptica 108 corre dentro de una perforación 112 por fuera del revestimiento 116 en la capa de cemento 118. En el ejemplo, suponiendo que las vueltas helicoidales del cable de fibra óptica tienen lugar sobre un equivalente de un cilindro de 18 cm (7 pulgadas), una agrupación de zigzag para un cable de fibra óptica 108 con un radio de doblado a largo plazo de 17 mm puede poner un metro de cable de fibra óptica 108 dentro de 120 grados de ángulo radial 312 con cerca de cinco zigzags, sobre una longitud axial de la perforación 112 de cerca de 17 cm. La ejemplo configuración del otro ejemplo así pues permite una resolución de 120 grados del ángulo radial con casi seis mediciones de temperatura 304 por metro de longitud axial de la perforación 112.

[0076] Un cable con radio de doblado menor de 17 mm, y un cable de fibra óptica 108 con resolución superior a un metro para la medición de temperatura, se encuentran disponibles comercialmente. Un cable de fibra óptica 108 de resolución más alta puede reducir o eliminar el uso de agrupaciones de zigzag incluso cuando sean deseables tasas de vuelta helicoidal altas. Se trata de un paso mecánico para la persona medianamente versada en la técnica implementar agrupaciones de zigzag 502 con un cable de fibra óptica 108. Por ejemplo, un cable de fibra óptica 108 puede ser puesto en la perforación 112 dispuesto dentro de un marco (que no se muestra), o dispuesto dentro de un surco articulado sobre la capa de aislamiento 132.

[0077] La Figura 6A es una ilustración de una modalidad de agrupaciones de zigzag 502A, 502B, 502C que avanzan helicoidalmente alrededor de la perforación 112 de conformidad con la presente invención. En referencia a la Figura 6B, la Figura 6B es una ilustración de una modalidad de detectores de temperatura 202 y ángulos radiales correspondientes 602 A, 602B, 602C de conformidad con la presente invención. La Figura 6B concuerda con una ilustración en vista superior de la Figura 6A, en donde los detectores de temperatura 202 son agrupaciones de zigzag 502A, 502B, 502C. El detector de temperatura 502A se muestra en un ángulo radial 602A, el cual puede ser un ángulo radial 312 absoluto o relativo. Por ejemplo, el ángulo radial 602A se puede usar como un ángulo inicial de cero grados, y el ángulo radial 602B se puede medir a partir de 602A. En una modalidad, los valores acimutales de los

33

ángulos radiales 602A, 602B, 602C pueden ser conocidos, y los ángulos radiales 602A, 602B, 602C se pueden medir a partir de un ángulo de referencia definido como cero grados.

[0078] Los ángulos radiales 602A, 602B, 602C para detectores de temperatura 202 se muestran como agrupaciones de zigzag 502A, 502B, 502C de un cable de fibra óptica 108. Los detectores de temperatura 202 pueden ser cualesquiera detectores conocidos del estado de la técnica, incluidos termistores, termopares, y segmentos axiales de un cable de fibra óptica 108 con base en la resolución axial del cable de fibra óptica 108. En una modalidad, los detectores de temperatura 202 comprenden segmentos axiales de un cable de fibra óptica 108 envuelto helicoidalmente alrededor de la perforación 112, y el ángulo radial 312 de cada detector de temperatura 202 comprende el ángulo radial promedio de un segmento axial del cable de fibra óptica 108 con base en la configuración del cable de fibra óptica 108 dentro de la perforación 112.

[0079] La Figura 7 es una ilustración de una desviación de la fractura-perforación 318 de conformidad con la presente invención. Un perfil nominal de temperatura 702 se muestra sobre la Figura 7, con valores de temperatura 304, cada uno de los cuales valores de temperatura 304 tiene una profundidad de la perforación 310 y un ángulo radial 312 correspondientes. Los detalles del perfil nominal de temperatura 702 varían de acuerdo a los detectores de temperatura 202 utilizados, incluidas la colocación, configuración y resolución de los detectores 202. En la modalidad que se ilustra en la Figura 7, los detectores de temperatura 202 comprenden segmentos axiales de un cable de fibra óptica 108 envueltos helicoidalmente alrededor de la perforación 112 en la vaina de cemento 118 como se muestra.

[0080] Una fractura 704 intercepta la perforación 112 en el punto de inyección de fluido 138 en donde la fractura 704 es inducida por el fluido inyectado 126. La fractura 704 tiene dos alas (perpendicular a la Figura 7, que no se muestran), y las alas de la fractura 704 se comunican a través de la perforación 112 por detrás de la vaina de cemento 118. La fractura 704 tiene una región superior de contacto 706 y una región inferior de contacto 708 en donde las alas de la fractura 704 se encuentran en comunicación fluida. El cable de fibra óptica 108 leerá una respuesta de temperatura 304 debida a un fluido inyectado 126 en las regiones de contacto 706, 708.

24

[0081] En una modalidad, un primer indicador de fractura 320 tiene lugar en el tope de una región de inyección observada 330 con base en al primer detector de temperatura 202 que detecta una fractura 704, en donde el módulo de determinación de temperatura 302 evalúa desde el tope hacia abajo. En una modalidad, un segundo indicador de fractura 324 tiene lugar en el fondo de la región de inyección observada 330 con base en el primer indicador de temperatura 202 que detecta la fractura 704, en donde el módulo de determinación de temperatura 302 evalúa desde al fondo hacia arriba. En una modalidad, el primer indicador de fractura 320 tiene lugar en un lado opuesto al segundo indicador de fractura 324.

[0082] Por ejemplo, en la ilustración de la Figura 7, haciendo referencia al perfil nominal de temperatura 702, el primer indicador de fractura 320 tiene lugar en un ángulo radial relativo 312 de alrededor de cero grados, y el segundo indicador de fractura 324 tiene lugar en un ángulo radial relativo 312 de alrededor de 180 grados. Conforme la fractura 704 abandona el área de la perforación 112, por ejemplo como se muestra en las profundidades de la perforación para 320 y 324, cada señal de temperatura 304 se tornará más estrecha que las señales de temperatura previas en donde un cable de fibra óptica 108 se utiliza porque un intervalo axial más pequeño del cable 108 está expuesto a la región de contacto 706, 708. Por ejemplo, el valor de temperatura 326 se muestra como una señal más grande que el primer indicador de fractura 320 del ejemplo de la Figura 7. Por consiguiente, en una modalidad, el módulo de desviación de fractura 316 determina que una desviación de la fractura-perforación 318 ha tenido lugar al determinar que los indicadores de fractura más alto 320 y más bajo 324 exhiben una respuesta de temperatura más angosta 304 que por lo menos un indicador central de fractura (p.ej., indicador de fractura 326).

[0083] En una modalidad, el módulo de desviación de fractura 316 determina una desviación de la fractura-perforación 318 con base en las temperaturas 304, y los valores correspondientes de la profundidad de la perforación 310 y los ángulos radiales 312. En una modalidad, el módulo de desviación de fractura 316 determina una desviación de la fractura-perforación 318 con base en el primer indicador de fractura 320 que se presenta a un lado de la perforación 112, y un segundo indicador de fractura 324 que se presenta al lado opuesto de la perforación 112, en donde el primer indicador de fractura 320

tiene lugar en el tope de una región de inyección observada 330, y el segundo indicador de fractura 324 tiene lugar en el fondo de la región de inyección observada 330.

[0084] Las desviaciones de las resoluciones y localizaciones de los detectores de temperatura 202 pueden hacer que el primer indicador de fractura 320 y el segundo indicador de fractura 324 tengan ángulos radiales 312 sustancialmente diferentes, pero que no tengan ángulos radiales 312 que indiquen lados opuestos de la perforación 112. En una modalidad, el módulo de desviación de fractura 316 determina una desviación de la fractura-perforación 318 con base en el primer indicador de fractura 320 que tiene lugar sobre un primer lado de la perforación 112 en la ubicación más alta observada de la fractura 320, y determinar que la fractura aparece sobre un segundo lado de la perforación 112 en la ubicación más baja observada de la fractura 324. En consecuencia, en una modalidad, el módulo de desviación de fractura 316 determina que una desviación de la fractura-perforación 318 ha tenido lugar al determinar que un indicador más alto 320 y más bajo 324 de fractura tienen lugar en lados opuestos de la perforación 112, y/o en ángulos radiales 312 diferentes de la perforación 112.

[0085] Los diagramas de flujo esquemáticos que aquí se incluyen en generalmente se establecen como diagramas de flujo lógicos. Como tales, el orden ilustrado y los pasos rotulados son indicativos de una modalidad del método presentado. Se pueden concebir otros pasos y métodos equivalentes en función, lógica o efecto a uno o más pasos, o porciones de los mismos, del método ilustrado. Además, el formato y los símbolos empleados se dan para explicar las etapas lógicas del método y se entiende que no limitan el alcance del método. Si bien se pueden usar diversos tipos de flechas y líneas en los diagramas de flujo, se entiende que éstos no limitan el alcance del método correspondiente. En efecto, se pueden usar algunas flechas u otros conectores para indicar únicamente el flujo lógico del método. Por ejemplo, una flecha puede indicar un periodo de espera o de monitoreo de duración no especificada entre etapas enumeradas del método ilustrado. Además, el orden en el cual tiene lugar un método en particular puede o no adherirse estrictamente al orden de los pasos correspondientes que se muestran.

[0086] La Figura 8 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra una modalidad de un método 800 para determinar la colocación vertical de fluido

26

inyectado de conformidad con la presente invención. El método 800 incluye proporcionar 802 una pluralidad de detectores de temperatura 202, cada uno de los cuales detectores de temperatura 202 proporciona un estimativo de temperatura 304 en una profundidad aproximadamente conocida de la perforación 310. En una modalidad, cada estimativo de temperatura 304 se encuentra también en un ángulo radial aproximadamente conocido dentro de la perforación 312. Un módulo de determinación de temperatura 302 puede interpretar una señal 306 para determinar los estimativos de temperatura 304. Los detectores de temperatura 202 pueden ser segmentos axiales de un cable de fibra óptica 108 configurados en la perforación 112 disponiendo helicoidalmente el cable 108 en la perforación 112, con un número configurable de vueltas por distancia axial de la perforación 112, y/o disponiendo el cable 108 en agrupaciones de zigzag 502 que proceden helicoidalmente alrededor de la perforación 112.

[0087] El método 800 además incluye proporcionar 804 un aislante térmico 132 que aísla térmicamente los detectores de temperatura 202 desde un conducto de inyección 110, 128 a través de una zona de interés en un lecho sedimentario 114. El método 800 además incluye inyectar 806 un fluido dentro de una zona de inyección 114A en un lecho sedimentario 114. En una modalidad, el método 800 incluye un módulo de desviación de fractura 316 para detectar 814 una desviación de la fractura-perforación 318. Si existe una desviación de la fractura-perforación 318, el módulo de desviación de fractura 316 puede establecer una bandera de control para anotar la desviación 318, y terminar el método 800. En una modalidad, el módulo de desviación de fractura 316 puede permitir que el método 800 proceda incluso cuando se detecta una desviación de la fractura-perforación 318, y el módulo de desviación de fractura 316 puede almacenar la bandera de control anotando la desviación de la fractura-perforación 318.

[0088] El método 800 además incluye un módulo de colocación de fluido 314 para determinar 810 la extensión vertical 134 del fluido inyectado 126 en el lecho sedimentario 114 con base en las temperaturas 304 indicadas por cada detector de temperatura 202. El método 800 además puede incluir un módulo de modificación de inyección 332 para ajustar 812 un parámetro de inyección 334 con base en la extensión vertical 134. En una modalidad, el método 800 incluye un módulo de calibración 336 para calibrar 814 un modelo de

37

propagación de fractura 338 para que se corresponda con la altura modelada de la fractura a la extensión vertical 134 del fluido inyectado 126.

[0089] La presente invención puede encarnarse en otras formas específicas sin por ello apartarse del espíritu o las características esenciales. Las modalidades aquí descritas se han de considerar en todo respecto sólo como ilustrativas y no como restrictivas. Por ello, alcance de la invención está indicado por las reivindicaciones que se anexan y no por la anterior descripción. Todos los cambios que caigan dentro del significado y el intervalo de equivalencia de las reivindicaciones deben abarcarse dentro de su alcance. La referencia que se hace a lo largo de esta especificación a rasgos, ventajas, o lenguaje similar no implica que todos los rasgos y ventajas que se pueden realizar con la presente invención estén o deban estar en alguna modalidad única de la invención. Antes bien, el lenguaje que se refiere a los rasgos y ventajas se entiende que significa que un rasgo, ventaja, o característica específica descritas en relación con una modalidad están incluidas en por lo menos una modalidad de la presente invención. Así pues, la discusión de los rasgos y ventajas, y el lenguaje similar, a lo largo de esta especificación pueden referirse, pero no necesariamente lo hacen, a la misma modalidad. Además, los rasgos, ventajas y características descritas de la invención se pueden combinar de cualquier forma apropiada en una o más modalidades.

3b

Lo que se reivindica es:

1. Un método para determinar la colocación vertical de fluido inyectado, el cual método está compuesto por: proporcionar una pluralidad de detectores de temperatura, cada uno de los cuales detectores de temperatura de la pluralidad está configurado para arrojar un estimativo de temperatura en una profundidad aproximadamente conocida de una perforación; proporcionar un aislante térmico configurado para aislar térmicamente la pluralidad de detectores de temperatura desde un conducto de inyección a través de una zona de interés en un lecho sedimentario; inyectar un fluido a través del conducto de inyección dentro de una zona de inyección en el lecho sedimentario; y determinar la extensión vertical del fluido inyectado en el lecho sedimentario a través de la zona de interés con base en el estimativo de temperatura para cada detector de temperatura.
2. El método de la Reivindicación 1, en donde cada uno de entre la pluralidad de detectores de temperatura además está configurado para arrojar cada estimativo de temperatura en un ángulo radial aproximadamente conocido dentro de la perforación, el cual ángulo radial conocido está compuesto por uno de entre un ángulo radial relativo y un ángulo radial absoluto.
3. El método de la Reivindicación 2, en donde el ángulo radial de cada uno de entre la pluralidad de detectores de temperatura es conocido hasta una resolución de menos de 120 grados.
4. El método de la Reivindicación 2, el cual método además comprende detectar una desviación de fractura-perforación cuando un indicador de fractura más alta y un indicador de fractura más baja exhiben una respuesta de temperatura más angosta que por lo menos un indicador central de fractura.
5. El método de la Reivindicación 2, que además comprende detectar una desviación de la fractura-perforación cuando un primer indicador de fractura aparece sobre un primer lado de la perforación en la ubicación más alta observada de la fractura, y un segundo indicador de fractura aparece sobre un segundo lado de la perforación en la ubicación más baja observada de la fractura.
6. El método de la Reivindicación 2, en donde la pluralidad de detectores térmicos comprenden segmentos axiales de un cable de fibra óptica

39

distribuidos a través de la zona de interés por un método seleccionado de entre el grupo compuesto por: disponer helicoidalmente el cable de fibra óptica en la perforación, disponer helicoidalmente el cable de fibra óptica con un número configurable de vueltas por distancia axial en la perforación, y disponer el cable de fibra óptica en una pluralidad de agrupaciones de zigzag en donde las agrupaciones de zigzag avanzan helicoidalmente alrededor de la perforación.

7. El método de la Reivindicación 1, que además comprende monitorear la extensión vertical del fluido inyectado, y ajustar un parámetro de inyección con base en la extensión vertical, en donde el parámetro de inyección comprende un elemento seleccionado de entre el grupo compuesto por la viscosidad de un fluido de inyección, la tasa de bombeo de un fluido de inyección y la concentración del agente de sostén en un fluido de inyección.
8. Un aparato para determinar la colocación vertical de fluido inyectado, el cual aparato está compuesto por: una pluralidad de detectores de temperatura, en donde cada uno de entre la pluralidad de detectores de temperatura se dispone en una profundidad aproximadamente conocida y en un ángulo radial aproximadamente conocido, dentro de una perforación; un aislante térmico interpuesto entre un conducto de inyección y la pluralidad de detectores de temperatura a través de una zona de interés en un lecho sedimentario; una bomba configurada para inyectar un fluido a través del conducto de inyección dentro de una zona de inyección en el lecho sedimentario; un módulo de determinación de temperatura configurado para interpretar por lo menos una señal de la pluralidad de detectores de temperatura, y para determinar un estimativo de temperatura para cada detector de temperatura; y un módulo de colocación de fluido configurado para determinar la extensión vertical del fluido inyectado a través de la zona de interés con base en el estimativo de temperatura para cada detector de temperatura.
9. El aparato de la Reivindicación 8, que además comprende un módulo de desviación de fractura configurado para detectar una desviación de la fractura-perforación con base en el estimativo de temperatura para cada detector de temperatura, y las profundidades aproximadamente conocidas y los ángulos radiales aproximadamente conocidos de la pluralidad de detectores de temperatura.

40

10. El aparato de la Reivindicación 9, en donde el módulo de desviación de fractura además está configurado para detectar la desviación de la fractura-perforación con base en un primer indicador de fractura que se presenta a un lado de la perforación, y un segundo indicador de fractura que se presenta en el lado opuesto de la perforación, en donde el primer indicador de fractura tiene lugar en el tope de una región de inyección observada, y el segundo indicador de fractura tiene lugar en el fondo de la región de inyección observada.
11. El aparato de la Reivindicación 9, en donde la pluralidad de detectores térmicos comprende una pluralidad de segmentos axiales de un cable de fibra óptica dispuesto dentro de la perforación, en donde el cable de fibra óptica está envuelto helicoidalmente alrededor de por lo menos una porción del aislante térmico, y en donde el conducto de inyección comprende por lo menos un elemento seleccionado de entre el grupo compuesto por una sarta de tubería, una sarta de tubería enrollada, un revestimiento y un anillo de revestimiento.
12. El aparato de la Reivindicación 8, en donde la pluralidad de detectores térmicos comprende segmentos axiales de un cable de fibra óptica dispuesto dentro de la perforación.
13. El aparato de la Reivindicación 12, en donde el cable de fibra óptica tiene una configuración distribuida a través de una zona de interés en la perforación, la cual configuración distribuida está compuesta por un elemento seleccionado de entre el grupo compuesto por: una configuración helicoidal; una configuración helicoidal con un número configurable de vueltas por distancia de perforación axial; y una pluralidad de agrupaciones, cada una de las cuales agrupaciones está compuesta por una longitud axial especificada del cable de fibra óptica dispuesto dentro de un barrido definido del ángulo axial y una profundidad de la perforación, en donde la pluralidad de agrupaciones avanza helicoidalmente alrededor de la perforación..

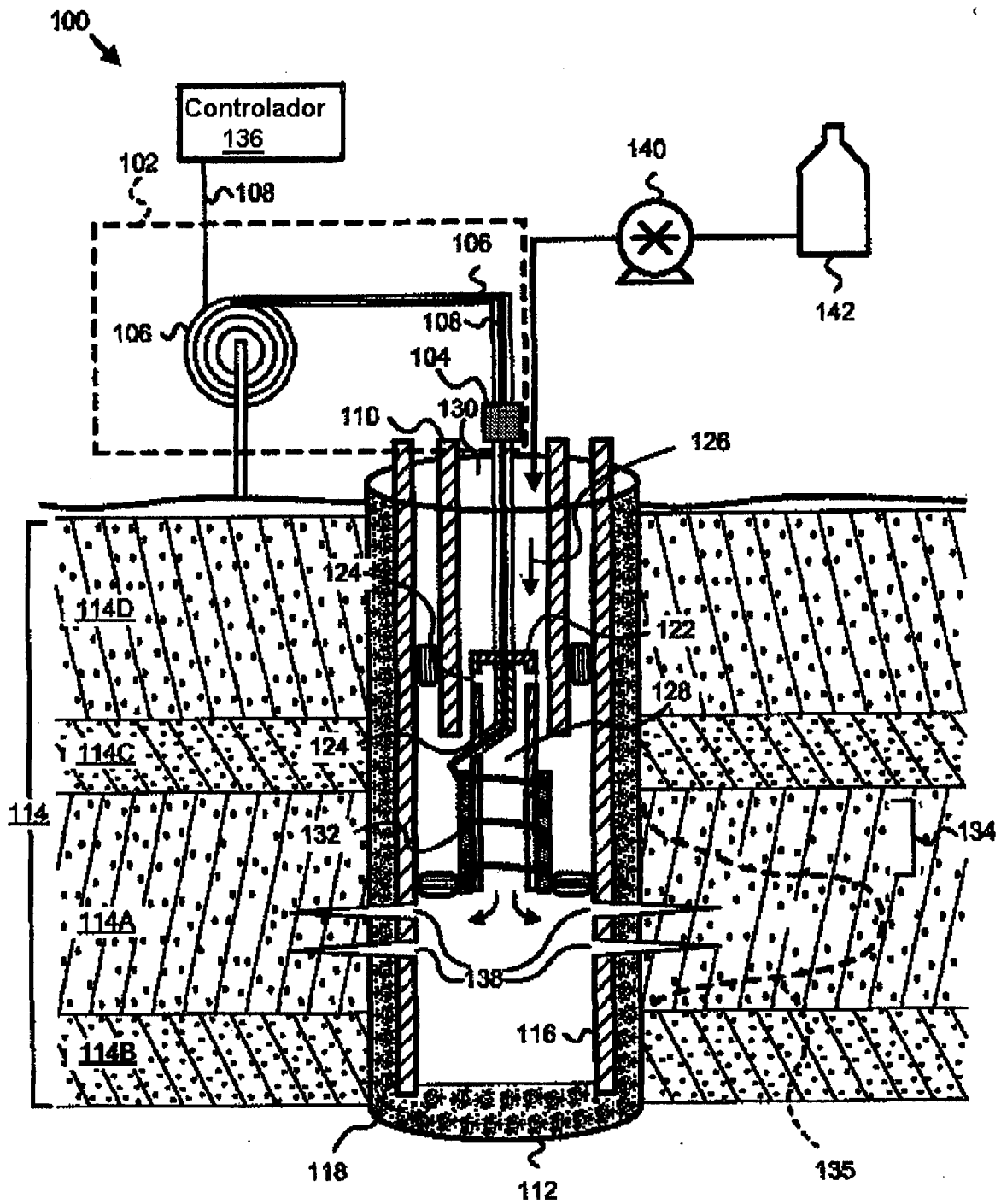


Fig. 1

43

Sheet 3 of 8

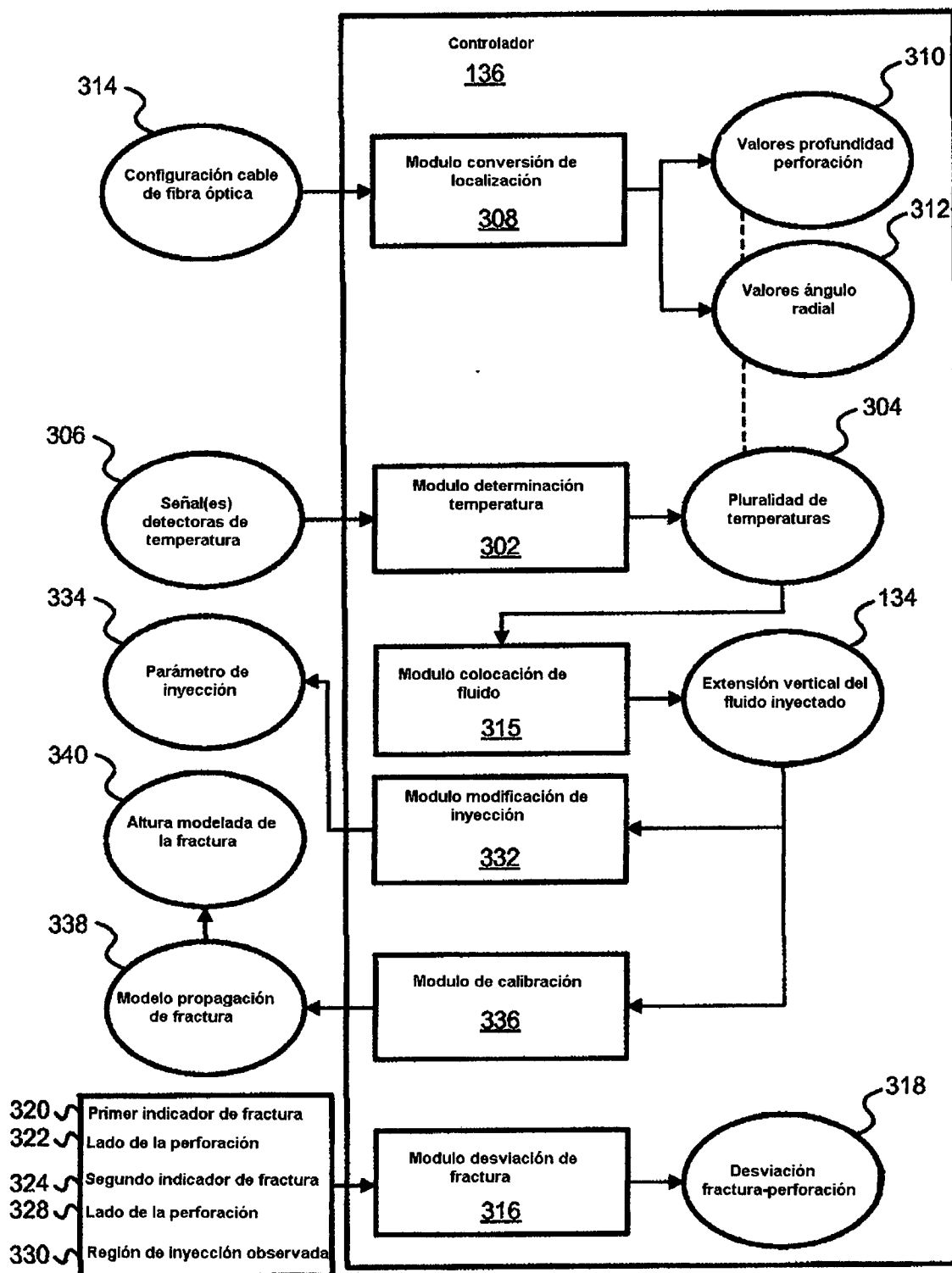


Fig. 3

44

400
↘

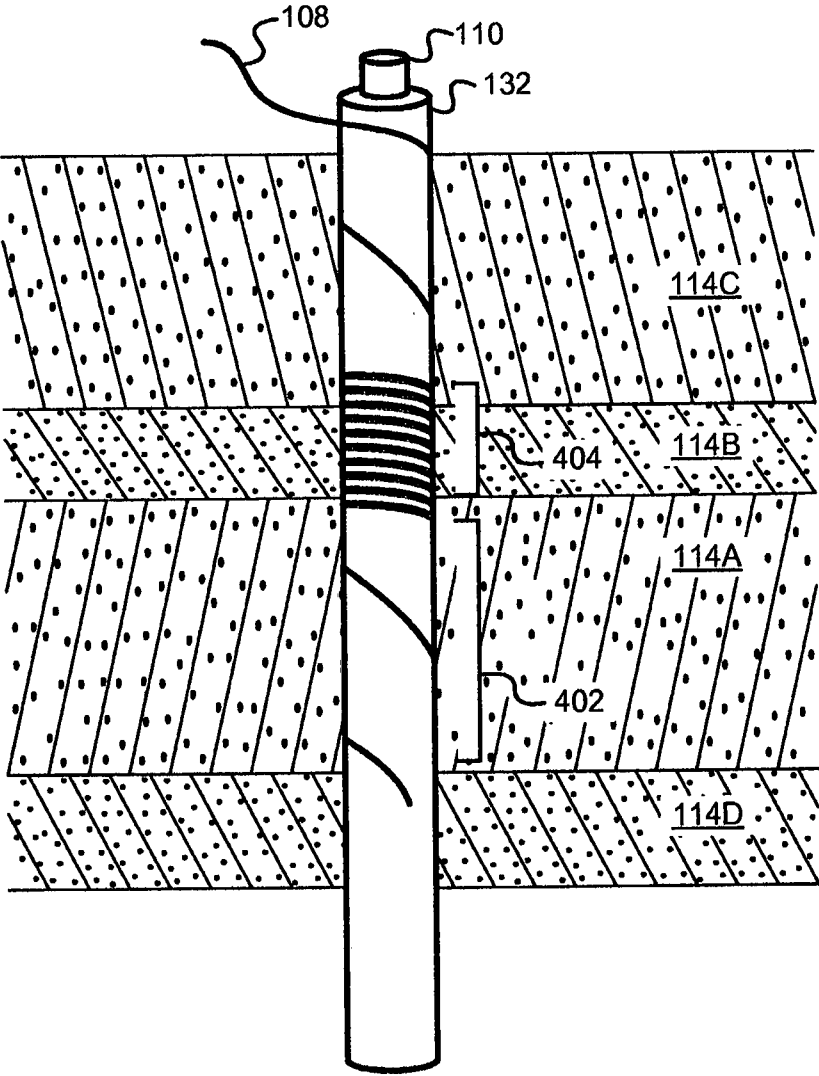


Fig. 4

as

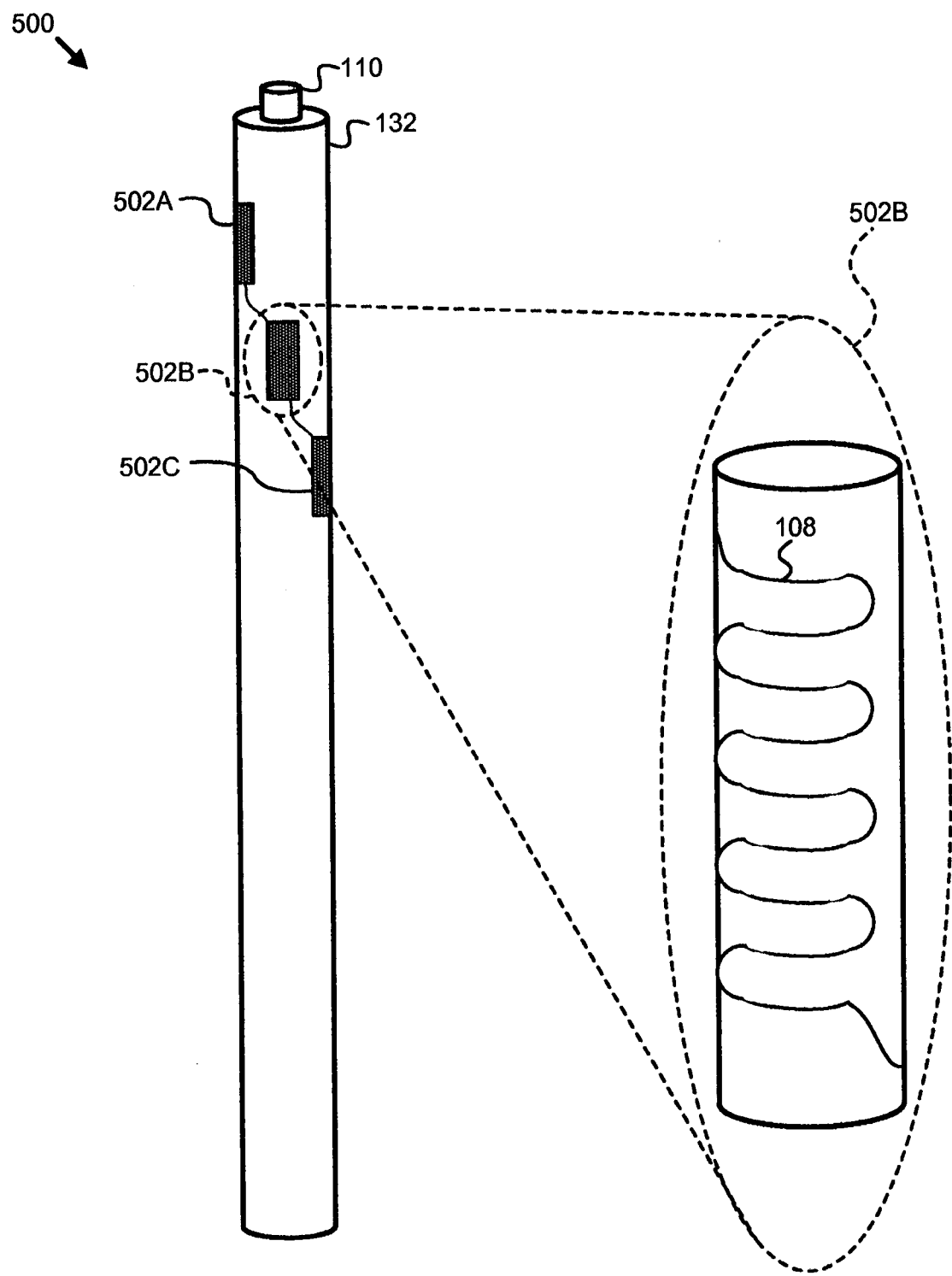


Fig. 5

46

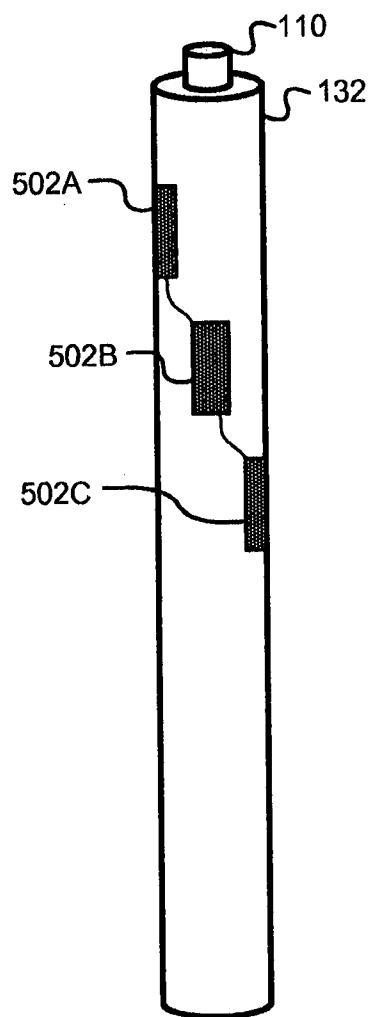


Figure 6A

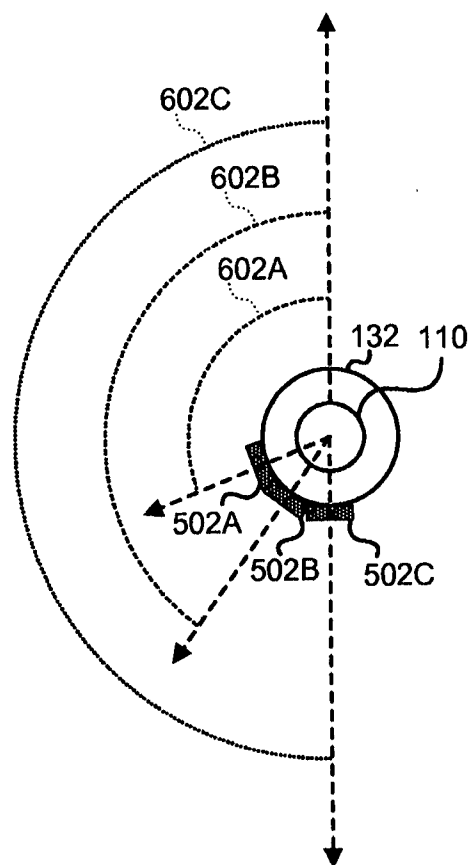


Figure 6B

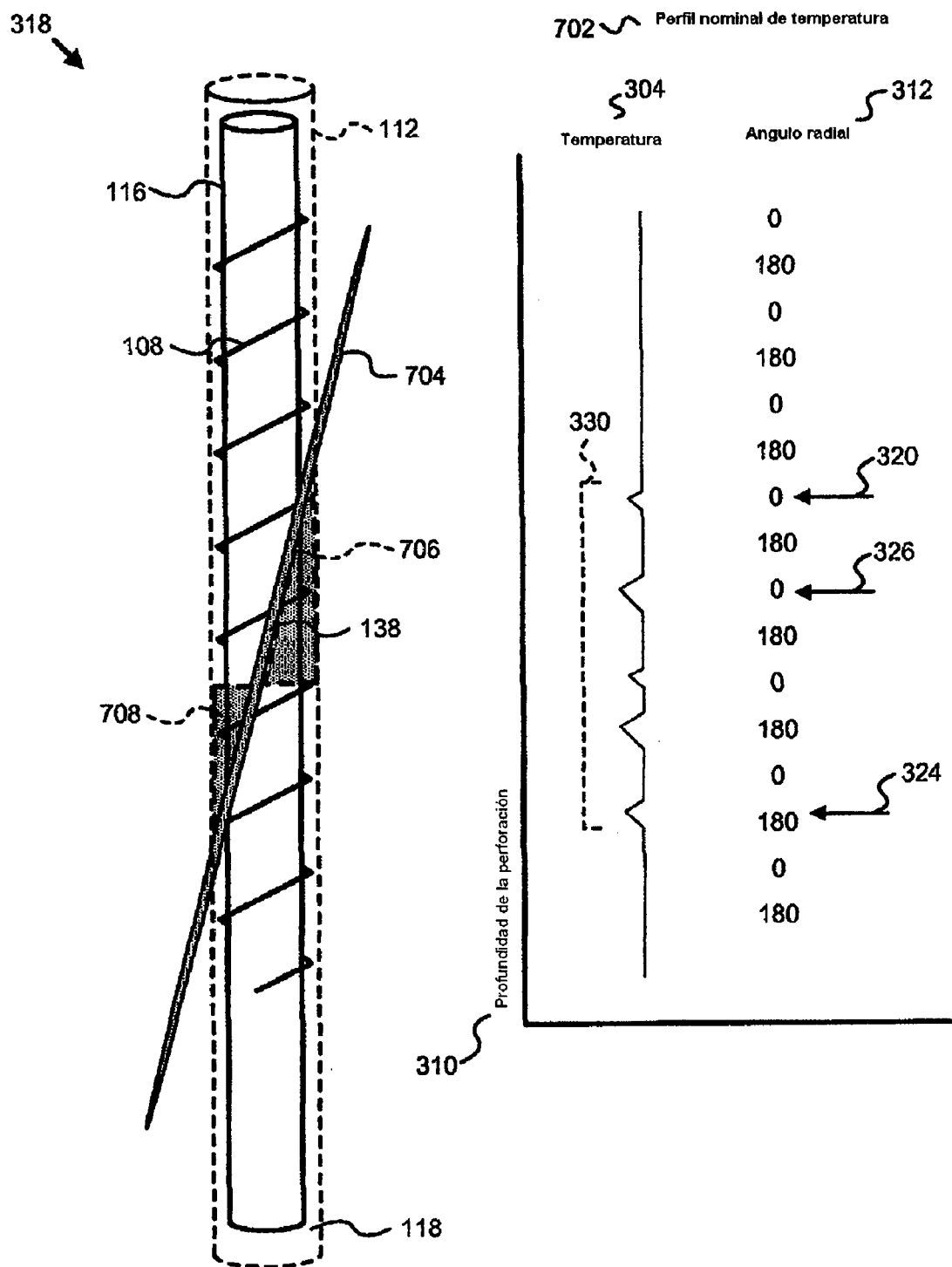


Fig. 7

486

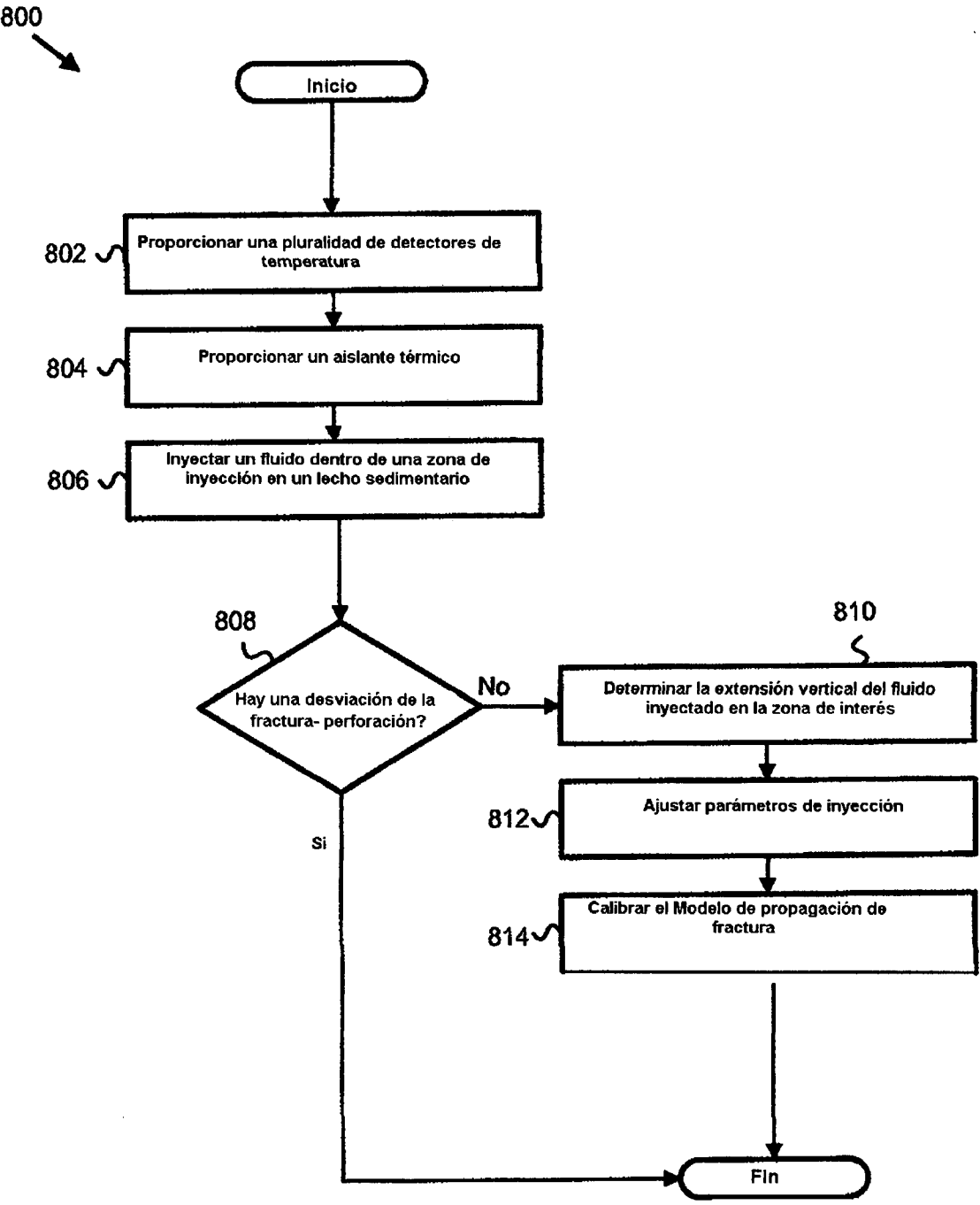
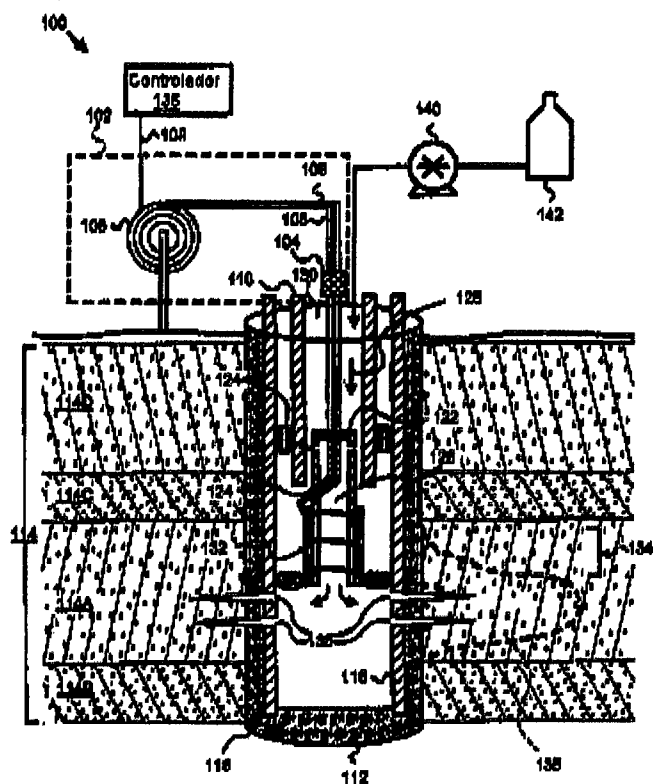
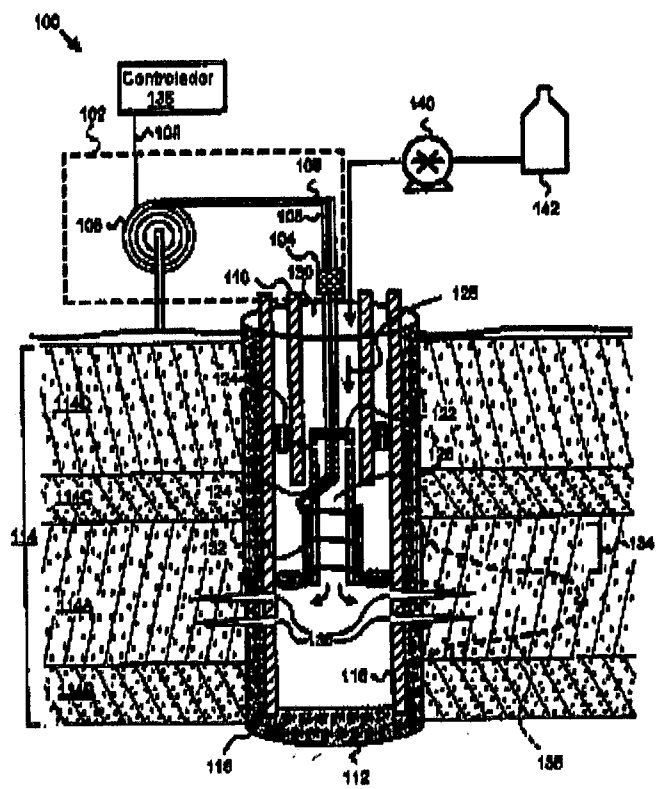
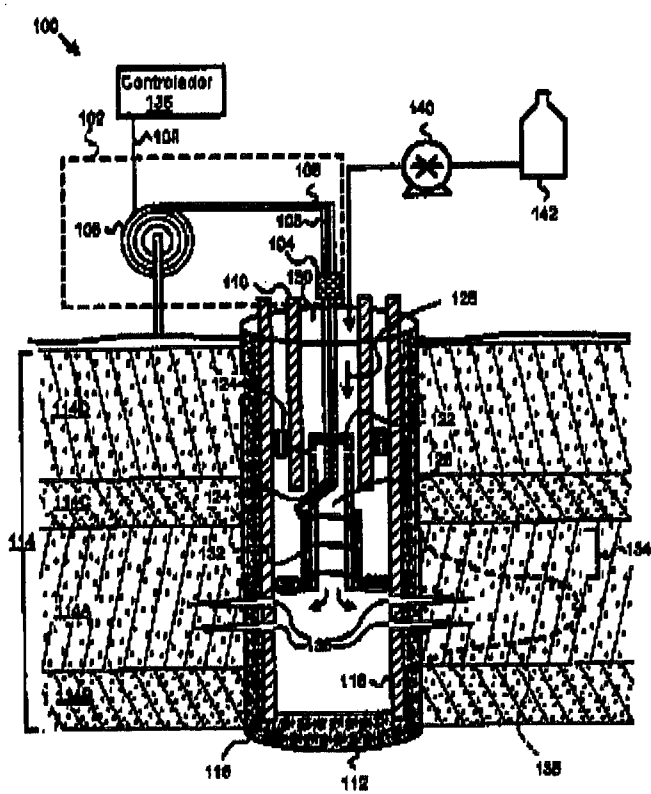


Fig. 8



29



Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

EXTRACTO PARA LA PUBLICACION
SOLICITUD DE PATENTE PCT
ENTRADA EN FASE NACIONAL

.(21)	No. SOLICITUD	.(51)	INT.CL: E21B 47/10; E21B 43/26
.(22)	FECHA DE PRESENTACION	.(71)	SOLICITANTE: SCHLUMBERGER TECHNOLOGY B.V.
.(30)	PRIORIDAD	.(72)	INVENTOR(ES):
.(31)	No. DE SOLICITUD 11/692,339 FECHA DE PRESENTACION Marzo 28, 2007		Xiaowei Weng
.(33)	PAIS E.U.A.	.(74)	APODERADO: GERMAN CASTILLO GRAU

.(54) TITULO: APARATO, SISTEMA Y MÉTODO PARA DETERMINAR LA COLOCACIÓN VERTICAL DE UN FLUIDO INYECTADO

.(57) RESUMEN

La invención proporciona un método para determinar la colocación vertical de un fluido inyectado al proporcionar una pluralidad de detectores de temperatura, en donde cada uno de entre la pluralidad de detectores de temperatura está configurado para proporcionar un estimativo de temperatura en una profundidad aproximadamente conocida de una perforación; proporcionar un aislante térmico configurado para aislar térmicamente la pluralidad de detectores de temperatura desde un conducto de inyección a través de una zona de interés en un lecho sedimentario; inyectar un fluido a través del conducto de inyección dentro de una zona de inyección en el lecho sedimentario; y determinar la extensión vertical del fluido inyectado en el lecho sedimentario a través de la zona de interés con base en el estimativo de temperatura para cada detector de temperatura.



No. 09-120922- -00000-0000

Fecha: 2009-10-27 16:25:17 Dep. 2020 NUECREACIONI
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 379 FASENACIONALII
Act. 411 PRESENTACION Folios: 49

REQUISITOS MÍNIMOS PARA ADMISIÓN A TRAMITE PCT

PATENTE DE INVENCION []

MODELO DE UTILIDAD []

- ◆ Indicación de que se solicita la concesión de una patente []
- ◆ Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud []
- ◆ Descripción de la invención []
- ◆ Dibujos de ser estos pertinentes []
- ◆ Comprobante de pago de las tasas establecidas []

COMPLETA []

INCOMPLETA []

DISEÑO INDUSTRIAL []

- ◆ Indicación de que se solicita el registro de Diseño Industrial []
- ◆ Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud []
- ◆ Representación gráfica y fotográfica del Diseño Industrial o muestra del material que incorpora el diseño []
- ◆ Comprobante de pago de las tasas establecidas []

COMPLETA []

INCOMPLETA []

ESQUEMA DE TRAZADO []

- ◆ Indicación de que se solicita el registro de un Esquema de Trazado []
- ◆ Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud []
- ◆ Representación gráfica del esquema trazado []
- ◆ Comprobante de pago de las tasas establecidas []

COMPLETA []

INCOMPLETA []

Eduar Neom
Firma Responsable

Fecha 27-16-09

Carrera 13 No. 27-00 Piso 5, 7y10
Conmutador: 3 82 0840
Fax: 3505220
E-mail: info@sic.gov.co
www.sic.gov.co
Bogotá D.C. - Colombia



Bogotá,
2020

51

Doctor(a)
CASTILLO GRAU GERMAN
Apoderado(a) y/o Representante de
SCHLUMBERGER TECHNOLOGY B.V.

REFERENCIA	Radicación No.	9 120922
	Solicitud internacional	PCT/IB2008/051007
	Fecha inicio fase nacional	28/10/2009
	Trámite	11
	Evento	379
	Actuación	430
	Oficio No.	12526

Como resultado del examen de forma, realizado con fundamento en el artículo 38 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, artículo 27 del Tratado de Cooperación en Materia de Patentes (PCT), regla 51 bis del Reglamento y Circular Única de la Superintendencia de Industria y Comercio, se le comunica que:

1. Si fuere el caso, el solicitante debe adjuntar la traducción de los anexos del reporte de examen preliminar internacional (Art. 36.2.b) del tratado PCT.

2. La solicitud no contiene la copia del documento en que consta la cesión del derecho a la patente del inventor al solicitante o a su causante, conforme a lo establecido por el artículo 26 literal k) de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina. Cuando se trate de documentos otorgados en el extranjero, estos deberán legalizarse de conformidad con lo dispuesto por los artículos 259 y 260 del Código de Procedimiento Civil. Cuando se trate de las declaraciones a que hace referencia la Regla 4.17 ii) del Tratado de Cooperación en Materia de Patentes PCT., el alcance de las tales declaraciones se determinará según indiquen claramente una cesión de derechos del inventor al solicitante o su causante, de conformidad con lo dispuesto en el numeral 5.2.15 del Capítulo Quinto, Título X de la Circular Única de Superintendencia de Industria y Comercio.

En cumplimiento de lo dispuesto por el artículo 39 de la Decisión 486, se le requiere para que dentro del término de dos meses siguientes a la fecha de notificación del presente oficio, complete los requisitos anteriormente enunciados. En caso de no dar cumplimiento al presente requerimiento, la solicitud se considerará abandonada y perderá su prelación.

Notifíquese el presente oficio conforme a lo dispuesto en el numeral 5.2, literal e), del capítulo quinto del título primero de la Circular Única No.10 de 2001.

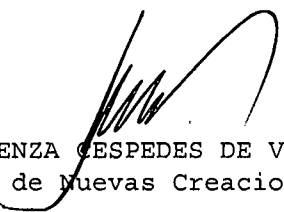
Continúa en la página siguiente...



Radicación No.: 9 120922


Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

52


ALIX CARMENZA CESPEDES DE VERGEL
Directora de Nuevas Creaciones (c)

El anterior requerimiento fue notificado por fijación en lista de
fecha 13. NOV. 2009
adpall

Al contestar favor indique el número
de radicación consignado en el rótulo

Sede Centro: Carrera 13 No. 27-00 pisos 2, 5, 7 y 10 PBX: 5870000
Sede CAN: Av. Carrera 50 No. 26 - 55 int.2. Tel 5880070
Call Center 6513240. Línea 01800-910165
Web: www.sic.gov.co e-mail: info@sic.gov.co
Bogotá D.C. Colombia