

PETITORIO



SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 07-134737- -00000-0000

Fecha: 2007-12-20 16:20:03 Dep. 2020 NUECREACION
Pa. 11 PATENTCIIII Eje: 379 FASENACIONAL
Act 411 PRESENTACION Folios: 99

FORMULARIO UNICO DE SOLICITUD DE PATENTE PCT ENTRADA EN FASE NACIONAL

24 ene 2008

①

SOLICITUD DE:

☒ Patente de Invención

☐ Patente de Modelo de Utilidad

☐ Capítulo I.

☒ Capítulo II.

②

SOLICITANTE (71)

Nombre: EXXONMOBIL UPSTREAM
RESEARCH COMPANY

Dirección: 3120 Buffalo, Speedway P.O.
Box 2189, Houston, Texas 77252-2189,
Estados Unidos de América.

Nacionalidad o Domicilio: Houston,
Estado de Texas, Estados Unidos de
América.

Lugar de Constitución: Estado de
Delaware, Estados Unidos de América.

Teléfono: 3264270 Fax: 6069701

E-mail: jllcco@lloredacamacho.com

IDENTIFICACION

C.C. ☐ NIT ☐
C.E. ☐ Otro ☐

Cual _____

Número _____

③

REPRESENTANTE O APODERADO

Nombre: ALICIA LLOREDA RICAURTE

Dirección: Calle 72 No. 5-83 Piso 5º,
Bogotá, Colombia

Teléfono: 3264270 Fax: 6069701

E-mail: jllcco@lloredacamacho.com

C.C. ☒ NIT ☐
C.E. ☐ Otro ☐

Cual _____

Número 39.690.713 TP 53.215

④

INVENTOR(ES) (72)

Nombre: WU, Xianyun y YIN, Hezhu .

Dirección: 5107 Avondale Drive, Sugar Land, TX 77479 y 4427 Greystone Way,
Sugar Land, TX 77479.

Nacionalidad o Domicilio: Estados Unidos de América.

⑤

PCT (86)

Solicitud Internacional No. PCT/US2006/021798

Fecha: 06/06/2006

Publicación Internacional No. WO 2007/001746 A1

Fecha: 04/01/2007

⑥

Título (54) "MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DE UN
YACIMIENTO A PARTIR DE LA ATENUACIÓN DE LAS ONDAS DE STONELEY EN EL POZO DE
SONDEO UTILIZANDO LA TEORÍA POROELÁSTICA DE BIOT"

⑦

Clasificación Internacional (51) G01V 1/28

⑧

Prioridad

SI ☒ NO ☐

(33) País de Origen

US

(32) Fecha

24-06-2005

(31) Número de Solicitud

60/693,997

⑨

Comprobante de Pago No. 07-100,737

Fecha: 11 de Diciembre de 2007

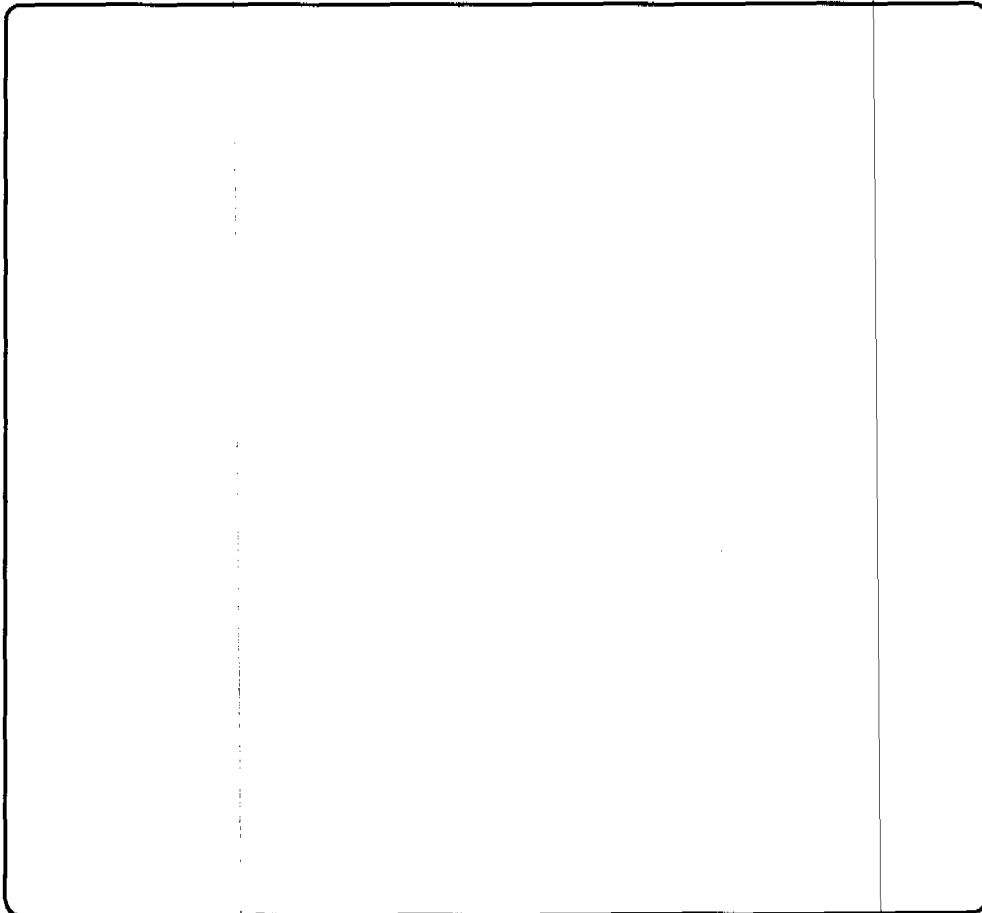
10

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.
- ☒ Documento de Representación Legal.
- ☐ Documento de cesión del inventor al solicitante o a su causante.
- ☐ Declaraciones
- ☐ Copia de la solicitud internacional. (Resumen, descripción, reivindicaciones, dibujos)
- ☒ Traducción de la solicitud internacional al castellano. (Resumen, descripción, reivindicaciones, dibujos)
- ☒ Copia del reporte preliminar internacional sobre patentabilidad.
- ☒ Traducción del reporte preliminar internacional sobre patentabilidad.
- ☐ 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.
- ☐ 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, relacionados parcial o totalmente con la invención de esta solicitud.
- ☐ De ser el caso, modificaciones efectuadas a la solicitud internacional.
- ☒ Otros: Reporte de Búsqueda Internacional con su traducción, Publicación con su traducción y Opinión Escrita con su traducción.

11

FIGURA CARACTERISTICA:



12

Solicito la concesión de la patente,

NOMBRE: ALICIA LLOREDA RICAURTE

FIRMA:

C.C. 39.690.713 Usaquén T.P. 53.215

No. 07-134737-00000-0000
Fecha: 2007-12-20 16:20:03 Dep: 2020 NUECREACION
Tib: 11 PATENTEIYH Eve: 379 FASENACIONALI
Act: 411 PRESENTACION Folios: 99

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 800176089-2

RECIBO OFICIAL DE CAJA : 07 - 100,737
FECHA : DICIEMBRE 11 DE 2007

***** CONSIGNACION *****

DEPOSITANTE	TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PGO	Vr. PAGO
LLOREDA Y CIA S. A	CONSIGNACION	BANCO POPULAR	050-00110-6	72074916	11/12/2007	5,225,000.00

***** CONCEPTO *****

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	TOTAL CONCEPTO
1	50005-01-01	SOLICITUDES	
		1 TRAMITES DE SOL. DE PATENTE DE IN	482,000.00
		TOTAL :	482,000.00

SON: CUATROCIENTOS OCHENTA Y DOS MIL PESOS

RESPONSABLE : _____

RECIBO DE CAJA APLICADO AL EXPEDIENTE No. _____



ANEXO

El documento que acredita la calidad de REPRESENTANTES LEGALES en Bogotá de los doctores **ALICIA LLOREDA** y/o **GUSTAVO TAMAYO** y/o **IGNACIO SANTAMARIA** y/o **ENRIQUE ALVAREZ** para TODOS LOS ASUNTOS RELACIONADOS CON LA PROPIEDAD INDUSTRIAL de la sociedad peticionaria, que faculta a cada uno de dichos abogados para actuar individualmente, se esta presentando con esta solicitud. En consecuencia, ruego a usted reconocer la personería de cada uno de dichos Representantes Legales para actuar dentro del presente expediente, a fin de que cualquiera de ellos pueda intervenir en cualquier tiempo respecto de la solicitud en él contenida.



ALICIA LLOREDA RICAURTE

T.P. No. 53.215

TRADUCCION OFICIAL No. 2004-09-01-429
DE LAS PARTES PERTINENTES DE UN DOCUMENTO

PODER

Legalización de un Poder de Representación Legal, documento escrito en inglés y en español.

Certificado Notarial (Sociedad)

Estados Unidos de América

Estado de Texas) ss

Condado de Harris)

En este día 18 de agosto de 2004, compareció personalmente Gary D. Lawson, a quien conozco y quien sé que es la persona que firmó el documento anterior, quien habiendo sido debidamente juramentada por mí declaró y dijo que él es el Subsecretario de **EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY**, la compañía nombrada ahí, una Corporación organizada y existente bajo las leyes del Estado de Delaware, Estados Unidos de América, domiciliada en la Ciudad de Houston, Condado de Harris, Estado de Texas, Estados Unidos de América y legalmente constituida por un periodo de tenencia que aún no ha expirado, que ejerce sus propósitos corporativos de acuerdo con las leyes del Estado de Delaware, Estados Unidos de América; que el declarante está autorizado por

dicha Compañía para conferir este poder; que el sello colocado sobre él por el declarante en nombre de dicha Corporación es el sello corporativo de ella; y que los propósitos para los cuales se otorga este instrumento se incluyen dentro de los propósitos corporativos de la Compañía.

El suscrito Notario Público ha visto los artículos de incorporación de dicha Corporación ejecutados en Wilmington, Estado de Delaware, el 12 de noviembre de 1964, y por el presente certifica que bajo las leyes de dicho Estado el reconocimiento anterior es prueba suficiente de que los datos contenidos en el presente son verdaderos lo cual ella certifica.

(Firma: ilegible)

Margaret Gnewuch
Notario Público, Estado de Texas
Mi comisión expira el 20 de diciembre de 2005

Estado de Texas
Secretario de Estado

APOSTILLA

(Convención de La Haya del 5 de octubre de 1961)

1. Pais: Estados Unidos de América
Este documento público
2. ha sido firmado por Margaret Gnewuch
3. actuando como Notario Público, Estado de Texas
4. lleva el sello/estampilla de Margaret Gnewuch, Notario Público, Estado de Texas, La Comisión Expira el 12-20-2005

CONDUCTOR OFICIAL
RESOLUCION 2177

ANITA ESCOBAR DE TAMAYO

6

CERTIFICADO

- | | | | |
|----|--------------------------------------|-----|-----------------------------|
| 5. | en Austin, Texas | 6. | el día 20 de agosto de 2004 |
| 7. | por el Secretario de Estado de Texas | | |
| 8. | Certificado No. N-422596 | | |
| 9. | Sello | 10. | Firma: (ilegible) |
| | El Estado de Texas | | Geoffrey S. Connor |
| | | | Secretario de Estado |

Traducido según mi mejor saber y entender, este día 1 de septiembre de 2004, en la ciudad de Bogotá, D.C., por Anita Escobar de Tamayo, Traductora Oficial, Res. 2177 de 1989, Ministerio de Justicia, República de Colombia.

TRADUCTOR OFICIAL
RESOLUCION 2177

ANITA ESCOBAR DE TAMAYO

N

MINISTERIO DE RELACIONES
EXTERIORES

Amir S. Carrera

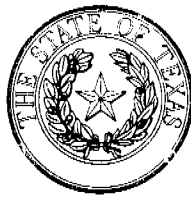
061226

CUYA FIRMA APARECE EN EL
DOCUMENTO DESEMPEÑA
LAS FUNCIONES INDICADAS

NO SE ASUME
RESPONSABILIDAD DEL TEXTO

2004 SEP -2 A 11: 08

MS
JEFE DE LEGALIZACIONES
SANTAFE DE BOGOTA D.C.



The State of Texas

Secretary of State

APOSTILLE

(Convention de La Haye du 5 Octobre 1961)

1. Country: United States of America

This public document
2. has been signed by

MARGARET GNEWUCH

3. acting in the capacity of

Notary Public, State of Texas

4. and bears the seal/stamp of

MARGARET GNEWUCH, Notary Public, State
of Texas, Commission Expires: 12-20-05

CERTIFIED

5. at Austin, Texas

6. on August 20, 2004

7. by the Secretary of State of Texas

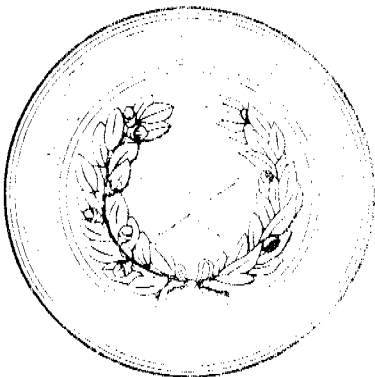
8. Certificate No. N-422596

9. Seal

10. Signature:

A handwritten signature in black ink, appearing to read "G. Connor", written over a horizontal line.

Geoffrey S. Connor
Secretary of State
ST/wn



Los abajo firmados, **EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY**, una sociedad organizada y existente de conformidad con las leyes del Estado de Delaware, Estados Unidos de América.

con domicilio en **3120 Buffalo, Speedway
P.O. Box 2189, Houston,
Texas 77252-2189,
Estados Unidos de América**

nombramos por el presente a ALICIA LLOREDA y/o GUSTAVO TAMAYO y/o IGNACIO SANTAMARIA y/o ENRIQUE ALVAREZ, domiciliados en Bogotá, Colombia, con oficinas en dicha ciudad, Calle 72 No. 5-83, piso 6o., nuestros representantes legales y verdaderos en Bogotá, con facultades para recibir notificaciones y nombrar apoderados judiciales o extrajudiciales, con el fin de dar cumplimiento al parágrafo 1o. del artículo 543 del decreto 410 de 1971.

Los doctores ALICIA LLOREDA y/o GUSTAVO TAMAYO y/o IGNACIO SANTAMARIA y/o ENRIQUE ALVAREZ, o los apoderados que cualquiera de ellos designe, quedan especialmente facultados para representarnos ante las autoridades colombianas, administrativas, judiciales o de policía, en todos los trámites relativos a la propiedad industrial, a cuyo efecto les facultamos para dar ante dichas autoridades todos los pasos necesarios al objeto indicado; elevar solicitudes, declaraciones, reclamos, recursos y presentar desistimientos; formular descripciones, enmiendas, limitar el alcance de las solicitudes, presentar oposiciones y apelaciones; instaurar cancelaciones, renunciar total o parcialmente a los registros, abonar todos los impuestos y cuotas y efectuar todo otro pago determinado por la ley; recibir todos los documentos y valores, dando el descargo respectivo; llenar cualesquiera otros requisitos y tomar, en fin, todas las medidas que creyeran conducentes al resguardo de nuestros intereses; y en caso de producirse oposición, pasando los antecedentes a los tribunales, quedan facultados para tomar intervención como demandantes o demandados ante los jueces que sean competentes, pudiendo transar, someter a árbitros, desistir, percibir y apelar, con todas las demás facultades que resulten necesarias, y por el presente declaramos desde ahora válido y bueno cuanto dichos representantes y/o los apoderados que cualquiera de ellos nombre hicieren en nuestro beneficio.

Asimismo, facultamos a los doctores ALICIA LLOREDA y/o GUSTAVO TAMAYO y/o IGNACIO SANTAMARIA y/o ENRIQUE ALVAREZ, para solicitar en la Oficina de Propiedad Industrial la protocolización de este documento y de cualquier poder que cualquiera de ellos otorgue a nombre nuestro.

Dado y firmado

The undersigned, **EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY**, a corporation organized and existing under the laws of State of Delaware, United States of America.

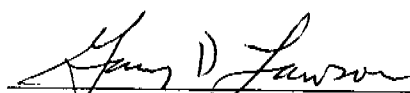
domiciled at **3120 Buffalo, Speedway
P.O. Box 2189, Houston,
Texas 77252-2189,
United States of America**

hereby appoint, ALICIA LLOREDA and/or GUSTAVO TAMAYO and/or IGNACIO SANTAMARIA and/or ENRIQUE ALVAREZ, of Bogota, Colombia, with offices in said town, Calle 72 No. 5-83, Sixth Floor, our true and legal representatives in Bogotá, with power to receive notifications and to appoint judicial or extrajudicial agents, so as to comply with paragraph 1o. of article 543 of decree 410 of 1971.

Doctors ALICIA LLOREDA and/or GUSTAVO TAMAYO and/or IGNACIO SANTAMARIA and/or ENRIQUE ALVAREZ, or the agents by any one of them appointed, are especially empowered to represent us before the administrative, judicial or police authorities of Colombia, in all proceedings pertaining to industrial property, for which purpose we authorize them to take before the said authorities all the necessary steps for the said end; to file petitions, declarations, claims, recourses and withdrawals, to draw up specifications; to file amendments, to limit the scope of applications, file oppositions; file cancellations total or partially waive registrations, to pay all installments and effect all other payments prescribed by law; to receive proper receipts, to comply with all other requirements and, in short, to take all those measures which they may deem fit for the protection of our interests; and in case of opposition, where the proceedings be passed over to the courts, we authorize said agents to act on our behalf, as complainants as well as defendants, before the competent judges, with full powers to make arrangements, to submit to arbitrators, to desist, to collect, to appeal and, in short, with all such further powers as may be required, and we hereby declare from now on as valid and good all that said representatives and/or the agents by any one of them appointed may do for our benefit.

We also authorize doctors ALICIA LLOREDA and/or GUSTAVO TAMAYO and/or IGNACIO SANTAMARIA and/or ENRIQUE ALVAREZ, to apply for protocolization of this document and of any power of attorney by any one of them conferred in our name, before the Office of Industrial Property.

Given and signed this 18 day of August, 2004


Gary D. LAWSON, Assistant Secretary

NOTARIAL CERTIFICATE (CORPORATION)

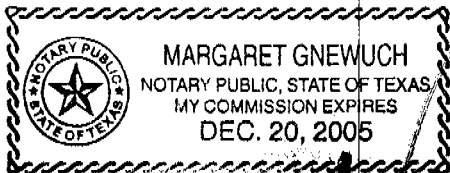
United States of America
State of **Texas** {ss
County of **Harris**

On this 18th day of August, 2004, personally
came **Gary D. LAWSON**,

to me known, and known to me to be the person who
signed the foregoing instrument, who being by me
duly sworn did depose and say that he is the
**Assistant Secretary of EXXONMOBIL UPSTREAM
RESEARCH COMPANY**, the company named within,
a Corporation organized and existing under the laws
of the State of **Delaware**, United States of America,
domiciled at the City of **Houston**, County of **Harris**,
State of **Texas**, United States of America and legally
constituted for a period of tenure not yet expired,
which exercises its corporate purposes according to
the laws of the State of **Delaware**, United States of
America; that the deponent is authorized by said
Company to confer this power of attorney; that the
seal affixed hereunto by the deponent in the name
and on behalf of said Corporation is the corporate
seal thereof; and that the purpose for which this
instrument is granted is included within the corporate
purposes of the Company.

The undersigned Notary Public has seen the articles
of Incorporation of said Corporation executed at
Wilmington, State of Delaware, under date of
November 12, 1964, and hereby certifies that under
the laws of said State the foregoing acknowledgment
is sufficient proof that the facts therein contained are
true, which she attests.

Margaret Gnewuch



 Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA		SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO DIVISION DE NUEVAS CREACIONES EXTRACTO PARA PUBLICACIÓN SOLICITUD DE PATENTE DE INVENCION PCT	
(21) N° de solicitud:		(51) Int Cl: G01V 1/28	
(22) Fecha de solicitud: 20-12-07		(71) Solicitante(s) EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY	
(30) Prioridad	(31) No. Prioridad 60/693,997	(32) Fecha 24-06-05	(33) País US
		(72) Inventor(es) WU, Xianyun y YIN, Hezhu.	
		(74) Apoderado: ALICIA LLOREDA RICAURTE	
(85) Fecha limite inicio fase nacional: 24-01-08		(87) Publicación internacional	
(86) Datos relativos a la presentación de la solicitud PCT		Fecha: 04/01/07	
Fecha de presentación de la solicitud: 06/06/06		N° publicación: WO 2007/001746 A1	
No. de solicitud PCT/US2006/021798			
(54) Titulo: "MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DE UN YACIMIENTO A PARTIR DE LA ATENUACIÓN DE LAS ONDAS DE STONELEY EN EL POZO DE SONDEO UTILIZANDO LA TEORÍA POROELÁSTICA DE BIOT"			

Resumen - Reivindicación(es):

Reivindicación número 1:

Un método para la determinación de la permeabilidad de una formación subterránea a partir de los datos del registro sínico y de los datos del registro de sondeos que son obtenidos a partir de un pozo que penetra la formación, método éste que comprende:

- (a) el análisis de los datos sínicos a los efectos de extraer la atenuación de las ondas de Stoneley dependiente de la frecuencia de una determinada serie de receptores de registro sínico que incluye al menos dos receptores ubicados a diferentes profundidades en el pozo;
- (b) el diseño de un modelo matemático del pozo de sondeo correspondiente al pozo;
- (c) la programación de un ordenador a los fines de resolver las ecuaciones de movimiento de las ondas para la propagación de las ondas acústicas de la ubicación seleccionada de la fuente de registro sínico a la ubicación del receptor, donde las ecuaciones de las ondas representan una región central de lodo rodeada por la formación permeable con una región anular de torta de lodo entre el lugar donde y si existe la torta de lodo;
- (d) la determinación de las condiciones frontera a partir del modelo del pozo de sondeo;
- (e) la obtención de todas las constantes y parámetros de las ecuaciones de las ondas a partir del modelo del pozo de sondeo y de los datos del registro de sondeos o, de lo contrario, por estimación, a excepción de la permeabilidad de la formación;
- (f) la suposición de un valor de la permeabilidad de la formación κ ;
- (g) la solución de las ecuaciones de las ondas con el objeto de obtener una solución correspondiente a una onda de Stoneley;
- (h) la extracción de la solución de una atenuación teórica de la onda de Stoneley como una función de la frecuencia del valor asumido de permeabilidad de la formación;
- (i) la obtención de la atenuación experimental de la onda de Stoneley como una función de la frecuencia de los datos del registro sínico;
- (j) la comparación de la atenuación teórica de la onda de Stoneley con la atenuación experimental de la onda de Stoneley;
- y
- (k) el ajuste del valor asumido de κ y la repetición de los pasos (g), (h), (i) y (j) y (k), hasta que concuerden los valores teórico y experimental de la atenuación de la onda de Stoneley de acuerdo con un criterio predeterminado, donde el correspondiente valor de κ es un valor previsto de la permeabilidad de la formación en el rango de profundidades correspondiente al intervalo abarcado por las posiciones seleccionadas de los receptores.

19
16

TRATADO DE COOPERACION DE PATENTES
PCT
REPORTE DE BUSQUEDA INTERNACIONAL

(PCT Artículo 18 y Reglas 43 y 44)

Registro de referencia del solicitante o agente 2005UR014	PARA FUTURAS ACCIONES ver (Forma PCT/ISA/220) así como, donde aplique, el ítem 5 a continuación.	
Solicitud internacional No. PCT/US06/21798	Fecha de registro internacional (día/mes/año) 06 de Junio de 2006 (06.06.2006)	Fecha de Prioridad (Primera) (día/mes/año) 24 de Junio de 2005 (24.06.2005)
Solicitante EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY		

Este Reporte de Búsqueda Internacional ha sido preparado por esta Autoridad de Búsqueda Internacional y es transmitido al solicitante Según el Artículo 18. Una copia será transmitida a la Oficina Internacional.

Este Reporte de Búsqueda Internacional consta de un total de 4 hojas.

☒ También está acompañado de una copia de cada documento técnico anterior citado en este reporte.

1. Bases del reporte

a. Respecto al **lenguaje**, la búsqueda internacional se llevó a cabo según:

☒ la solicitud internacional en el lenguaje en el cual se presentó.

☐ una traducción de la solicitud internacional en ----- el cual es el lenguaje de la traducción proporcionada para los propósitos de la Búsqueda Internacional (Reglas 12.3 (a) y 23.1(b)).

b. ☐ Respecto a una secuencia de **ácido nucleótido y/o amino revelado** en la solicitud internacional, ver Casilla No. 1.

2. ☐ **Ciertas reivindicaciones no pudieron localizarse** (Ver Casilla II).

3. ☐ **Falta unidad de invención** (ver Casilla III).

4. Respecto al **título**,

☒ El texto es aprobado según lo presenta el solicitante.

☐ Esta Autoridad ha establecido que el texto se lea así:

5. Respecto al **resumen**,

☒ El texto es aprobado según lo presenta el solicitante.

☐ Esta Autoridad ha establecido el texto de acuerdo con la Norma 38.2(b), según aparece en el Recuadro IV. El solicitante puede, un mes después de la fecha de haber enviado por correo este reporte de búsqueda internacional, presentar comentarios a esta Autoridad.

6. Respecto a los **dibujos**,

a. La figura de los **dibujos** que se publicará con el resumen es la Figura No. 5

☐ como lo sugirió el solicitante.

☒ como lo sugirió la Autoridad, porque el solicitante no sugirió una figura.

☐ como lo sugirió la Autoridad, porque esta figura caracteriza mejor a la invención.

b. ☐ Ninguna de las figuras se publicará con el resumen.

REPORTE DE BUSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud Internacional No.
PCT/US06/21798

A. CLASIFICACION DE MATERIA

IPC: **G01V 1/28** (2006.01), **1/30**(2006.01)

USPC: 367/31, 32

Según la Clasificación de Patentes Internacional (CPI) o según la clasificación nacional y la CPI

B. CAMPOS BUSCADOS

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de símbolos de clasificación)

U.S. : 367/31, 32, 35

Documentación buscada fuera de documentación mínima hasta donde dichos documentos se incluyan en los campos buscados

Base de datos electrónica consultada durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, donde sea práctico, buscar términos usados)

Por favor ver hoja a continuación

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría	Citación de documento, con indicación, donde sea apropiado, de los textos relevantes	Relevante a la reivindicación No.
X Y	US 4964101 (Lie) 16 de Octubre de 1990 (16.10.1990); Columnas 1-12; Figs. 1, 3, 4, 8)	<u>1-7,9,12-14</u> 8,10-11
Y	Winkler, et al. Permeabilidad y ondas Stoneley de perforación: Comparación entre experimento y teoría. Geophysics, Vol. 54, Enero 1989.	8
Y	Hsui, et al. Aplicación de un modelo acústico para determinar la permeabilidad in situ de una perforación. J. Acoust. Soc. Am. 70 Junio 1986.	10-11
A	Cheng, et al. Efectos de la permeabilidad in situ sobre la propagación de ondas (tube) Stoneley en una perforación. Geophysics, Vol. 52, Septiembre 1987 páginas 1279-1289.	1-14
A	Tang et al. Inversión rápida de permeabilidad de formación a partir de registros de ondas Stoneley usando un modelo Biot-Rosenbaum simplificado. Geophysics, Mayo-Junio de 1996	1-14
A	Cheng et al. Efectos de la permeabilidad in situ sobre la propagación de ondas (tubo) Stoneley en una perforación. Geophysics, Septiembre 1987.	1-14

☒ En el recuadro C se enumeran más documentos.

☐ En el anexo se enumeran miembros de la familia de patentes.

° Categorías especiales de documentos citados:

'A' documento que define el estado general de la técnica el cual no se considera de relevancia particular

'E' documento anterior pero publicado en o después de la fecha de presentación internacional

'L' documento que puede arrojar dudas sobre reivindicaciones de prioridad o que se cita para establecer la fecha de publicación de otra citación u otra razón especial (según se especifica)

'O' documento que se refiere a una revelación oral, uso, exhibición u otros medios

'P' documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero después de la fecha de prioridad reivindicada

'T' documento posterior publicado después de la fecha de presentación internacional o fecha de prioridad y que no está en conflicto con la solicitud pero citado para entender el principio o teoría que sustenta la invención

'X' documento de relevancia particular; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o no puede considerarse que comprende un paso inventivo cuando el documento se toma solo

'Y' documento de relevancia particular; la invención reivindicada no puede considerarse que comprende un paso inventivo cuando el documento se combina con uno o más documentos, siendo dicha combinación obvia para una persona experta en la técnica

'&' documento miembro de la misma familia de patentes

Fecha de la terminación real de la búsqueda internacional

18 de octubre de 2006 (18.10.2006)

Fecha de envío por correo del reporte de búsqueda internacional

22 de Noviembre de 2006

Nombre y dirección de correo de ISA/US

Mail Stop PCT, Attn: ISA/US
Comissioner for Patents
P.O.Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
Facsimile No. (571) 273-3201

Funcionario autorizado

Scott Hughes

Teléfono No. 571-272-6983

~~12~~
12

12

C. (Continuación) DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES		
Categoría °	Citación de documento, con indicación, donde sea apropiado, de los textos relevantes	Relevante a la reivindicación No.
A	US 5784333 (Tang, et al) 21 de Julio de 1998 (21.07.1998)	1-14
A	US 6327538 B1 (Chin) 4 de Diciembre de 2001 (4.12.2001)	1-14
A	US 5616840 (Tang) 1 de Abril de 1997 (01.4.1997)	1-14
A	US 4797859 (Hornby) 10 de Enero de 1989 (10.01.1989)	1-14
A	US 5999484 (Kimball, et al) 7 de Diciembre de 1999 (7.12.1999)	1-14

REPORTE DE BUSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud Internacional No.
PCT/US06/21798

Continuación de B. CAMPOS BUSCADOS Numeral 3:

ESTE: stoneley, onda de tubo, permeabilidad, Biot, atenuación, factor de calidad, perforación, pozo de perforación
GeoRef: stoneley, onda de tubo, permeabilidad, Biot, atenuación, factor de calidad, perforación, pozo de perforación.

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

(PCT Article 18 and Rules 43 and 44)

Applicant's or agent's file reference 2005UR014	FOR FURTHER ACTION see Form PCT/ISA/220 as well as, where applicable, item 5 below.	
International application No. PCT/US06/21798	International filing date (<i>day/month/year</i>) 06 June 2006 (06.06.2006)	(Earliest) Priority Date (<i>day/month/year</i>) 24 June 2005 (24.06.2005)
Applicant EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY		

This international search report has been prepared by this International Searching Authority and is transmitted to the applicant according to Article 18. A copy is being transmitted to the International Bureau.

This international search report consists of a total of 4 sheets.

☒ It is also accompanied by a copy of each prior art document cited in this report.

1. Basis of the Report

a. With regard to the **language**, the international search was carried out on the basis of:

- ☒ the international application in the language in which it was filed.
- ☐ a translation of the international application into _____, which is the language of a translation furnished for the purposes of international search (Rules 12.3(a) and 23.1(b))

b. ☐ With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, see Box No. I.

2. ☐ **Certain claims were found unsearchable** (See Box No. II)

3. ☐ **Unity of invention is lacking** (See Box No. III)

4. With regard to the **title**,

- ☒ the text is approved as submitted by the applicant.
- ☐ the text has been established by this Authority to read as follows:

5. With regard to the **abstract**,

- ☒ the text is approved as submitted by the applicant.
- ☐ the text has been established, according to Rule 38.2(b), by this Authority as it appears in Box No. IV. The applicant may, within one month from the date of mailing of this international search report, submit comments to this Authority.

6. With regard to the **drawings**,

a. the figure of the **drawings** to be published with the abstract is Figure No. 5

- ☐ as suggested by the applicant.
- ☒ as selected by this Authority, because the applicant failed to suggest a figure.
- ☐ as selected by this Authority, because this figure better characterizes the invention.

b. ☐ none of the figures is to be published with the abstract.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US06/21798

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC: G01V 1/28(2006.01),1/30(2006.01)

USPC: 367/31,32

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S. : 367/31,32,35

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
Please See Continuation Sheet

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4964101 (Lie) 16 Oct. 1990 (16.10.1990); Columns 1-12; Figs. 1, 3, 4, 8)	1-7,9,12-14
Y		8,10-11
Y	Winkler, et al. Permeability and borehole Stoneley waves: Comparison between experiment and theory. Geophysics, Vol. 54, January 1989	8
Y	Hsui, et al. Application of an acoustic model to determine in situ permeability of a borehole. J. Acoust. Soc. Am. 70 June 1986	10-11
A	Cheng, et al. Effects of in-situ permeability on the propagation of Stoneley (tube) waves in a borehole. Geophysics, Vol. 52, September 1987 pages 1279-1289	1-14
A	Tang, et al. Fast inversion of formation permeability from Stoneley wave logs using a simplified Biot-Rosenbaum model. Geophysics, May-June 1996	1-14
A	Cheng, et al. Effects of in-situ permeability on the propagation of Stoneley (tube) waves in a borehole. Geophysics, September 1987	1-14



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

Special categories of cited documents:	
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier application or patent published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search

18 October 2006 (18.10.2006)

Date of mailing of the international search report

22 NOV 2006

Name and mailing address of the ISA/US

Mail Stop PCT, Attn: ISA/US
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

Facsimile No. (571) 273-3201

Authorized officer

for Scott Hughes

Telephone No. 571-272-6983

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US06/21798

C. (Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5784333 (Tang, et al) 21 Jul 14998 (21.07.1998)	1-14
A	US 6327538 B1 (Chin) 4 Dec. 2001 (4.12.2001)	1-14
A	US 5616840 (Tang) 1 April 1997 (01.4.1997)	1-14
A	US 4797859 (Hornby) 10 Jan. 1989 (10.01.1989)	1-14
A	US 5999484 (Kimball, et al) 7 Dec. 1999 (7.12.1999)	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US06/21798

17

Continuation of B. FIELDS SEARCHED Item 3:

EAST: stoneley, tube wave, permeability, Biot, attenuation, quality factor, borehole, wellbore

GeoRef: stoneley, tube wave, permeability, Biot, attenuation, quality factor, borehole, wellbore

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA SEGÚN EL TRATADO DE COOPERACION DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de Propiedad Intelectual
Oficina Internacional



(43) Fecha de Publicación

04 de Enero de 2007 (04.01.2007)

(10) Número de Publicación Internacional

PCT

WO 2007/001746 A1

(51) Clasificación Internacional de Patentes⁷:

G01V 1/28 (2006.01) G01V 1/30 (2006.01)

(21) Número de Solicitud Internacional: PCT/US2006/021798

(22) Fecha de Registro Internacional: 06 de Junio de 2006 (06.06.2006)

(25) Idioma de registro:

Inglés

(26) Idioma de Publicación:

Inglés

(30) Información de Prioridad:

60/693,997

24 de Junio de 2005 (24.06.2005)

US

(71) Solicitante: (para todos los Estados designados excepto Estados Unidos de América): EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY [US/US]; P.O. Box 2189, Houston, TX 77252-2189 (US).

(72) Inventores; e

(75) Inventores/solicitantes (para Estados Unidos de América solamente): WU, Xianyun [CN/US]; 5107 Avondale Drive, Sugar Land, TX 77479 (US). YIN, Hezhu [US/US]; 4427 Greystone Way, Sugar Land, TX 77479 (US).

(74) Agentes: PLUMMER, Paul, J. et al.; Exxonmobil Upstream Research Company, P.O.. Box 2189, Houston, TX 77252-2189 (US).

(81) Estados Designados (A menos que se indique lo contrario para cada tipo de protección Nacional disponible): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Estados Designados (regionales): (A menos que se indique lo contrario para cada tipo de protección Regional disponible): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM) Europea (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

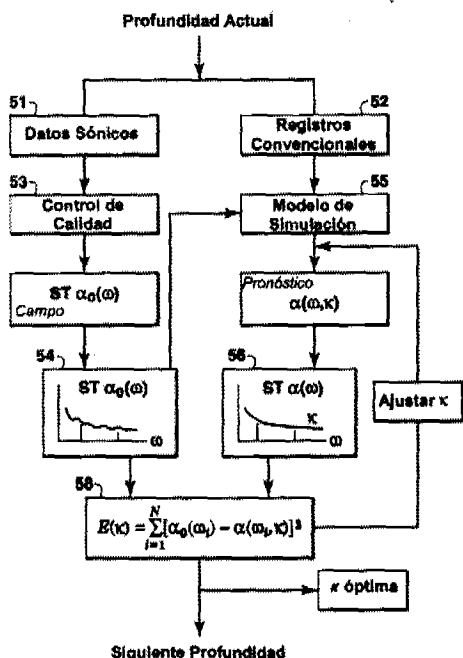
Publicado:

- con reporte de búsqueda internacional

- antes de la expiración del límite de tiempo para modificar las reivindicaciones y ser publicada de nuevo en el caso de recibo de modificaciones

Para los códigos de dos letras y otras abreviaturas, refiéruse a "Las Notas Guías sobre Códigos y Abreviaturas" que aparecen al comienzo de cada emisión regular de la Gaceta PCT.

(54) Título: " MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DE UN YACIMIENTO A PARTIR DE LA ATENUACIÓN DE LAS ONDAS DE STONELEY EN EL POZO DE SONDEO UTILIZANDO LA TEORÍA POROELÁSTICA DE BIOT "



(57) Resumen: Método para la determinación de la permeabilidad de un yacimiento a partir de la atenuación de las ondas de Stoneley extraída de registros sísmicos convencionales por inversión de las ecuaciones de ondas de Biot completas en un medio poroso. La atenuación de las ondas de Stoneley dependiente de la frecuencia es extraída mediante el análisis de mediciones sísmicas de la serie. Luego, en base a la teoría general de Biot aplicada a un modelo de pozo de sondeo modelado y a los registros convencionales (rayos gamma, calibre, densidad, neutrones, resistividad, sísmicos, etc.), se diseña un modelo de simulación con los mismos parámetros de las mediciones de las ondas de Stoneley. Luego, se calcula una atenuación teórica de las ondas de Stoneley para una determinada permeabilidad. Finalmente, se determina la permeabilidad del yacimiento por medio de la comparación de la atenuación modelada de las ondas de Stoneley con la medición de la atenuación de las ondas de Stoneley utilizando un proceso iterativo de inversión.

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau(43) International Publication Date
4 January 2007 (04.01.2007)

PCT

(10) International Publication Number
WO 2007/001746 A1

(51) International Patent Classification:

→ G01V 1/28 (2006.01) G01V 1/30 (2006.01)

(US). YIN, Hezhu [US/US]; 4427 Greystone Way, Sugar Land, TX 77479 (US).

(21) International Application Number:

PCT/US2006/021798

(74) Agents: PLUMMER, Paul, J. et al.; ExxonMobil Upstream Research Company, P.O. Box 2189, Houston, TX 77252-2189 (US).

(22) International Filing Date: 6 June 2006 (06.06.2006)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:

60/693,997 24 June 2005 (24.06.2005) US

(71) Applicant (for all designated States except US): EXXON-MOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY [US/US]; P.O. Box 2189, Houston, TX 77252-2189 (US).

(81) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of national protection available): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

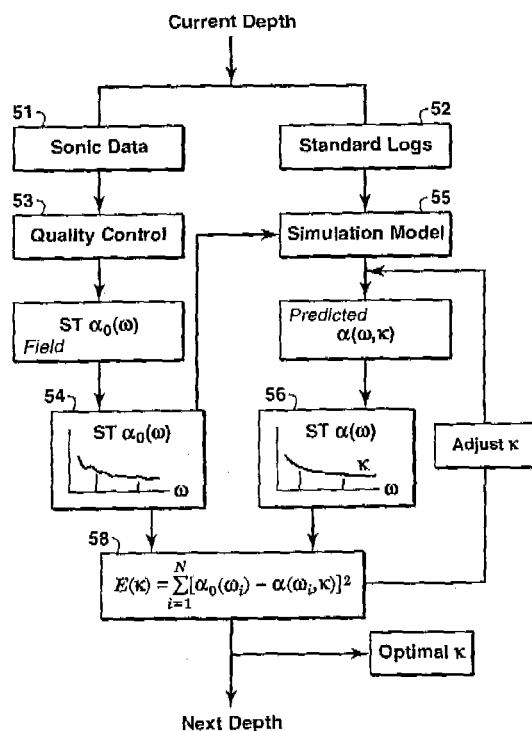
(72) Inventors; and

(75) Inventors/Applicants (for US only): WU, Xianyun [CN/US]; 5107 Avondale Drive, Sugar Land, TX 77479

(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),

[Continued on next page]

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING RESERVOIR PERMEABILITY FROM BOREHOLE STONELEY-WAVE ATTENUATION USING BIOT'S POROELASTIC THEORY



(57) Abstract: Method for determining reservoir permeability from Stoneley wave attenuation extracted from conventional sonic logs by inversion of the full Biot wave equations for a porous medium. Frequency-dependent Stoneley-wave attenuation is extracted by analyzing array sonic measurements. Then, based on Biot's full theory applied to a borehole model and the standard logs (gamma ray, caliper, density, neutron, resistivity, sonic, etc.), a simulation model with the same parameters as the Stoneley-wave measurements is built. Next, a theoretical Stoneley-wave attenuation is computed for a given permeability. Finally, reservoir permeability is determined by comparing the modeled Stoneley-wave attenuation with the measured Stoneley-wave attenuation by an iterative inversion process.



European (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:

— with international search report

— before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

De la
AUTORIDAD DE BUSQUEDA INTERNACIONAL

Para:
J. PAUL PLUMMER
EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY
P.O.BOX 2189
HOUSTON TX 77252-2189

PCT

OPINION ESCRITA DE LA
AUTORIDAD DE BUSQUEDA INTERNACIONAL

(PCT Regla 43bis.1)

		Fecha de envío por correo (día/mes/año) 22 de Noviembre de 2006																									
Registro de referencia del solicitante o agente 2005UR014		PARA FUTURAS ACCIONES Ver párrafo 2 a continuación																									
Solicitud Internacional No. PCT/US06/21798	Fecha de registro internacional (día/mes/año) 06 de Junio de 2006 (06.06.2006)	Fecha de prioridad (día/mes/año) 24 de Junio de 2005 (24.06.2005)																									
Clasificación Internacional de Patentes (IPC) o clasificación nacional e IPC IPC: G01V 1/28 (2006.01), 1/30 (2006.01) USPC: 367/31,32																											
Solicitante EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY																											
1. Esta opinión contiene indicaciones relacionadas con los siguientes ítems: <table border="0"> <tr> <td>☒</td> <td>Casilla No. I</td> <td>Bases de la opinión</td> </tr> <tr> <td>☐</td> <td>Casilla No. II</td> <td>Prioridad</td> </tr> <tr> <td>☐</td> <td>Casilla No. III</td> <td>No establecimiento de opinión respecto a novedad, nivel inventivo y aplicabilidad industrial</td> </tr> <tr> <td>☐</td> <td>Casilla No. IV</td> <td>Falta de unidad de invención</td> </tr> <tr> <td>☒</td> <td>Casilla No. V</td> <td>Afirmación razonada de conformidad con la Regla 43bis.1(a)(i) con respecto a novedad, nivel inventivo o aplicabilidad industrial; citas y explicaciones que sustentan dicha afirmación</td> </tr> <tr> <td>☐</td> <td>Casilla No. VI</td> <td>Ciertos documentos citados</td> </tr> <tr> <td>☐</td> <td>Casilla No. VII</td> <td>Ciertos defectos en la solicitud internacional</td> </tr> <tr> <td>☐</td> <td>Casilla No. VIII</td> <td>Ciertas observaciones sobre la solicitud internacional</td> </tr> </table> 2. ACCIONES FUTURAS Si se hace una demanda para examen preliminar internacional, esta opinión generalmente será considerada como una opinión escrita de la Autoridad Examinadora Preliminar ("IPEA"). Sin embargo, esto no aplica cuando el solicitante escoge una Autoridad diferente a ésta para que sea la IPEA y la IPEA escogida le ha notificado a la Oficina Internacional de conformidad con la Regla 66.1bis(b) que no se considerarán las opiniones escritas de esta Autoridad de Búsqueda Internacional. Si esta opinión es, según se estipula anteriormente, considerada una opinión escrita de la IPEA, se invita al solicitante a presentar ante la IPEA una respuesta escrita junto, cuando sea apropiado, con modificaciones, antes de la fecha de expiración de tres meses desde la fecha de envío por correo de la Forma PCT/ISA/220 o antes de la fecha de expiración de 22 meses desde la fecha de prioridad, la que expire más tarde. Para opciones futuras, ver la Forma PCT/ISA/220. 3. Para detalles adicionales, ver las notas a la Forma PCT/ISA/220.				☒	Casilla No. I	Bases de la opinión	☐	Casilla No. II	Prioridad	☐	Casilla No. III	No establecimiento de opinión respecto a novedad, nivel inventivo y aplicabilidad industrial	☐	Casilla No. IV	Falta de unidad de invención	☒	Casilla No. V	Afirmación razonada de conformidad con la Regla 43bis.1(a)(i) con respecto a novedad, nivel inventivo o aplicabilidad industrial; citas y explicaciones que sustentan dicha afirmación	☐	Casilla No. VI	Ciertos documentos citados	☐	Casilla No. VII	Ciertos defectos en la solicitud internacional	☐	Casilla No. VIII	Ciertas observaciones sobre la solicitud internacional
☒	Casilla No. I	Bases de la opinión																									
☐	Casilla No. II	Prioridad																									
☐	Casilla No. III	No establecimiento de opinión respecto a novedad, nivel inventivo y aplicabilidad industrial																									
☐	Casilla No. IV	Falta de unidad de invención																									
☒	Casilla No. V	Afirmación razonada de conformidad con la Regla 43bis.1(a)(i) con respecto a novedad, nivel inventivo o aplicabilidad industrial; citas y explicaciones que sustentan dicha afirmación																									
☐	Casilla No. VI	Ciertos documentos citados																									
☐	Casilla No. VII	Ciertos defectos en la solicitud internacional																									
☐	Casilla No. VIII	Ciertas observaciones sobre la solicitud internacional																									
Nombre y dirección de correo de la ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US Commissioner for Patents P.O.Box 1450 Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsímile No. (571)273-3201		Fecha de terminación de esta opinión 20 de Octubre de 2006 (20.10.2006)	Funcionario Autorizado Scott Hughes Teléfono No. 571-272-6983																								

Casilla No. I. Bases de la opinión

1. Respecto al lenguaje, esta opinión se llevó a cabo sobre las bases de:

- ☒ la solicitud internacional en el lenguaje en el cual se presentó.
- ☐ una traducción de la solicitud internacional a ----- el cual es el lenguaje de la traducción proporcionada para los propósitos de la Búsqueda Internacional (Reglas 12.3 (a) y 23.1(b)).

2. Respecto a cualquier **nucleótido y/o secuencia aminoácida** revelada en la solicitud internacional y necesaria para la invención reivindicada, esta opinión se ha establecido según:

a. tipo de material:

- ☐ un listado de secuencia
- ☐ tabla(s) relacionada con el listado de secuencia

b. formato de material:

- ☐ en formato escrito
- ☐ en formato legible por computador

c. tiempo de presentación/suministro:

- ☐ contenido en la solicitud internacional según se registró.
- ☐ registrada junto con la solicitud internacional en formato legible por computador.
- ☐ proporcionada subsiguientemente a esta Autoridad para la búsqueda..

3. ☐ Además, en el caso en que más de una versión o copia de un listado de secuencia y/o tabla relacionada con ello se haya registrado o proporcionado, las declaraciones requeridas de que la información en las copias subsiguientes o adicionales es idéntica a aquella en la solicitud según se presentó o no va más allá de la solicitud según se registró, según lo apropiado, fueron suministradas.

4. Comentarios adicionales:

OPINION ESCRITA DE LA
AUTORIDAD DE BUSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud Internacional No.
PCT/US06/21798

Casilla No. V. Afirmación razonada bajo la Regla 66.2(a)(ii) respecto a novedad, nivel inventivo o aplicabilidad industrial; citas y explicaciones que sustentan dicha afirmación

1. Declaración

Novedad (N)	Reivindicaciones <u>8, 10-11</u>	<u>SI</u>
	Reivindicaciones <u>1-7, 9, 12-14</u>	<u>NO</u>
Nivel Inventivo (IS)	Reivindicaciones <u>NINGUNA</u>	<u>SI</u>
	Reivindicaciones <u>1-14</u>	<u>NO</u>
Aplicabilidad Industrial (IA)	Reivindicaciones <u>1-14</u>	<u>SI</u>
	Reivindicaciones <u>NINGUNA</u>	<u>NO</u>

2. Citaciones y explicaciones

Por favor ver Hoja a continuación

OPINIÓN ESCRITA DE LA AUTORIDAD DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL	Solicitud internacional No. PCT/US06/21798
Casilla Suplementaria En caso de que el espacio en las casillas anteriores no sea suficiente	
V.2. Citaciones y Explicaciones: A las reivindicaciones 1-7, 9, 12-14 les falta novedad bajo el Artículo 33(2) PCT por haber sido anticipadas por Liu (4964101). Respecto a la reivindicación 1, Liu revela un método para determinar la permeabilidad de una formación de subsuperficie de datos sísmicos de bitácora y datos de pozo de bitácora obtenidos de un pozo que penetra la formación (resumen). Liu revela el análisis de los datos sísmicos para extraer la disminución de ondas de Stoneley dependientes de la frecuencia para una formación de un receptor sísmico de bitácora seleccionado que comprende al menos dos receptores 21 (Fig. 4) localizados en diferentes profundidades en el pozo 12 (Columna 2, Línea 55 a la Columna 3, Línea 6; Columna 3, Línea 45 a la Columna 4, Línea 50; Columna 9, Línea 60-68; Columna 10-11) (Fig. 1a,b). Liu revela la construcción de un modelo matemático de perforación para el pozo (Figs. 1a,b) (Columna 3, Línea 45 a la Columna 4, Línea 50; Columnas 6-7). Liu revela la programación de un computador para resolver ecuaciones de movimiento de onda para propagación de ondas acústicas de un lugar de fuente sísmica de bitácora seleccionada al lugar de recepción, dichas ecuaciones de onda representan una región de barro central rodeada por la formación permeable con una región torta de lodo anular entre donde y si la torta de lodo existe (Columnas 2-3; Columna 3, Línea 45 a la Columna 9) (Figs. 3, 7-8). Liu revela determinar condiciones de frontera desde el modelo de perforación (Fig. 3) (Columnas 7-8). Liu revela obtener todas las constantes y parámetros para las ecuaciones de onda desde el modelo de perforación y los datos de bitácora del pozo o de lo contrario estimando, excepto para la permeabilidad de la formación 12 (Columna 2, Línea 55 a la Columna 3, Línea 6; Columna 3, Línea 45 a la Columna 4, Línea 50; Columna 9, Línea 60-68; Columnas 10-11) (Fig. 1a,b). Liu revela asumir un valor para la permeabilidad de la formación k 12 (Columna 2, Línea 55 a la Columna 3, Línea 6; Columna 3, Línea 45 a la Columna 4, Línea 50; Columnas 10-11) Fig. 1a,b). Liu revela solucionar las ecuaciones de onda para obtener una solución correspondiente a una onda de Stoneley (Columna 2, Columna 3, Línea 45 a la Columna 4, Línea 50; Columna 6; Línea 309 a la Columna 9, Línea 33). Liu revela extraer de la solución una disminución teórica de ondas de Stoneley como una función de frecuencia para el valor asumido de la permeabilidad de la formación (Fig. 8) (resumen; Columna 4, Líneas 35-50; Columna 11). Liu revela obtener información experimental de disminución de ondas de Stoneley como una función de frecuencia de datos sísmicos de bitácora. Liu revela comparar la disminución experimental teórica de ondas de Stoneley con la disminución experimental de ondas de Stoneley. Liu revela ajustar el valor asumido de k y repetir los pasos g, h, j y k hasta que el valor experimental y teórico de disminución de ondas de Stoneley esté de acuerdo de conformidad con un criterio p[predeterminado, siendo el valor correspondiente de k un valor predicho para la permeabilidad de la formación a un rango de profundidad correspondiente al intervalo cubierto por las posiciones del receptor seleccionado (resumen; (Columna 2, Línea 55 a la Columna 3, Línea 6; Columna 3, Línea 45 a la Columna 4, Línea 50; Columna 9, Línea 60-68; Columna 10-11).	

**OPINIÓN ESCRITA DE LA
AUTORIDAD DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL**

Solicitud internacional No.
PCT/US06/21798

25

Casilla Suplementaria

En caso de que el espacio en las casillas anteriores no sea suficiente

Respecto a la reivindicación 2, Liu revela que los pasos de comparar y ajustar comprenden minimizar una función objetivo (Columna 2, Línea 55 a la Columna 3, Línea 6; Columna 3, Línea 45 a la Columna 4, Línea 50; Columna 9, Línea 60-68; Columnas 10-11).

Respecto a la reivindicación 3, Liu revela que la función objetivo es la ecuación citada por la reivindicación 3 (Columna 4; Columnas 11-12, Apéndice 1).

Respecto a la reivindicación 4, Liu revela que la minimización es ayudada al usar el algoritmo inverso unidimensional (Columna 4).

Respecto a la reivindicación 5, Liu revela repetir los pasos de la reivindicación 1 para rangos de profundidad seleccionados adicionales, produciendo así un perfil de profundidad de permeabilidad (Columna 3, Línea 45 a Columna 4, Línea 50; Columna 9, Línea 35 a la Columna 10, Línea 16).

Respecto a la reivindicación 6, Liu revela que las ecuaciones de movimiento de ondas son las ecuaciones de Biot para medios porosos (Columna 1, Apéndice 1).

Respecto a la reivindicación 7, Liu revela que las ecuaciones de Biot están escritas según las describe el solicitante en la reivindicación 7 (Columna 1, Apéndice 1).

Respecto a la reivindicación 9, Liu revela un paso de control de calidad aplicado a los datos sísmicos de bitácora antes de obtener la disminución experimental de ondas de Stoneley (Columnas 2-4).

Respecto a la reivindicación 12, Liu revela un método para determinar la permeabilidad de una formación de subsuperficie de datos sísmicos de bitácora y datos de pozo de bitácora obtenidos de un pozo que penetra la formación (resumen). Liu revela extraer valores de disminución de Stoneley dependientes de la frecuencia de datos sísmicos de bitácora (Columna 2, Línea 55 a la Columna 3, Línea 6; Columna 3, Línea 45 a la Columna 4, Línea 50; Columna 9, Línea 60-68; Columnas 10-11; Columnas 10-11) (Fig. 1a,b): Liu revela construir un modelo de perforación de simulación que tenga parámetros iguales a los valores de disminución de ondas de Stoneley extraídos, usando datos de pozo de bitácora y la teoría de Biot completa (Figs. 1a,b). (Columna 1; Columna 3, Línea 45 a la Columna 4, Línea 50; Columnas 6-7; Apéndice 1). Liu revela computar la disminución teórica de onda de Stoneley para un valor seleccionado de permeabilidad de la formación. Liu revela determinar permeabilidad de la formación comparando la disminución teórica de ondas de Stoneley con la disminución de ondas de Stoneley extraída de los datos sísmicos (Columna 2, Línea 55 a la Columna 3, Línea 6; Columna 3, Línea 45 a la Columna 4, Línea 50; Columna 9, Línea 60-68; Columnas 10-11).

Respecto a la reivindicación 13, Liu revela que determinar la permeabilidad de la formación se hace ajustando el valor seleccionado de la permeabilidad de formación con base en la comparación de la disminución de ondas de Stoneley teórica y extraída, y repetir los pasos c-d hasta que los valores concuerden con un criterio predeterminado (Columna 2, Línea 55 a la Columna 3, Línea 6; Columna 3, Línea 45 a la Columna 4, Línea 50; Columna 9, Línea 60-68; Columnas 10-11).

Respecto a la reivindicación 14, Liu revela un método para producir hidrocarburos de una formación de subsuperficie (resumen; Columna 1). Liu revela obtener datos sísmicos de bitácora y datos de pozo de bitácora adquiridos de un pozo que penetra la formación (resumen; Columnas 2-4). Liu revela obtener valores de disminución de ondas de Stoneley dependientes de la frecuencia extraídos de datos sísmicos de bitácora (Columna 2, Línea 55 a la Columna 3, Línea 6; Columna 3, Línea 45 a la Columna 4, Línea 50; Columna 9, Línea 60-68; Columnas 10-11) (Fig. 1a,b): Liu revela obtener un modelo de perforación de simulación que tenga parámetros iguales a la disminución de ondas de Stoneley extraída de datos sísmicos con una disminución teórica de ondas de Stoneley computada para un valor seleccionado de permeabilidad de la formación (Fig. 1a,b): (Columna 1; Columna 3, Línea 45 a la Columna 4, Línea 50; Columnas 6-9, 11-12; Apéndice 1). Liu revela producir hidrocarburos de la formación usando la permeabilidad de la formación obtenida (columna 1).

A la reivindicación 8 le falta un nivel inventivo bajo PCT Artículo 33(3) por ser obvio sobre Liu según se aplica a las reivindicaciones 1-7 anteriores en vista de Winkler (Geofísica enero de 1989).

Respecto a la reivindicación 8, Liu no revela que las soluciones a las ecuaciones de ondas son valores del número de onda de Stoneley Kst para frecuencias seleccionadas w , y la disminución teórica de onda de Stoneley $a(w)$ se calcula de la reivindicación 8. Liu no revela específicamente cuáles ecuaciones se usan para determinar la

OPINIÓN ESCRITA DE LA AUTORIDAD DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL	Solicitud internacional No. PCT/US06/21798
Casilla Suplementaria	
En caso de que el espacio en las casillas anteriores no sea suficiente	
disminución. Winkler enseña usar las ecuaciones de la reivindicación 8 para encontrar la disminución de las ondas de Stoneley usadas para determinar permeabilidad (Página 69). Hubiera sido obvio usar estas ecuaciones para encontrar los valores de disminución en Liu. A las reivindicaciones 10-11 les falta un nivel inventivo bajo PCT Artículo 33(3) por ser obvias sobre Liu según se aplica a la reivindicación 1 anterior en vista de Hsui (J. Acoust. Soc. Am. 70, 1986). Respecto a la reivindicación 10, Liu no revela que obtener la disminución experimental de ondas de Stoneley de datos sónicos de bitácora comprenda asumir las amplitudes de onda de Stoneley como una función de distancia entre una pluralidad de receptores sónicos de bitácora. Hsui enseña que la disminución puede encontrarse como una función de las amplitudes entre dos receptores en diferentes profundidades (Página 2056). Respecto a la reivindicación 11, Hsui y Liu enseñan que la disminución experimental de ondas de Stoneley se da por la amplitud, frecuencia y velocidad de las ondas de Stoneley, y por lo tanto sería obvio determinar la relación usando las ecuaciones de la reivindicación 11. Las reivindicaciones 1-14 los criterios indicados en el Artículo 33(4) PCT, y por lo tanto tienen aplicabilidad industrial porque la materia objeto reivindicada puede hacerse o usarse en la industria.	

PATENT COOPERATION TREATY

From the
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

To:
J. PAUL PLUMMER
EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY
P.O. BOX 2189
HOUSTON, TX 77252-2189

PCT

WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

(PCT Rule 43bis.1)

Date of mailing
(day/month/year) **22 NOV 2006**

Applicant's or agent's file reference

2005UR014

FOR FURTHER ACTION

See paragraph 2 below

International application No.

PCT/US06/21798

International filing date (day/month/year)

06 June 2006 (06.06.2006)

Priority date (day/month/year)

24 June 2005 (24.06.2005)

International Patent Classification (IPC) or both national classification and IPC

IPC: **G01V 1/28(2006.01),1/30(2006.01)**

USPC: 367/31,32

Applicant

EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY

1. This opinion contains indications relating to the following items:

- ☒ Box No. I Basis of the opinion
- ☐ Box No. II Priority
- ☐ Box No. III Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- ☐ Box No. IV Lack of unity of invention
- ☒ Box No. V Reasoned statement under Rule 43bis.1(a)(i) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- ☐ Box No. VI Certain documents cited
- ☐ Box No. VII Certain defects in the international application
- ☐ Box No. VIII Certain observations on the international application

2. FURTHER ACTION

If a demand for international preliminary examination is made, this opinion will be considered to be a written opinion of the International Preliminary Examining Authority ("IPEA") except that this does not apply where the applicant chooses an Authority other than this one to be the IPEA and the chosen IPEA has notified the International Bureau under Rule 66.1bis(b) that written opinions of this International Searching Authority will not be so considered.

If this opinion is, as provided above, considered to be a written opinion of the IPEA, the applicant is invited to submit to the IPEA a written reply together, where appropriate, with amendments, before the expiration of 3 months from the date of mailing of Form PCT/ISA/220 or before the expiration of 22 months from the priority date, whichever expires later.

For further options, see Form PCT/ISA/220.

3. For further details, see notes to Form PCT/ISA/220.

Name and mailing address of the ISA/ US

Mail Stop PCT, Attn: ISA/US
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

Facsimile No. (571) 273-3201

Date of completion of this opinion / Authorized officer

20 October 2006 (20.10.2006)

for Scott Hughes

Telephone No. 571-272-6983

WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

International application No.

PCT/US06/21798

Box No. I Basis of this opinion

1. With regard to the **language**, this opinion has been established on the basis of:

- ☒ the international application in the language in which it was filed
- ☐ a translation of the international application into _____, which is the language of a translation furnished for the purposes of international search (Rules 12.3(a) and 23.1(b)).

2. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application and necessary to the claimed invention, this opinion has been established on the basis of:

a. type of material

- ☐ a sequence listing
- ☐ table(s) related to the sequence listing

b. format of material

- ☐ on paper
- ☐ in electronic form

c. time of filing/furnishing

- ☐ contained in the international application as filed.
- ☐ filed together with the international application in electronic form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority for the purposes of search.

3. ☐ In addition, in the case that more than one version or copy of a sequence listing and/or table(s) relating thereto has been filed or furnished, the required statements that the information in the subsequent or additional copies is identical to that in the application as filed or does not go beyond the application as filed, as appropriate, were furnished.

4. Additional comments:

WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

International application No.
PCT/US06/21798

29
29

Box No. V Reasoned statement under Rule 43 bis.1(a)(i) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

I. Statement

Novelty (N)

Claims 8, 10-11

YES

Claims 1-7,9,12-14

NO

Inventive step (IS)

Claims NONE

YES

Claims 1-14

NO

Industrial applicability (IA)

Claims 1-14

YES

Claims NONE

NO

2. Citations and explanations:

Please See Continuation Sheet

30

30

**WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY**

International application No.
PCT/US06/21798

Supplemental Box

In case the space in any of the preceding boxes is not sufficient.

V. 2. Citations and Explanations:

Claims 1-7, 9, 12-14 lack novelty under PCT Article 33(2) as being anticipated by Liu (4964101).

With regard to claim 1, Liu discloses a method for determining the permeability of a subsurface formation from sonic log data and well log data obtained from a well penetrating the formation (abstract). Liu discloses analyzing the sonic data to extract frequency dependent Stoneley wave attenuation for a selected sonic log receiver array comprising at least two receivers 21 (Fig. 4) located at different depths in the well 12 (Column 2, Line 55 to Column 3, Line 6; Column 3, Line 45 to Column 4, Line 50; Column 9, Line 60-68; Columns 10-11) (Fig. 1a,b). Liu discloses constructing a mathematical borehole model for the well (Figs. 1a,b) (Column 3, Line 45 to Column 4, Line 50; Columns 6-7). Liu discloses programming a computer to solve wave motion equations for acoustic wave propagation from the selected sonic log source location to the receiver location, said wave equations representing a central mud region surrounded by the permeable formation with an annular mud cake region in between where and if mud cake exists (Columns 2-3; Column 3, Line 45 to Column 9) (Figs. 3, 7-8). Liu discloses determining boundary conditions from the borehole model (Fig. 3) (Columns 7-8). Liu discloses obtaining all constants and parameters for the wave equations from the borehole model and the well log data or by otherwise estimating, except for the formation's permeability 12 (Column 2, Line 55 to Column 3, Line 6; Column 3, Line 45 to Column 4, Line 50; Column 9, Line 60-68; Columns 10-11) (Fig. 1a,b). Liu discloses assuming a value for the formation permeability k 12 (Column 2, Line 55 to Column 3, Line 6; Column 3, Line 45 to Column 4, Line 50; Columns 10-11) (Fig. 1a,b). Liu discloses solving the wave equations to obtain a solution corresponding to a Stoneley wave (Column 2; Column 3, Line 45 to Column 4, Line 50; Column 6, Line 309 to Column 9, Line 33). Liu discloses extracting from the solution a theoretical Stoneley wave attenuation as a function of frequency for the assumed value of formation permeability (Fig. 8) (abstract; Column 4, Lines 35-50; Column 11). Liu discloses obtaining experimental Stoneley wave attenuation information as a function of frequency from the sonic log data. Liu discloses comparing theoretical Stoneley wave attenuation to experimental Stoneley wave attenuation. Liu discloses adjusting the assumed value of k and repeating steps g, h, j and k until theoretical and experimental Stoneley wave attenuation value agree according to a predetermined criterion, the corresponding value of k being a predicted value for formation permeability at a depth range corresponding to the interval covered by the selected receiver positions (abstract; Column 2, Line 55 to Column 3, Line 6; Column 3, Line 45 to Column 4, Line 50; Column 9, Line 60-68; Columns 10-11).

WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

International application No.
PCT/US06/21 798

Supplemental Box

In case the space in any of the preceding boxes is not sufficient.

With regard to claim 2, Liu discloses that the comparing and adjusting steps comprise minimizing an objective function (Column 2, Line 55 to Column 3, Line 6; Column 3, Line 45 to Column 4, Line 50; Column 9, Line 60-68; Columns 10-11).

With regard to claim 3, Liu discloses that the objective function is the equation cited by claim 3 (Column 4; Columns 11-12, Appendix I).

With regard to claim 4, Liu discloses that the minimization is aided by using the one-dimensional inverse algorithm (Column 4).

With regard to claim 5, Liu discloses repeating the steps of claim 1 for additional selected depth ranges, thereby producing a permeability depth profile (Column 3, Line 45 to Column 4, Line 50; Column 9, Line 35 to Column 10, Line 16).

With regard to claim 6, Liu discloses that the wave motion equations are Biot's equations for porous media (Column 1, Appendix I).

With regard to claim 7, Liu discloses that the Biot's equations are written as described by applicant in claim 7 (Column 1, Appendix I).

With regard to claim 9, Liu discloses a quality control step applied to the sonic log data before obtaining the experimental Stoneley wave attenuation (Columns 2-4).

With regard to claim 12, Liu discloses a method for determining the permeability of a subsurface formation from sonic log data and well log data obtained from a well penetrating the formation (abstract). Liu discloses extracting frequency-dependent Stoneley wave attenuation values from the sonic log data (Column 2, Line 55 to Column 3, Line 6; Column 3, Line 45 to Column 4, Line 50; Column 9, Line 60-68; Columns 10-11) (Fig. 1a,b). Liu discloses constructing a simulation borehole model having parameters same as the extracted Stoneley wave attenuation values, using the well log data and full Biot theory (Figs. 1a,b) (Column 1; Column 3, Line 45 to Column 4, Line 50; Columns 6-7; Appendix I). Liu discloses computing theoretical Stoneley wave attenuation for a selected value of formation permeability. Liu discloses determining formation permeability by comparing the theoretical Stoneley wave attenuation with the Stoneley wave attenuation extracted from the sonic data (Column 2, Line 55 to Column 3, Line 6; Column 3, Line 45 to Column 4, Line 50; Column 9, Line 60-68; Columns 10-11).

With regard to claim 13, Liu discloses that determining formation permeability is done by adjusting the selected value of formation permeability based on the comparison of theoretical and extracted Stoneley wave attenuation, and repeating steps c-d until the values agree according to a predetermined criterion (Column 2, Line 55 to Column 3, Line 6; Column 3, Line 45 to Column 4, Line 50; Column 9, Line 60-68; Columns 10-11).

With regard to claim 14, Liu discloses a method for producing hydrocarbons from a subsurface formation (abstract; Column 1). Liu discloses obtaining sonic log data and well log data acquired from a well penetrating the formation (abstract; Columns 2-4). Liu discloses obtaining frequency dependent Stoneley wave attenuation values extracted from the sonic log data (Column 2, Line 55 to Column 3, Line 6; Column 3, Line 45 to Column 4, Line 50; Column 9, Line 60-68; Columns 10-11) (Fig. 1a,b). Liu discloses obtaining a simulation borehole model having parameters same as the extracted Stoneley wave attenuation extracted from the sonic data with a theoretical Stoneley wave attenuation computed for a selected value of formation permeability (Figs. 1a,b) (Column 1; Column 3, Line 45 to Column 4, Line 50; Columns 6-9, 11-12; Appendix I). Liu discloses producing hydrocarbons from the formation using the obtained formation permeability (column 1).

Claim 8 lacks an inventive step under PCT Article 33(3) as being obvious over Liu as applied to claims 1-7 above in view of Winkler (Geophysics Jan. 1989).

With regard to claim 8, Liu does not disclose that the solutions to the wave equations are values of Stoneley wave number K_{st} for selected frequencies w , and the theoretical Stoneley wave attenuation $a(w)$ is calculated from the equation of claim 8. Liu does not specifically disclose what equations are used to determine the attenuation. Winkler teaches using the

32

32

WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

International application No.
PCT/US06/21798

Supplemental Box

In case the space in any of the preceding boxes is not sufficient.

equations of claim 8 to find the attenuation of Stoneley waves used in determining permeability (Page 69). It would have been obvious to use these equations to find the attenuation values in Liu.

Claims 10-11 lack an inventive step under PCT Article 33(3) as being obvious over Liu as applied to claim 1 above in view of Hsui (J. Acoust. Soc. Am. 70, 1986).

With regard to claim 10, Liu does not disclose that obtaining the experimental Stoneley wave attenuation from the sonic log data comprises assuming Stoneley wave amplitudes as a function of distance between a plurality of sonic log receivers. Hsui teaches that the attenuation can be found as a function of the amplitudes between two receivers at different depths (Page 2056)

With regard to claim 11, Hsui and Liu teach that the experimental Stoneley wave attenuation is given by the amplitude, frequency, and Stoneley wave velocity, and therefore it would be obvious to determine the relationship using the equations of claim 11.

Claims 1-14 the criteria set out in PCT Article 33(4), and thus have industrial applicability because the subject matter claimed can be made or used in industry.

33
33

TRATADO DE COOPERACION DE PATENTES
PCT
REPORTE PRELIMINAR INTERNACIONAL SOBRE PATENTABILIDAD
(Capítulo II del Tratado de Cooperación de Patentes)
(PCT Artículo 36 y Regla 70)

Registro de referencia del solicitante o agente 2005UR014	PARA FUTURAS ACCIONES Ver Forma PCT/IPEA/416	
Solicitud Internacional No. PCT/US06/21798	Fecha de registro internacional (día/mes/año) 06 de Junio de 2006 (06.06.2006)	Fecha de prioridad (día/mes/año) 24 de Junio de 2005 (24.06.2005)
Clasificación Internacional de Patentes (IPC) o clasificación nacional e IPC IPC: G01V 1/28 (2006.01), 1/30 (2006.01) USPC: 367/31, 32		
Solicitante EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY		

1. Este reporte es el reporte de examen preliminar internacional, establecido por esta Autoridad Examinadora Preliminar Internacional bajo el Artículo 35 y transmitido al solicitante de conformidad con el Artículo 36 2. Este REPORTE consta de un total de <u>6</u> hojas, incluyendo esta carátula. 3. Este reporte también es acompañado por ANEXOS, que comprenden: a. ☐ (enviado al solicitante y a la Oficina Internacional) un total de _____ hojas, como sigue: ☐ hojas de la descripción, reivindicaciones y/o dibujos los cuales han sido modificados y son la base de este reporte y/o hojas que contienen rectificaciones autorizadas por esta Autoridad (ver Regla 70.16 y Sección 607 de las Instrucciones Administrativas). ☐ hojas que reemplazan hojas anteriores, pero las cuales esta Autoridad considera que contienen una modificación que va más allá de la revelación en la solicitud internacional como se presentó, como se indicó en el ítem 4 de la Casilla No. I y la Casilla Suplementaria. b. ☐ (enviado únicamente a la Oficina Internacional) un total de (indicar tipo y número de medio(s) electrónico(s)) _____, que contienen un listado de secuencias y/o tablas con ello, únicamente en una forma legible en computador, como se indicó en la Casilla Suplementaria Relacionada con el Listado de Secuencias (ver Sección 802 de las Instrucciones Administrativas).	
4. Este reporte contiene indicaciones relacionadas con los siguientes ítems: ☒ Casilla No. I Bases del Reporte ☐ Casilla No. II Prioridad ☐ Casilla No. III No establecimiento de opinión respecto a novedad, nivel inventivo y aplicabilidad industrial. ☐ Casilla No. IV Falta de unidad de invención ☒ Casilla No. V Afirmación razonada de conformidad con el Artículo 35(2) con respecto a novedad, nivel inventivo o aplicabilidad industrial; citaciones y explicaciones que sustentan dicha afirmación. ☐ Casilla No. VI Ciertos documentos citados ☐ Casilla No. VII Ciertos defectos en la solicitud internacional ☐ Casilla No. VIII Ciertas observaciones sobre la solicitud internacional	
Fecha de presentación de la demanda 22 de Enero de 2007 (22.01.2007)	Fecha de terminación de este reporte 30 de Julio de 2007 (30.07.2007)
Nombre y dirección de correo de la IPEA/US Mail Stop PCT, Attn: IPEA/US Commissioner for Patents P.O. Box 1450 Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. (571) 273-3201	Funcionario autorizado Scott Hughes Teléfono No. 571-272-6983

Casilla No. I Bases del reporte

1. Respecto al idioma, este reporte se basó en

- ☒ la solicitud internacional en el idioma en el cual fue presentada
- ☐ una traducción de la solicitud internacional en, el idioma, el cual es el idioma de una traducción suministrada para los propósitos de:
- ☐ búsqueda internacional (según la Regla 12.3(a) y 23.1 (b)).
- ☐ publicación de la solicitud internacional (según la Regla 12.4(a))
- ☐ examen preliminar internacional (según las Reglas 55.2(a) y/o 55.3(a))

2. Respecto a los elementos de la solicitud internacional este Reporte se basó en (hojas reemplazadas que has sido suministradas a la oficina receptora en respuesta a una invitación según Artículo 14, son referidas en este reporte como "originalmente presentadas" y no son anexadas a este reporte):

- ☒ la solicitud internacional según se presentó/ suministro originalmente
- ☒ la descripción:
- páginas 1-31 como se presentó/suministro originalmente
- páginas * NINGUNA recibida por esta Autoridad en
- páginas * NINGUNA recibida por esta Autoridad en
- ☒ las reivindicaciones:
- páginas 32-36 como se presentó/suministro originalmente
- páginas * NINGUNA las modificaciones (todas con afirmación)según Artículo 19
- páginas * NINGUNA recibida por esta Autoridad en
- páginas * NINGUNA recibida por esta Autoridad en
- ☒ los dibujos:
- Páginas 1/6 - 6/6 como se presentó/suministro originalmente
- Páginas * NINGUNO recibida por esta Autoridad en
- Páginas * NINGUNO recibida por esta Autoridad en
- ☐ la secuencia numerada y/o alguna tabla(s)-ver Casilla Suplementaria a la Secuencia Numerada

3. ☐ Las modificaciones resultaron en la cancelación de:

- ☐ la descripción, páginas
- ☐ las reivindicaciones, Nos.
- ☐ los dibujos, hojas/figuras
- ☐ listado de secuencia (especificar)
- ☐ cualquier tabla(s) relacionadas con la serie de listados (especificar)

4. ☐ Este reporte ha sido establecido como si (alguno de) los anexos corregidos a este reporte y numerado antes no ha sido hecho, desde que ellos han sido considerados a través de la presentación original, como esta indicado en la casilla suplementaria (regla 70.2©)..

- ☐ la descripción, páginas
- ☐ las reivindicaciones, Nos.
- ☐ los dibujos, hojas/figuras
- ☐ secuencia que enumera (especificar)
- ☐ algunas tabla(s) relatando secuencia numerada (especificar)

*si el Item 4 aplica, algunas o todas aquellas hojas pueden ser marcadas "reemplazadas"

REPORTE PRELIMINAR INTERNACIONAL SOBRE
PATENTABILIDAD

Solicitud internacional No.
PCT/US06/21798

Casilla No. V Afirmación razonada bajo el Artículo 35(2) respecto a novedad, nivel inventivo o aplicabilidad industrial; citas y explicaciones que sustentan dicha afirmación

1. Afirmación

Novedad (N)	Reivindicaciones	8, 10-11	SI
	Reivindicaciones	1-7, 9, 12-14	NO
Nivel inventivo (IS)	Reivindicaciones	NINGUNA	SI
	Reivindicaciones	1-14	NO
Aplicabilidad industrial (IA)	Reivindicaciones	1-14	SI
	Reivindicaciones	NINGUNA	NO

2. Citas y explicaciones (Regla 70.7)
Por favor ver hoja a continuación

Casilla Suplementaria

V.2. Citaciones y Explicaciones:

El solicitante afirma que la referencia de Liu da información específica para usar lentitud, y no para usar disminución. El solicitante afirma que la revelación de Liu en la Col. 4 que afirma que la sustitución de la disminución para lentitud en el método no permite a una persona comúnmente versada en la técnica usar disminución. Este argumento no es convincente, puesto que Liu revela usar valores de disminución y afirma en cuáles ecuaciones se deben sustituir los valores para lentitud. Puesto que Liu revela que la disminución puede ser usada, la revelación cumple con el idioma de reivindicación del solicitante. El solicitante también afirma que Liu no revela cómo extraer la información de ondas de Stoneley de los datos sínicos. Este argumento no es generalizado porque según lo indicó el solicitante, Liu afirma en la revelación que la información de disminución de Stoneley es obtenida de datos medidos. Las limitaciones de la reivindicación del solicitante no incluyen detalles de cómo se obtiene la información de disminución de los datos, y la revelación de Liu por lo tanto cumple con todas las limitaciones de la reivindicación del solicitante. El argumento del solicitante de que Liu simplemente implica que extraer la disminución de ondas de Stoneley, y por lo tanto no lee en la reivindicación no es convincente. La revelación de Liu proporciona un soporte razonable a las afirmaciones de que la disminución de Stoneley puede ser usada, y da suficiente descripción para traspasarle a una persona comúnmente versada que Liu fue capaz de usar disminución según se reveló. Además, los argumentos del solicitante de que la especificación del solicitante revela un método para hacer esto, descrito en detalle en las páginas 17-19 no es convincente porque los detalles específicos de la revelación del solicitante no están reivindicados y no se leen en el idioma de la reivindicación.

A las reivindicaciones 1-7, 9, 12-14 les falta novedad bajo el Artículo 33(2) PCT por haber sido anticipadas por Liu (4964101).

Respecto a la reivindicación 1, Liu revela un método para determinar la permeabilidad de una formación de subsuperficie de datos sínicos de bitácora y datos de pozo de bitácora obtenidos de un pozo que penetra la

Casilla Suplementaria

formación (resumen). Liu revela el análisis de los datos sínicos para extraer la disminución de ondas de Stoneley dependientes de la frecuencia para una formación de un receptor sínico de bitácora seleccionado que comprende al menos dos receptores 21 (Fig. 4) localizados en diferentes profundidades en el pozo 12 (Columna 2, Línea 55 a la Columna 3, Línea 6; Columna 3, Línea 45 a la Columna 4, Línea 50; Columna 9, Línea 60-68; Columna 10-11) (Fig. 1a,b). Liu revela la construcción de un modelo matemático de perforación para el pozo (Figs. 1a,b) (Columna 3, Línea 45 a la Columna 4, Línea 50; Columnas 6-7). Liu revela la programación de un computador para resolver ecuaciones de movimiento de onda para propagación de ondas acústicas de un lugar de fuente sínica de bitácora seleccionada al lugar de recepción, dichas ecuaciones de onda representan una región de barro central rodeada por la formación permeable con una región torta de lodo anular entre donde y si la torta de lodo existe (Columnas 2-3; Columna 3, Línea 45 a la Columna 9) (Figs. 3, 7-8). Liu revela determinar condiciones de frontera desde el modelo de perforación (Fig. 3) (Columnas 7-8). Liu revela obtener todas las constantes y parámetros para las ecuaciones de onda desde el modelo de perforación y los datos de bitácora del pozo o de lo contrario estimando, excepto para la permeabilidad de la formación 12 (Columna 2, Línea 55 a la Columna 3, Línea 6; Columna 3, Línea 45 a la Columna 4, Línea 50; Columna 9, Línea 60-68; Columnas 10-11) (Fig. 1a,b). Liu revela asumir un valor para la permeabilidad de la formación k 12 (Columna 2, Línea 55 a la Columna 3, Línea 6; Columna 3, Línea 45 a la Columna 4, Línea 50; Columnas 10-11) Fig. 1a,b). Liu revela solucionar las ecuaciones de onda para obtener una solución correspondiente a una onda de Stoneley (Columna 2, Columna 3, Línea 45 a la Columna 4, Línea 50; Columna 6; Línea 309 a la Columna 9, Línea 33). Liu revela extraer de la solución una disminución teórica de ondas de Stoneley como una función de frecuencia para el valor asumido de la permeabilidad de la formación (Fig. 8) (resumen; Columna 4, Líneas 35-50; Columna 11). Liu revela obtener información experimental de disminución de ondas de Stoneley como una función de frecuencia de datos sínicos de bitácora. Liu revela comparar la disminución experimental teórica de ondas de Stoneley con la disminución experimental de ondas de Stoneley. Liu revela ajustar el valor asumido de k y repetir los pasos g, h, j y k hasta que el valor experimental y teórico de disminución de ondas de Stoneley esté de acuerdo de conformidad con un criterio p[predeterminado, siendo el valor correspondiente de k un valor predicho para la permeabilidad de la formación a un rango de profundidad correspondiente al intervalo cubierto por las posiciones del receptor seleccionado (resumen; (Columna 2, Línea 55 a la Columna 3, Línea 6; Columna 3, Línea 45 a la Columna 4, Línea 50; Columna 9, Línea 60-68; Columna 10-11).

Respecto a la reivindicación 2, Liu revela que los pasos de comparar y ajustar comprenden minimizar una función objetivo (Columna 2, Línea 55 a la Columna 3, Línea 6; Columna 3, Línea 45 a la Columna 4, Línea 50; Columna 9, Línea 60-68; Columnas 10-11).

Respecto a la reivindicación 3, Liu revela que la función objetivo es la ecuación citada por la reivindicación 3 (Columna 4; Columnas 11-12, Apéndice 1).

Respecto a la reivindicación 4, Liu revela que la minimización es ayudada al usar el algoritmo inverso unidimensional (Columna 4).

Respecto a la reivindicación 5, Liu revela repetir los pasos de la reivindicación 1 para rangos de profundidad seleccionados adicionales, produciendo así un perfil de profundidad de permeabilidad (Columna 3, Línea 45 a la Columna 4, Línea 50; Columna 9, Línea 35 a la Columna 10, Línea 16).

Respecto a la reivindicación 6, Liu revela que las ecuaciones de movimiento de ondas son las ecuaciones de Biot para medios porosos (Columna 1, Apéndice 1).

Respecto a la reivindicación 7, Liu revela que las ecuaciones de Biot están escritas según las describe el solicitante en la reivindicación 7 (Columna 1, Apéndice 1).

Respecto a la reivindicación 9, Liu revela un paso de control de calidad aplicado a los datos sínicos de bitácora antes de obtener la disminución experimental de ondas de Stoneley (Columnas 2-4).

Respecto a la reivindicación 12, Liu revela un método para determinar la permeabilidad de una formación de subsuperficie de datos sínicos de bitácora y datos de pozo de bitácora obtenidos de un pozo que penetra la formación (resumen). Liu revela extraer valores de disminución de Stoneley dependientes de la frecuencia de datos sínicos de bitácora (Columna 2, Línea 55 a la Columna 3, Línea 6; Columna 3, Línea 45 a la Columna 4, Línea 50; Columna 9, Línea 60-68; Columnas 10-11) (Fig. 1a,b): Liu revela construir un modelo de perforación de simulación que tenga parámetros iguales a los valores de disminución de ondas de Stoneley extraídos, usando datos de pozo de bitácora y la teoría de Biot completa (Figs. 1a,b). (Columna 1; Columna 3, Línea 45 a la Columna 4, Línea 50; Columnas 6-7; Apéndice 1). Liu revela computar la disminución teórica de onda de Stoneley para un valor seleccionado de permeabilidad de la formación. Liu revela determinar permeabilidad de la formación comparando la disminución teórica de ondas de Stoneley con la disminución de ondas de Stoneley extraída de los datos sínicos (Columna 2, Línea 55 a la Columna 3, Línea 6; Columna 3, Línea 45 a la Columna 4, Línea 50; Columna 9, Línea 60-68; Columnas 10-11).

Casilla Suplementaria

Respecto a la reivindicación 13, Liu revela que determinar la permeabilidad de la formación se hace ajustando el valor seleccionado de la permeabilidad de formación con base en la comparación de la disminución de ondas de Stoneley teórica y extraída, y repetir los pasos c-d hasta que los valores concuerden con un criterio predeterminado (Columna 2, Línea 55 a la Columna 3, Línea 6; Columna 3, Línea 45 a la Columna 4, Línea 50; Columna 9, Línea 60-68; Columnas 10-11).

Respecto a la reivindicación 14, Liu revela un método para producir hidrocarburos de una formación de subsuperficie (resumen; Columna 1). Liu revela obtener datos sínicos de bitácora y datos de pozo de bitácora adquiridos de un pozo que penetra la formación (resumen; Columnas 2-4). Liu revela obtener valores de disminución de ondas de Stoneley dependientes de la frecuencia extraídos de datos sínicos de bitácora (Columna 2, Línea 55 a la Columna 3, Línea 6; Columna 3, Línea 45 a la Columna 4, Línea 50; Columna 9, Línea 60-68; Columnas 10-11) (Fig. 1a,b); Liu revela obtener un modelo de perforación de simulación que tenga parámetros iguales a la disminución de ondas de Stoneley extraída de datos sínicos con una disminución teórica de ondas de Stoneley computada para un valor seleccionado de permeabilidad de la formación (Fig. 1a,b); (Columna 1; Columna 3, Línea 45 a la Columna 4, Línea 50; Columnas 6-9, 11-12; Apéndice 1). Liu revela producir hidrocarburos de la formación usando la permeabilidad de la formación obtenida (columna 1).

A la reivindicación 8 le falta un nivel inventivo bajo PCT Artículo 33(3) por ser obvio sobre Liu según se aplica a las reivindicaciones 1-7 anteriores en vista de Winkler (Geofísica enero de 1989).

Respecto a la reivindicación 8, Liu no revela que las soluciones a las ecuaciones de ondas son valores del número de onda de Stoneley Kst para frecuencias seleccionadas w , y la disminución teórica de onda de Stoneley $a(w)$ se calcula de la reivindicación 8. Liu no revela específicamente cuáles ecuaciones se usan para determinar la disminución. Winkler enseña usar las ecuaciones de la reivindicación 8 para encontrar la disminución de las ondas de Stoneley usadas para determinar permeabilidad (Página 69). Hubiera sido obvio usar estas ecuaciones para encontrar los valores de disminución en Liu.

A las reivindicaciones 10-11 les falta un nivel inventivo bajo PCT Artículo 33(3) por ser obvias sobre Liu según se aplica a la reivindicación 1 anterior en vista de Hsui (J. Acoust. Soc. Am. 70, 1986).

Respecto a la reivindicación 10, Liu no revela que obtener la disminución experimental de ondas de Stoneley de datos sínicos de bitácora comprenda asumir las amplitudes de onda de Stoneley como una función de distancia entre una pluralidad de receptores sínicos de bitácora. Hsui enseña que la disminución puede encontrarse como una función de las amplitudes entre dos receptores en diferentes profundidades (Página 2056).

Respecto a la reivindicación 11, Hsui y Liu enseñan que la disminución experimental de ondas de Stoneley se da por la amplitud, frecuencia y velocidad de las ondas de Stoneley, y por lo tanto sería obvio determinar la relación usando las ecuaciones de la reivindicación 11.

Las reivindicaciones 1-14 los criterios indicados en el Artículo 33(4) PCT, y por lo tanto tienen aplicabilidad industrial porque la materia objeto reivindicada puede hacerse o usarse en la industria.

----- NUEVAS CITACIONES -----

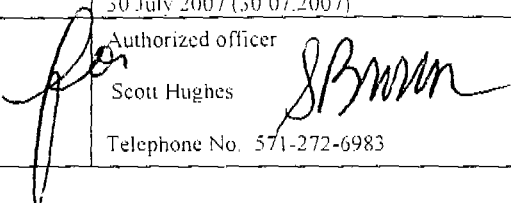
PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY REPORT ON PATENTABILITY

(Chapter II of the Patent Cooperation Treaty)

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference 2005UR014	FOR FURTHER ACTION	See Form PCT/IPEA/416																								
International application No. PCT/US06/21798	International filing date (day/month/year) 06 June 2006 (06.06.2006)	Priority date (day/month/year) 24 June 2005 (24.06.2005)																								
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC IPC: G01V 1/28 (2006.01), 1/30 (2006.01) USPC: 367/31,32																										
Applicant EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY																										
1. This report is the international preliminary examination report, established by this International Preliminary Examining Authority under Article 35 and transmitted to the applicant according to Article 36. 2. This REPORT consists of a total of <u>6</u> sheets, including this cover sheet. 3. This report is also accompanied by ANNEXES, comprising: a. ☐ (sent to the applicant and to the International Bureau) a total of ___ sheets, as follows: ☐ sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis of this report and/or sheets containing rectifications authorized by this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions). ☐ sheets which supersede earlier sheets, but which this Authority considers contain an amendment that goes beyond the disclosure in the international application as filed, as indicated in item 4 of Box No. I and the Supplemental Box. b. ☐ (sent to the International Bureau only) a total of (indicate type and number of electronic carrier(s)) _____, containing a sequence listing and/or tables related thereto, in electronic form only, as indicated in the Supplemental Box Relating to Sequence Listing (see Section 802 of the Administrative Instructions). 4. This report contains indications relating to the following items: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 10%;">☒</td> <td style="width: 20%;">Box No. I</td> <td>Basis of the report</td> </tr> <tr> <td>☐</td> <td>Box No. II</td> <td>Priority</td> </tr> <tr> <td>☐</td> <td>Box No. III</td> <td>Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability</td> </tr> <tr> <td>☐</td> <td>Box No. IV</td> <td>Lack of unity of invention</td> </tr> <tr> <td>☒</td> <td>Box No. V</td> <td>Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement</td> </tr> <tr> <td>☐</td> <td>Box No. VI</td> <td>Certain documents cited</td> </tr> <tr> <td>☐</td> <td>Box No. VII</td> <td>Certain defects in the international application</td> </tr> <tr> <td>☐</td> <td>Box No. VIII</td> <td>Certain observations on the international application</td> </tr> </table>			☒	Box No. I	Basis of the report	☐	Box No. II	Priority	☐	Box No. III	Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability	☐	Box No. IV	Lack of unity of invention	☒	Box No. V	Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement	☐	Box No. VI	Certain documents cited	☐	Box No. VII	Certain defects in the international application	☐	Box No. VIII	Certain observations on the international application
☒	Box No. I	Basis of the report																								
☐	Box No. II	Priority																								
☐	Box No. III	Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability																								
☐	Box No. IV	Lack of unity of invention																								
☒	Box No. V	Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement																								
☐	Box No. VI	Certain documents cited																								
☐	Box No. VII	Certain defects in the international application																								
☐	Box No. VIII	Certain observations on the international application																								
Date of submission of the demand 22 January 2007 (22.01.2007)	Date of completion of this report 30 July 2007 (30.07.2007)																									
Name and mailing address of the IPEA/ US Mail Stop PCT, Attn: IPEA-US Commissioner for Patents P.O. Box 1450 Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. (571) 273-3201		Authorized officer  Scott Hughes Telephone No. 571-272-6983																								

Form PCT/IPEA/409 (cover sheet)(April 2005)

INTERNATIONAL PRELIMINARY REPORT ON PATENTABILITY

International application No.

PCT/US06/21798

Box No. 1 Basis of the report

1. With regard to the **language**, this report is based on:

- ☒ the international application in the language in which it was filed.
- ☐ a translation of the international application into _____, which is the language of a translation furnished for the purposes of:
 - ☐ international search (under Rules 12.3 and 23.1(b))
 - ☐ publication of the international application (under Rule 12.4(a))
 - ☐ international preliminary examination (under Rules 55.2(a) and/or 55.3(a))

2. With regard to the **elements** of the international application, this report is based on *(replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report)*:

- ☒ the international application as originally filed/furnished
- ☒ the description:
 - pages 1-31 as originally filed/furnished
 - pages* NONE received by this Authority on _____
 - pages* NONE received by this Authority on _____
- ☒ the claims:
 - pages 32-36 as originally filed/furnished
 - pages* NONE as amended (together with any statement) under Article 19
 - pages* NONE received by this Authority on _____
 - pages* NONE received by this Authority on _____
- ☒ the drawings:
 - pages 1/6 - 6/6 as originally filed/furnished
 - pages* NONE received by this Authority on _____
 - pages* NONE received by this Authority on _____
- ☐ a sequence listing and/or any related table(s) - see Supplemental Box Relating to Sequence Listing.

3. ☐ The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheets/figs _____
- ☐ the sequence listing (*specify*): _____
- ☐ any table(s) related to the sequence listing (*specify*): _____

4. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments annexed to this report and listed below had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheets/figs _____
- ☐ the sequence listing (*specify*): _____
- ☐ any table(s) related to the sequence listing (*specify*): _____

* If item 4 applies, some or all of those sheets may be marked "superseded."

INTERNATIONAL PRELIMINARY REPORT ON PATENTABILITY

International application No.
PCT/US06/21798**Box No. V Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement****1. Statement**

Novelty (N)	Claims <u>8, 10-11</u>	YES
	Claims <u>1-7, 9, 12-14</u>	NO
Inventive Step (IS)	Claims <u>NONE</u>	YES
	Claims <u>1-14</u>	NO
Industrial Applicability (IA)	Claims <u>1-14</u>	YES
	Claims <u>NONE</u>	NO

2. Citations and Explanations (Rule 70.7)
Please See Continuation Sheet

42
42

INTERNATIONAL PRELIMINARY REPORT ON PATENTABILITY

International application No.
PCT/US06/21798

Supplemental Box

In case the space in any of the preceding boxes is not sufficient.

Continuation of:

V. 2. Citations and Explanations:

Applicant argues that the Liu reference gives specifics for using slowness, and not for using attenuation. Applicant argues that the Liu disclosure in Col. 4 stating that substitution of attenuation for slowness in the method does not enable one of ordinary skill in the art to use attenuation. This argument is not persuasive, as Liu discloses using attenuation values and states what equations the values should be substituted into for slowness. Since Liu discloses that attenuation can be used, the disclosure meets applicant's claim language. Applicant also argues that Liu does not disclose how to extract Stoneley wave information from sonic data. This argument is not persuasive because, as noted by applicant, Liu states in the disclosure that Stoneley attenuation information is obtained from the measured data. Applicant's claim limitations do not include details of how the attenuation information is obtained from the data, and Liu's disclosure therefore meets all of applicant's claim limitations. Applicant's argument that Liu merely implies that extracting Stoneley wave attenuation, and therefore does not read on the claim is not persuasive. Liu's disclosure gives reasonably support for the statements that Stoneley attenuation can be used, and gives enough description to convey to one of ordinary skill that Liu was capable of using attenuation as disclosed. Further, applicant's arguments that applicant's specification discloses a method for doing this, described in detail from pages 17-19 is not persuasive as the specifics of applicant's disclosure are not claimed and are not read into the claim language.

Claims 1-7, 9, 12-14 lack novelty under PCT Article 33(2) as being anticipated by Liu (4964101).

With regard to claim 1, Liu discloses a method for determining the permeability of a subsurface formation from sonic log data and well log data obtained from a well penetrating the formation (abstract). Liu discloses analyzing the sonic data to

Supplemental Box

extract frequency dependent Stoneley wave attenuation for a selected sonic log receiver array comprising at least two receivers 21 (Fig. 4) located at different depths in the well 12 (Column 2, Line 55 to Column 3, Line 6; Column 3, Line 45 to Column 4, Line 50; Column 9, Line 60-68; Columns 10-11) (Fig. 1a,b). Liu discloses constructing a mathematical borehole model for the well (Figs. 1a,b) (Column 3, Line 45 to Column 4, Line 50; Columns 6-7). Liu discloses programming a computer to solve wave motion equations for acoustic wave propagation from the selected sonic log source location to the receiver location, said wave equations representing a central mud region surrounded by the permeable formation with an annular mud cake region in between where and if mud cake exists (Columns 2-3; Column 3, Line 45 to Column 9) (Figs. 3, 7-8). Liu discloses determining boundary conditions from the borehole model (Fig. 3) (Columns 7-8). Liu discloses obtaining all constants and parameters for the wave equations from the borehole model and the well log data or by otherwise estimating, except for the formation's permeability 12 (Column 2, Line 55 to Column 3, Line 6; Column 3, Line 45 to Column 4, Line 50; Column 9, Line 60-68; Columns 10-11) (Fig. 1a,b). Liu discloses assuming a value for the formation permeability k 12 (Column 2, Line 55 to Column 3, Line 6; Column 3, Line 45 to Column 4, Line 50; Columns 10-11) (Fig. 1a,b). Liu discloses solving the wave equations to obtain a solution corresponding to a Stoneley wave (Column 2; Column 3, Line 45 to Column 4, Line 50; Column 6, Line 309 to Column 9, Line 33). Liu discloses extracting from the solution a theoretical Stoneley wave attenuation as a function of frequency for the assumed value of formation permeability (Fig. 8) (abstract; Column 4, Lines 35-50; Column 11). Liu discloses obtaining experimental Stoneley wave attenuation information as a function of frequency from the sonic log data. Liu discloses comparing theoretical Stoneley wave attenuation to experimental Stoneley wave attenuation. Liu discloses adjusting the assumed value of k and repeating steps g, h, j and k until theoretical and experimental Stoneley wave attenuation value agree according to a p[re]determined criterion, the corresponding value of k being a predicted value for formation permeability at a depth range corresponding to the interval covered by the selected receiver positions (abstract; Column 2, Line 55 to Column 3, Line 6; Column 3, Line 45 to Column 4, Line 50; Column 9, Line 60-68; Columns 10-11).

With regard to claim 2, Liu discloses that the comparing and adjusting steps comprise minimizing an objective function (Column 2, Line 55 to Column 3, Line 6; Column 3, Line 45 to Column 4, Line 50; Column 9, Line 60-68; Columns 10-11).

With regard to claim 3, Liu discloses that the objective function is the equation cited by claim 3 (Column 4; Columns 11-12, Appendix I).

With regard to claim 4, Liu discloses that the minimization is aided by using the one-dimensional inverse algorithm (Column 4).

With regard to claim 5, Liu discloses repeating the steps of claim 1 for additional selected depth ranges, thereby producing a permeability depth profile (Column 3, Line 45 to Column 4, Line 50; Column 9, Line 35 to Column 10, Line 16).

With regard to claim 6, Liu discloses that the wave motion equations are Biot's equations for porous media (Column 1, Appendix I).

With regard to claim 7, Liu discloses that the Biot's equations are written as described by applicant in claim 7 (Column 1, Appendix I).

With regard to claim 9, Liu discloses a quality control step applied to the sonic log data before obtaining the experimental Stoneley wave attenuation (Columns 2-4).

With regard to claim 12, Liu discloses a method for determining the permeability of a subsurface formation from sonic log data and well log data obtained from a well penetrating the formation (abstract). Liu discloses extracting frequency-dependent Stoneley wave attenuation values from the sonic log data (Column 2, Line 55 to Column 3, Line 6; Column 3, Line 45 to Column 4, Line 50; Column 9, Line 60-68; Columns 10-11) (Fig. 1a,b). Liu discloses constructing a simulation borehole model having parameters same as the extracted Stoneley wave attenuation values, using the well log data and full Biot theory (Figs. 1a,b) (Column 1; Column 3, Line 45 to Column 4, Line 50; Columns 6-7; Appendix I). Liu discloses computing theoretical Stoneley wave attenuation for a selected value of formation permeability. Liu discloses determining formation permeability by comparing the theoretical Stoneley wave attenuation with the Stoneley wave attenuation extracted from the sonic data (Column 2, Line 55 to Column 3, Line 6; Column 3, Line 45 to Column 4, Line 50; Column 9, Line 60-68; Columns 10-11).

Supplemental Box

With regard to claim 13, Liu discloses that determining formation permeability is done by adjusting the selected value of formation permeability based on the comparison of theoretical and extracted Stoneley wave attenuation, and repeating steps c-d until the values agree according to a predetermined criterion (Column 2, Line 55 to Column 3, Line 6; Column 3, Line 45 to Column 4, Line 50; Column 9, Line 60-68; Columns 10-11).

With regard to claim 14, Liu discloses a method for producing hydrocarbons from a subsurface formation (abstract; Column 1). Liu discloses obtaining sonic log data and well log data acquired from a well penetrating the formation (abstract; Columns 2-4). Liu discloses obtaining frequency dependent Stoneley wave attenuation values extracted from the sonic log data (Column 2, Line 55 to Column 3, Line 6; Column 3, Line 45 to Column 4, Line 50; Column 9, Line 60-68; Columns 10-11) (Fig. 1a,b). Liu discloses obtaining a simulation borehole model having parameters same as the extracted Stoneley wave attenuation extracted from the sonic data with a theoretical Stoneley wave attenuation computed for a selected value of formation permeability (Figs. 1a,b) (Column 1; Column 3, Line 45 to Column 4, Line 50; Columns 6-9, 11-12; Appendix I). Liu discloses producing hydrocarbons from the formation using the obtained formation permeability (column 1).

Claim 8 lacks an inventive step under PCT Article 33(3) as being obvious over Liu as applied to claims 1-7 above in view of Winkler (Geophysics Jan. 1989).

With regard to claim 8, Liu does not disclose that the solutions to the wave equations are values of Stoneley wave number K_{st} for selected frequencies w , and the theoretical Stoneley wave attenuation $a(w)$ is calculated from the equation of claim 8. Liu does not specifically disclose what equations are used to determine the attenuation. Winkler teaches using the equations of claim 8 to find the attenuation of Stoneley waves used in determining permeability (Page 69). It would have been obvious to use these equations to find the attenuation values in Liu.

Claims 10-11 lack an inventive step under PCT Article 33(3) as being obvious over Liu as applied to claim 1 above in view of Hsui (J. Acoust. Soc. Am. 70, 1986).

With regard to claim 10, Liu does not disclose that obtaining the experimental Stoneley wave attenuation from the sonic log data comprises assuming Stoneley wave amplitudes as a function of distance between a plurality of sonic log receivers. Hsui teaches that the attenuation can be found as a function of the amplitudes between two receivers at different depths (Page 2056).

With regard to claim 11, Hsui and Liu teach that that the experimental Stoneley wave attenuation is given by the amplitude, frequency, and Stoneley wave velocity, and therefore it would be obvious to determine the relationship using the equations of claim 11.

Claims 1-14 the criteria set out in PCT Article 33(4), and thus have industrial applicability because the subject matter claimed can be made or used in industry.

----- NEW CITATIONS -----

✗
VS

MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DE UN YACIMIENTO A PARTIR DE LA ATENUACIÓN DE LAS ONDAS DE STONELEY EN EL POZO DE SONDEO UTILIZANDO LA TEORÍA POROELÁSTICA DE BIOT

RESUMEN-OBJETO Y FINALIDAD DE LA INVENCION

Método para la determinación de la permeabilidad de un yacimiento a partir de la atenuación de las ondas de Stoneley extraída de registros sínicos convencionales por inversión de las ecuaciones de ondas de Biot completas en un medio poroso. La atenuación de las ondas de Stoneley dependiente de la frecuencia es extraída mediante el análisis de mediciones sínicas de la serie. Luego, en base a la teoría general de Biot aplicada a un modelo de pozo de sondeo modelado y a los registros convencionales (rayos gamma, calibre, densidad, neutrones, resistividad, sínicos, etc.), se diseña un modelo de simulación con los mismos parámetros de las mediciones de las ondas de Stoneley. Luego, se calcula una atenuación teórica de las ondas de Stoneley para una determinada permeabilidad. Finalmente, se determina la permeabilidad del yacimiento por medio de la comparación de la atenuación modelada de las ondas de Stoneley con la medición de la atenuación de las ondas de Stoneley utilizando un proceso iterativo de inversión.

MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DE UN YACIMIENTO A PARTIR DE LA ATENUACIÓN DE LAS ONDAS DE STONELEY EN EL POZO DE SONDEO UTILIZANDO LA TEORÍA POROELÁSTICA DE BIOT

La presente solicitud reivindica el beneficio de la Solicitud de Patente Provisional de los Estados Unidos de Norteamérica Número 60/693.997, consignada el 24 de junio de 2.005.

CAMPO DE LA INVENCIÓN

La presente invención en general se relaciona con el campo de la exploración geofísica y, más particularmente, con la predicción de la permeabilidad de un yacimiento. Específicamente, la invención se relaciona con un método para la utilización de la atenuación de las ondas de Stoneley extraída de mediciones sísmicas convencionales en serie, para invertir la permeabilidad de un yacimiento.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

Una herramienta de registro sísmico llamada una sonda es comúnmente descendida en los pozos de sondeo a los efectos de generar y detectar ondas acústicas de las cuales se deriva información de utilidad. La herramienta detecta una serie de ondas entrantes luego del inicio de los impulsos. Los tiempos de llegada son proporcionales a la inversa de la velocidad de las ondas. La primera llegada usualmente es el resultado de la progresión de las ondas P en la formación penetrada por el pozo de sondeo. Una onda P es una onda longitudinal o de compresión, donde el movimiento de las partículas tiene lugar en la dirección de propagación de la onda. La segunda llegada de un registro sísmico típico es en ocasiones identificada como progresión de las ondas S en la formación. (Sheriff, *Diccionario Enciclopédico de Geofísica de Exploración*, Sociedad de Geofísicos

de Exploración (4^{ta} Edición, 2.002)) En una onda S, u onda rotacional, el movimiento de las partículas es perpendicular a la dirección de propagación. A la onda S le siguen las ondas de Stoneley, nombre asignado a las ondas superficiales presentes en un pozo de sondeo. En las formaciones blandas o lentas donde no exista onda S, la onda de Stoneley constituirá la segunda llegada en el registro sísmico. En términos generales, las ondas de Stoneley presentan elevada amplitud y baja frecuencia. Las ondas de Stoneley usualmente representan llegadas diferentes y fácilmente identificables en un registro sísmico.

La idea de utilizar la onda de Stoneley a los fines de predecir la permeabilidad de un yacimiento fue propuesta muchos años atrás y se pensó que era un enfoque prometedor (Burns y Cheng, 1.986; Cheng y colaboradores, 1.987). Las mediciones de las ondas de Stoneley constituyen la única fuente de información derivada de los registros sísmicos que es sensible a la permeabilidad. Las ondas P y S no son sensibles a la permeabilidad del medio a través del cual se propagan. Sin embargo, las aplicaciones de los actuales métodos para la determinación de la permeabilidad a partir de las ondas de Stoneley han presentado aspectos de capacidad práctica. Sus deficiencias incluyen: 1) los modelos de inversión son menos sensibles a la permeabilidad de la formación; 2) prácticamente, la velocidad del lodo es conocida únicamente con gran incertidumbre, lo que puede totalmente alterar la relación entre la velocidad de las ondas de Stoneley y la permeabilidad; 3) el efecto de una torta de lodo sobre la velocidad de las ondas de Stoneley no puede ser separado del efecto de la permeabilidad y una inversión simultánea de múltiples parámetros (permeabilidad y propiedad de la torta de lodo) no será única; y 4) la utilización ya sea de una aproximación de baja frecuencia o de un modelo simplificado se limita a mediciones a baja frecuencia (~1 kHz) de las ondas de Stoneley mientras que, en la mayoría de los casos, la energía de las ondas de Stoneley se ubica en 1-5 kHz o es inclusive superior. El término lodo se refiere a una suspensión acuosa

llamada lodo de perforación que es bombeada en dirección descendente a través de la tubería de perforación y en dirección ascendente a través del espacio anular ubicado entre la misma y las paredes del pozo de sondeo en las operaciones de perforación rotativa. El lodo ayuda a remover los detritos de perforación, a impedir el derrumbamiento, a aislar las zonas porosas y a retener los fluidos de la formación. La torta de lodo es el residuo de lodo que se deposita sobre la pared del pozo de sondeo a medida que el lodo pierde humedad en las formaciones permeables y porosas. La torta de lodo retarda la pérdida adicional de humedad en la formación y por ende tiende a estabilizarse en términos del espesor.

Aparentemente no existe herramienta alguna que permita medir con facilidad la velocidad del lodo, ni existe un enfoque convencional descrito en la literatura para llevar a cabo la estimación de la velocidad del lodo. Por el contrario, el valor de la velocidad del lodo es típicamente asumido como conocido. Aún cuando estos valores asumidos pueden ser cercanos a los reales, un hallazgo de la presente invención consiste en que, inclusive una incertidumbre de 2% - 3% en la velocidad del lodo puede dramáticamente afectar los estimados de la permeabilidad en base a la velocidad de las ondas de Stoneley o a la amplitud de las ondas de Stoneley, las cuales constituyen dos técnicas comerciales actualmente utilizadas. La presencia de una torta de lodo representa un problema, ya que la misma introduce mayor incertidumbre en el estimado de la velocidad del lodo y, a su vez, en el valor deducido de la permeabilidad. Algunas teorías existentes asumen un intercambio hidráulico entre el fluido del pozo de sondeo y el fluido presente en los poros de la formación, hipótesis ésta que se ve negativamente afectada por la presencia de una torta de lodo.

Se han desarrollado diversos métodos para la determinación de la permeabilidad en base a las ondas de Stoneley. Hornby (1.989) patentó un método para la determinación de la permeabilidad mediante la utilización de la lentitud de las

ondas de Stoneley (recíproco de la velocidad). Se calculó la lentitud de una onda hipotética de Stoneley que se desplaza en un medio elástico y no permeable, en base a un modelo de un pozo de sondeo elástico. La lentitud calculada de la onda de Stoneley fue deducida de la medición de la lentitud de la onda de Stoneley. La diferencia fue utilizada con el objeto de determinar la permeabilidad de la formación. Los problemas fundamentales de este método incluyen el cambio limitado en la lentitud de la onda de Stoneley como una función del cambio en la permeabilidad y la necesidad de una estimación precisa de la velocidad del lodo, en especial este último factor, ya que un error de 1% en la velocidad del lodo puede tener como resultado un error en la predicción de la permeabilidad de hasta 200%. Adicionalmente, no existe ninguna herramienta sónica que haya sido diseñada para medir la velocidad del lodo in-situ y, por ende, en la práctica, la velocidad del lodo no puede ser estimada con precisión.

La Patente de los Estados Unidos de Norteamérica No. 4.964.101, otorgada a Liu y colaboradores, describe un método similar. La diferencia radica en que el modelo de inversión incluye un parámetro compensado de la torta de lodo con el propósito de corregir la medición de la lentitud de las ondas de Stoneley. El parámetro compensado tiene un efecto equivalente sobre la lentitud de las ondas de Stoneley en la forma de la permeabilidad. Sin embargo, este parámetro compensado no puede ser medido y debe ser igualmente incluido en el modelo de inversión como una incógnita. La determinación de dos incógnitas de forma simultánea a partir de una única medición de la lentitud de las ondas de Stoneley sin duda tendrá como resultado no unicidad.

Tang y colaboradores (1.998) desarrollaron un método que utiliza el cronodesplazamiento central de las ondas de Stoneley y el correspondiente desplazamiento de la frecuencia central de las ondas, con la finalidad de determinar la permeabilidad de la formación. Generalmente, una atenuación de $1/Q_{ST}$ ocasionará

un desplazamiento de la frecuencia central de las ondas a una frecuencia inferior. Este desplazamiento de la frecuencia central se debe a la atenuación total, más no singularmente asociada con la atenuación debida a la permeabilidad de la formación. La atenuación ($1/Q_{ST}$) debida a la permeabilidad de la formación es independiente de la distancia de propagación. El desplazamiento de la frecuencia central es dependiente de la distancia de propagación. Adicionalmente, la frecuencia central de las ondas está estrechamente relacionada con el espectro del transductor. Una estimación exacta del desplazamiento de la frecuencia central de las ondas es únicamente posible cuando el espectro de la fuente es exactamente conocido. De lo contrario, el cálculo del desplazamiento de la frecuencia central de las ondas no guardará correlación con la permeabilidad.

Los existentes métodos publicados para la determinación de la permeabilidad en base a las ondas de Stoneley principalmente utilizan la lentitud de las ondas de Stoneley. Se sabe que estos métodos padecen de baja sensibilidad a la permeabilidad y del efecto de gran incertidumbre en la estimación de la velocidad del lodo. Esas son las principales razones por las cuales las técnicas para la determinación de la permeabilidad a partir de la velocidad de las ondas de Stoneley han disfrutado de un éxito limitado.

No se ha hallado trabajo alguno publicado que describa la utilización directa de la *atenuación* de las ondas de Stoneley ($1/Q_{ST}$) a los efectos de determinar la permeabilidad. Cassell y colaboradores (1.994) presentan un método para la utilización de la atenuación de las ondas de Stoneley para predecir la permeabilidad de la formación al carbonato, en base a una relación empírica entre la atenuación de las ondas de Stoneley y la permeabilidad. Chin (2.001) desarrolló un método que utiliza la energía total de la forma de onda (asociada con la atenuación) para predecir la permeabilidad, en base a una relación empírica entre la energía de la forma de onda y la permeabilidad. Tang y Cheng (1.996) desarrollaron un método para la

utilización de la amplitud de las ondas de Stoneley para predecir la permeabilidad en base al modelo simplificado de Biot-Rosenbaum.

Por los motivos que anteceden, existe la necesidad de disponer de una estimación más precisa de la permeabilidad, en particular en los casos frecuentes donde la velocidad del lodo no puede ser estimada con precisión. La presente invención satisface esta necesidad al proporcionar un método para la utilización directa de la atenuación de las ondas de Stoneley dependiente de la frecuencia $1/Q_{ST}$ con la teoría general de Biot, en lugar de las versiones simplificadas de la teoría, a los fines de determinar la permeabilidad. La teoría de Biot describe la propagación de ondas sísmicas en medios porosos conformados por un esqueleto sólido y por fluido intersticial (gas, crudo, o agua) y permite que los geofísicos relacionen directamente el campo de ondas sísmicas con la permeabilidad de la formación.

RESUMEN DE LA INVENCION

En una representación, la invención se relaciona con un método para la determinación de la permeabilidad de una formación subterránea (por ejemplo, un yacimiento), a partir de los datos del registro sísmico y de los datos del registro de sondeos obtenidos de un pozo que penetra la formación, método éste que comprende: (a) el análisis de los datos sísmicos a los efectos de extraer la atenuación de las ondas de Stoneley dependiente de la frecuencia de una determinada serie de receptores de registro sísmico que incluye al menos dos receptores ubicados a diferentes profundidades en el pozo; (b) el diseño de un modelo matemático del pozo de sondeo correspondiente al pozo; (c) la programación de un ordenador a los fines de resolver las ecuaciones de movimiento de las ondas para la propagación de las ondas acústicas de la ubicación seleccionada de la fuente de registro sísmico a la ubicación del receptor, donde las ecuaciones de las ondas representan una región central de lodo rodeada por la formación permeable con una región anular de torta de lodo entre

el lugar donde y si existe la torta de lodo; (d) la determinación de las condiciones frontera a partir del modelo del pozo de sondeo; (e) la obtención de todas las constantes y parámetros de las ecuaciones de las ondas a partir del modelo del pozo de sondeo y de los datos del registro de sondeos o, de lo contrario, por estimación, a excepción de la permeabilidad de la formación; (f) la suposición de un valor de la permeabilidad de la formación κ ; (g) la solución de las ecuaciones de las ondas con el objeto de obtener una solución correspondiente a una onda de Stoneley; (h) la extracción de la solución de una atenuación teórica de la onda de Stoneley como una función de la frecuencia del valor asumido de permeabilidad de la formación; (i) la obtención de la atenuación experimental de la onda de Stoneley como una función de la frecuencia de los datos del registro sísmico; (j) la comparación de la atenuación teórica de la onda de Stoneley con la atenuación experimental de la onda de Stoneley; y (k) el ajuste del valor asumido de κ y la repetición de los pasos (g), (h), (i) y (k), hasta que concuerden los valores teórico y experimental de la atenuación de la onda de Stoneley de acuerdo con un criterio predeterminado, donde el correspondiente valor de κ es un valor previsto de la permeabilidad de la formación en el rango de profundidades correspondiente al intervalo abarcado por las posiciones seleccionadas de los receptores.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La presente invención y sus ventajas serán comprendidas con mayor claridad haciendo referencia a la siguiente descripción detallada y a las figuras adjuntas, en las cuales:

Las Figuras 1a y 1b ilustran la sensibilidad de la velocidad de las ondas de Stoneley (Figura 1a) y la atenuación (Figura 1b) de la velocidad del lodo, del tamaño del pozo de sondeo, de la velocidad de corte de la formación y de la permeabilidad, como una función de la frecuencia;

Las Figuras 2a y 2b ilustran los efectos de la incertidumbre en velocidad del lodo sobre la atenuación de las ondas de Stoneley;

Las Figuras 3a y 3b ilustran los efectos de la permeabilidad de la formación detrás de una torta de lodo rígida (3a) y de una torta de lodo blanda (3b), sobre la atenuación de las ondas de Stoneley;

Las Figuras 4a-d ilustran los efectos de la atenuación intrínseca de la formación y del lodo sobre la atenuación de Stoneley;

La Figura 5 es un diagrama de flujo de los pasos de una representación del presente método inventivo;

La Figura 6a ilustra formas de ondas monopolares completas en un registro sónico y la Figura 6b ilustra los correspondientes espectros de las formas de ondas;

Las Figuras 7a y 7b ilustran las formas de ondas completas filtradas de la Figura 6a y los correspondientes espectros, respectivamente;

La Figura 8 ilustra la atenuación de las ondas de Stoneley de los espectros de la Figura 7b;

La Figura 9d compara las permeabilidades de la atenuación de las ondas de Stoneley con los resultados de la evaluación del pozo, la Figura 9a ilustra los registros de rayos gamma y del calibre, la Figura 9b ilustra las formas de ondas completas y la Figura 9c ilustra la porosidad sónica;

La Figura 10a ilustra una sección transversal de la geometría del pozo de sondeo con torta de lodo y una herramienta sónica y la Figura 10b ilustra un modelo matemático radial del pozo de sondeo y de la formación circundante; y

La Figura 11 ilustra el comportamiento del factor de atenuación de las ondas de Stoneley con diferentes permeabilidades.

La invención será descrita en relación con sus representaciones preferentes. Sin embargo, en la medida en que la siguiente descripción detallada sea específica para una representación en particular o un uso particular de la invención, se prevé que lo anterior sea únicamente ilustrativo y no debe ser interpretado como limitante del alcance de la invención. Por el contrario, se prevé que abarque todas las alternativas, modificaciones y equivalentes que puedan ser incluidos dentro del espíritu y alcance de la invención definidos por las reivindicaciones adjuntas.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REPRESENTACIONES PREFERENTES

El presente método inventivo hace uso de la atenuación de las ondas de Stoneley o $1/Q_{ST}$, donde Q_{ST} es el factor de calidad dependiente de la frecuencia de la onda de Stoneley, en lugar de la velocidad de la onda de Stoneley, con el objeto de determinar la permeabilidad. Durante el curso de la presente invención, se descubrió que: 1) la atenuación de las ondas de Stoneley es mucho más sensible a la permeabilidad que la velocidad de las ondas de Stoneley, lo que implica que el presente método inventivo puede lograr una estimación más precisa de la permeabilidad, 2) el presente método inventivo disminuye significativamente el efecto de la incertidumbre en cuanto a la velocidad del lodo, 3) el efecto de una torta de lodo sobre la atenuación de las ondas de Stoneley es muy inferior a su efecto sobre la velocidad de las ondas de Stoneley, y 4) el presente método inventivo que utiliza la teoría general de Biot puede ser entre otras cosas utilizado para realizar mediciones de las ondas de Stoneley de baja frecuencia. El nuevo método igualmente incluye la corrección de la atenuación intrínseca del lodo de la formación y del pozo de sondeo de forma tal que la misma pueda ser aplicada, no sólo a arenas limpias y consolidadas, sino igualmente a arenas no consolidadas y/o esquistosas.

En el presente método inventivo, la atenuación de las ondas de Stoneley dependiente de la frecuencia es extraída mediante el análisis de mediciones sónicas de la serie. Luego, en base a la teoría general de Biot aplicada a un modelo del pozo de sondeo y a los registros convencionales (rayos gamma, calibre, densidad, neutrones, resistividad, sónicos, etc.), se diseña un modelo de simulación con los mismos parámetros de las mediciones de las ondas de Stoneley. Luego, se calcula una atenuación teórica de las ondas de Stoneley para una determinada permeabilidad. Finalmente, se determina la permeabilidad del yacimiento por medio de la comparación de la atenuación modelada de las ondas de Stoneley con la medición de la atenuación de las ondas de Stoneley, utilizando un proceso iterativo de inversión.

Sensibilidad a la Permeabilidad

Tanto la atenuación como la velocidad de las ondas de Stoneley están de hecho correlacionadas con la permeabilidad de la formación (véase Cheng y colaboradores, 1.987). Sin embargo, desde el punto de vista del problema de inversión, la existencia de cierta correlación únicamente es una condición necesaria para la determinación de la permeabilidad a partir de las mediciones de las ondas de Stoneley, pero puede no ser una condición suficiente. Se determinó que la atenuación de las ondas de Stoneley es mucho más sensible a la permeabilidad que la velocidad de las ondas de Stoneley. Las Figuras 1a y 1b ilustran la sensibilidad de la velocidad de las ondas de Stoneley V_{ST} y de la atenuación $1/Q_{ST}$, respectivamente, a la velocidad del lodo en el pozo de sondeo **1**, al tamaño del pozo de sondeo **2**, a la velocidad de corte de la formación **3** y a la permeabilidad **4**. La sensibilidad es definida como (Cheng y colaboradores, 1.982) $\frac{\beta}{A} \frac{\partial A}{\partial \beta}$, donde A denota ya sea V_{ST} o $1/Q_{ST}$ (véase el Apéndice) y β puede ser cualquiera de los parámetros del modelo. Cabe destacar que la sensibilidad anteriormente definida pudiese ser cualquier valor, ya que no existe factor de

normalización alguno involucrado en la definición. En consecuencia, la suma total de la sensibilidad absoluta a todos los parámetros del modelo (curva 5 de las Figuras 1a y 1b) usualmente es no unidad. El valor máximo de la sensibilidad total del dominio de la frecuencia puede ser utilizado para normalizar la sensibilidad individual de un determinado parámetro. Se apreciará que la velocidad de las ondas de Stoneley es más sensible a la velocidad del lodo en el pozo de sondeo, luego a la velocidad de las ondas rotacionales, luego al tamaño del pozo de sondeo y menos sensible a la permeabilidad de la formación. Por el contrario, la atenuación de las ondas de Stoneley es más sensible a la permeabilidad, luego a la velocidad de las ondas rotacionales, al tamaño del pozo de sondeo y a la velocidad del lodo en el pozo de sondeo, en ese orden. La permeabilidad utilizada para generar las Figuras 1a y 1b es de 1 Darcy, una permeabilidad relativamente alta. En el caso de valores inferiores de la permeabilidad, la sensibilidad absoluta de la velocidad de las ondas de Stoneley a la permeabilidad será inclusive menor. Las Figuras 1a y 1b (al igual que las Figuras 2a, 2b, 3a, 3b y 4a-d) fueron generadas por modelado directo utilizando las ecuaciones 33 - 35 del Apéndice 2.

Efecto de la Velocidad del Lodo

Debido a la complejidad de la propagación de las ondas de Stoneley en la geometría del pozo de sondeo, además de la permeabilidad de la formación, diversos parámetros diferentes de la permeabilidad igualmente afectan la propagación de las ondas de Stoneley. En el caso de una solución de inversión y de utilizarse métodos basados en la velocidad de las ondas de Stoneley, el efecto de la incertidumbre de los parámetros diferentes de la permeabilidad usualmente controla la precisión del pronóstico resultante de la permeabilidad. Las incertidumbres significativas pueden tener como resultado un valor errado de la permeabilidad. A continuación se demuestra que la incertidumbre en términos de

la velocidad del lodo modifica la velocidad de las ondas de Stoneley de forma significativa, pero tiene un efecto menor sobre la atenuación de las ondas de Stoneley. En las Figuras 2a y 2b, las cuales asumen una permeabilidad de la formación de 200 mD, la curva de línea sólida de la atenuación de las ondas de Stoneley se basa en una velocidad del lodo de 1,5 Km./segundo. Las curvas de línea punteada asumen una velocidad del lodo 3% (Figura 2a) y 4% (Figura 2b) superior. Las curvas de línea discontinua asumen una velocidad del lodo 3% (Figura 2a) inferior a 1,5 Km./s y 4% (Figura 2b) inferior. El efecto de una incertidumbre de $\pm 3\%$ (Figura 2a) o $\pm 4\%$ (Figura 2b) en la velocidad del lodo sobre la atenuación de las ondas de Stoneley puede apreciarse que es despreciable. Sin embargo, la misma incertidumbre en cuanto a la velocidad del lodo seriamente contaminará el efecto de la permeabilidad, lo que hace que la predicción de la permeabilidad a partir de la velocidad de Stoneley sea sumamente imprecisa. Lo anterior es de particular importancia, ya que la velocidad del lodo por lo general no puede ser medida con precisión. De hecho, la velocidad del lodo es usualmente tan solo estimada a partir de las mediciones de los componentes minerales del lodo y utilizando una relación aproximada de los medios de múltiples fases. En consecuencia, los estimados de la velocidad del lodo pueden presentar gran incertidumbre.

Efecto de la Torta de Lodo

En el curso de la presente invención, se determinó que la torta de lodo, en la forma de un espacio anular elástico con el espesor inferior a una pulgada entre el lodo del pozo de sondeo y la formación permeable, tiene un efecto despreciable sobre la atenuación de las ondas de Stoneley, inclusive en el caso de un espacio anular con una rigidez comparable con la de la formación. Las Figuras 3a y 3b ilustran los efectos de la permeabilidad de la formación detrás de una torta de lodo rígida (Figura 3a) y de una torta de lodo blanda (Figura 3b), sobre la

atenuación de las ondas de Stoneley ($1/Q$). Se asume que la torta de lodo rígida tiene una velocidad de las ondas P $V_P = 2.280$ m/s y una velocidad de las ondas S $V_S = 1.140$ m/s, así como una densidad $\rho = 2$ g/cm³. Se asume que la torta de lodo blanda tiene una $V_P = 1.824$ m/s, una $V_S = 0,570$ m/s y una $\rho = 1,75$ g/cm³. El espesor de la torta de lodo es de 10 mm. La curva **31** corresponde a una permeabilidad de la formación de 200 mD; la **32** de 100 mD; la **33** de 50 mD; y la **34** de 10 mD. Las Figuras 3a y 3b son un poco diferentes y adecuadamente satisfacen los casos carentes de una torta de lodo, por ejemplo, la Figura 2b. Este resultado no tiene explicación en lo que respecta al "Modelo de Intercambio Hidráulico" que ha sido considerado como el principal mecanismo de interacción de las ondas de Stoneley con la formación permeable (White, 1.983). En términos de las propiedades físicas de una torta de lodo (velocidad y densidad), cualquier tipo de torta de lodo debe ser modelado utilizando un espacio anular elástico (no poro-elástico, es decir, no permeable) con parámetros apropiados. Se deriva que el modelo de impedancia de la pared del pozo de sondeo (Rosenbaum, 1.974) y un modelo de membrana elástica (Liu, 1.990; 1.997) parecen ser poco prácticos. Tanto Winkler (1.989) como Tang (2.004) observaron que la torta de lodo parece que "extrañamente" no afecta la propagación de las ondas de Stoneley en la mayoría de los casos. En la presente invención, la torta de lodo es modelada en la forma de un espacio anular elástico, lo que significa que la torta de lodo es totalmente no permeable y, por ende, no existe intercambio hidráulico alguno entre el fluido del pozo de sondeo (lodo) y el fluido intersticial de la formación permeable.

Efecto de la Atenuación Intrínseca

La atenuación intrínseca del lodo del pozo de sondeo y de la formación afecta directamente la atenuación de las ondas de Stoneley (Figuras 4a-d). En cada una de estas cuatro figuras, la curva del extremo superior representa una

permeabilidad de 1.000 mD y, desplazándose en dirección descendente, las curvas remanentes representan permeabilidades de 200 mD, 50 mD, 10 mD y 1 mD, en ese orden. En la Figura 4a, se asume que tanto la matriz de la formación como el lodo del pozo de sondeo son elásticos y la atenuación de las ondas de Stoneley es introducida por permeabilidad únicamente. Las Figuras 4b-d representan casos inelásticos. Las Figuras 4b y 4c asumen un valor Q de la atenuación de las ondas rotacionales de la matriz de la formación de 50 (Figura 4b) y 20 (Figura 4c). En la Figura 4d, se asume una atenuación del lodo Q de 50. En la mayoría de los casos, la atenuación intrínseca del lodo del pozo de sondeo es despreciable, a excepción del caso (no ilustrado) donde el gas arremete contra el lodo y ocasiona una intensa atenuación de la onda de Stoneley. En ese caso, la atenuación del lodo puede ser determinada con las ondas de Stoneley primero en un intervalo no permeable, por ejemplo, en el entubado donde la atenuación de las ondas de Stoneley principalmente es el resultado de la atenuación intrínseca del lodo. Luego, se puede asumir que la atenuación intrínseca del lodo en los intervalos permeables adyacentes es similar. Aquellos expertos en el área conocerán otras maneras para llevar a cabo la determinación de la atenuación intrínseca del lodo. En lo que respecta a la atenuación intrínseca de la formación, se determinó que únicamente el factor de calidad de las ondas rotacionales de la formación ejerce un efecto fundamental sobre la atenuación de las ondas de Stoneley. En la presente invención, toda atenuación no asociada con la permeabilidad, lo que incluye el tamaño y la forma del pozo de sondeo y las propiedades físicas del lodo del pozo de sondeo y de la formación, es tomada en consideración en la atenuación intrínseca. La inclusión de la atenuación intrínseca mejora la predicción de la permeabilidad en el caso de las arenas esquistosas.

La Figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra los pasos primarios de una representación del presente método inventivo para la inversión de la permeabilidad a partir de los datos de las formas de onda de la serie Stoneley.

Se introducen las cantidades de entrada, las cuales incluyen los datos sísmicos **51** (formas de ondas monopolares y/o dipolares) y los registros convencionales **52**, lo que a su vez incluye rayos gamma, calibre, densidad, neutrones, resistividad, registros del lodo o similares. El registro de la densidad puede ser utilizado como la densidad global de la formación. Las velocidades de las ondas P y S de la formación pueden ser estimadas a partir las formas de ondas monopolares y dipolares, respectivamente. El grano (densidad y módulo volumétrico), las propiedades del fluido intersticial y la porosidad pueden ser determinados a partir del análisis de la litología mediante la evaluación de la formación. Con los valores extraídos de velocidades de las ondas P y S , fluido intersticial y porosidad, se determinan las velocidades de las ondas P y S de la matriz rocosa por medio de la utilización de la ecuación de Biot-Gassmann (Gassmann (1.951)). Los datos asociados con la velocidad del lodo usualmente no están disponibles. Se puede utilizar la aproximación del sistema de suspensión de Wood (Wood (1.941)) para calcular la velocidad del lodo a partir de los componentes del lodo medidos in situ. Aquellos expertos en este arte conocerán otros métodos que puedan ser utilizados para obtener la velocidad del lodo.

Un paso de control de calidad **53** con frecuencia es de utilidad en el manejo del ruido presente en los datos sísmicos. El control de calidad puede incluir: La separación de la propagación inversa ocasionada por irregularidades en el pozo de sondeo, lo que incluye el cambio en la forma del mismo con respecto a la propagación directa (Tang, 2.004), la filtración de las formas de ondas completas, y la determinación de las ventanas óptimas de tiempo y frecuencia de los modos Stoneley. Se puede igualmente aplicar el control de calidad a los datos de los

registros convencionales **52**. Luego, en el paso **54**, se determina la atenuación total de las ondas de Stoneley $\alpha(\omega)$ mediante el ajuste de los espectros que atraviesan a los receptores con $e^{-\alpha z_i}$ en el dominio de la frecuencia, donde z_i es la distancia entre el primer receptor y el i^{vo} receptor. Los pasos **51**, **53** y **54** son explicados con mayores detalles en el Apéndice 1.

Para sintetizar la atenuación de las ondas de Stoneley con los mismos parámetros de la formación donde está ubicada la serie de receptores, se necesita utilizar un modelo de simulación directa **55**. El modelo completo de Biot se encuentra descrito en detalle en el Apéndice 2. Los coeficientes y parámetros necesarios para resolver las ecuaciones de Biot (por métodos numéricos) son principalmente obtenidos a partir de los registros convencionales **52**. Dado que los registros convencionales típicamente incluyen los registros de rayos gamma, calibre, resistividad, densidad, neutrones, sónicos y similares, se puede determinar la densidad de la formación, las velocidades de las ondas P y S , la porosidad, las propiedades del fluido intersticial y el tamaño del pozo de sondeo. Luego, se utilizan las velocidades de las ondas P y S , la densidad, la porosidad, el módulo volumétrico del fluido intersticial y la densidad, para derivar el módulo volumétrico (k_b) y el módulo de corte (μ) de la matriz rocosa.

El peso del lodo y sus componentes minerales usualmente están disponibles. Luego, se puede utilizar la fórmula de Wood (Wood (1.941)) para estimar la velocidad del lodo. La atenuación intrínseca del lodo puede ser derivada en un intervalo de arena limpia y no permeable, donde la atenuación de las ondas de Stoneley es totalmente atribuida a la contribución de la atenuación intrínseca del lodo. Si no hay burbuja de gas alguna en el lodo y el lodo es de viscosidad normal (~ 1 cp), la atenuación intrínseca del lodo es despreciable y se puede utilizar $1/Q_M = 0$.

Se puede estimar la atenuación intrínseca de la formación en una zona esquistosa típica y se puede formular una relación empírica entre el factor de calidad de las ondas rotacionales y el volumen de arcilla esquistosa. En una representación de la presente invención, esta relación es la siguiente

$$1/Q_S = 1/Q_{MAX} \times 10^{1.545V_{SH}}$$

donde V_{SH} es volumen de arcilla esquistosa arrojado por los datos de rayos gamma y $1/Q_{MAX}$ es la atenuación de la matriz rocosa. En el caso de las arenas consolidadas, se puede asumir que Q_{MAX} es igual a 200. En el caso de las arenas no consolidadas, Q_{MAX} puede variar a lo largo de un rango amplio. Aquellos expertos en este arte conocerán otras maneras para estimar la atenuación intrínseca de una zona esquistosa.

El espesor de la torta de lodo puede ser determinado por medio de la comparación del registro de calibración con el tamaño del taladro. Se puede utilizar el mismo enfoque utilizado en la estimación de la velocidad del lodo para estimar las propiedades de la torta de lodo. Si la formación está profundamente invadida (más de ~12-24 pulgadas), lo que es típicamente evidenciado por un conjunto de registros de la resistividad, en el modelo de simulación, preferiblemente se asume que el filtrado del lodo es el fluido intersticial.

De esta manera, se determinan todos los parámetros requeridos por la teoría de Biot, a excepción de la permeabilidad. La atenuación de las ondas de Stoneley a un valor de la permeabilidad especificado por el usuario puede ser calculada para las frecuencias de interés (las cuales pueden ser determinadas para la onda de Stoneley a partir de los datos sínicos), utilizando el modelo de simulación. El esquema de iteración Newtoniano, u otro método rápido, es de utilidad para acelerar la búsqueda de raíces de Stoneley de la ecuación periódica (Ecuación 33 del Apéndice 2). Las raíces de Stoneley son los valores del número de onda k_{ST} ,

los cuales serán números complejos que son obtenidos mediante la solución de la ecuación periódica. La atenuación de las ondas de Stoneley es posteriormente calculada a partir de la Ecuación (35) del Apéndice 2, es decir,

$$\alpha(\omega, \kappa) = \frac{1}{Q_{ST}} = \frac{2 \operatorname{Im}(k_{ST})}{\operatorname{Re}(k_{ST})}$$

En las representaciones preferentes de la invención, la comparación iterativa del valor calculado $\alpha(\omega, \kappa)$ de la atenuación de Stoneley (56 en la Figura 5) en base a un valor asumido de permeabilidad de la formación κ , con el valor de $\alpha_0(\omega)$ obtenido a partir de los datos sínicos (54 en la Figura 5), es llevada a cabo (paso 58) por medio de la determinación de la extrema de una función objetivo. La siguiente expresión representa esta función objetivo:

$$E(\kappa) = \sum_{\omega_1}^{\omega_2} [\alpha_0(\omega_i) - \alpha(\omega_i, \kappa)]^2$$

donde $E(\kappa)$ es la función objetivo con respecto a la permeabilidad κ , $\alpha_0(\omega)$ es la medición de la atenuación de las ondas de Stoneley, $\alpha(\omega, \kappa)$ es la atenuación teórica de las ondas de Stoneley para una determinada permeabilidad κ y ω_1 y ω_2 son el rango de frecuencias de interés, el cual es típicamente determinado en el paso de control de calidad. Se puede utilizar un algoritmo inverso, lineal y unidimensional en la forma de

$$\kappa = \kappa_0 - \frac{E(\kappa_0)}{\left. \frac{\partial E(\kappa)}{\partial \kappa} \right|_{\kappa_0}}$$

donde $\kappa = \kappa_0 - \frac{E(\kappa_0)}{\left. \frac{\partial E(\kappa)}{\partial \kappa} \right|_{\kappa_0}}$ κ_0 es la suposición inicial de κ . Generalmente se

necesita de aproximadamente 3-5 iteraciones para satisfacer un criterio típico de convergencia $\left| \frac{\kappa - \kappa_0}{\kappa_0} \right| < \varepsilon$, donde ε es una cantidad menor predeterminada. De

esta manera, se puede llegar a un valor "ideal" de la permeabilidad κ .

De repetirse los pasos que anteceden en puntos/profundidades de registro sucesivos, el método arrojará un perfil continuo de la permeabilidad.

Ejemplos

Se llevó a cabo un estudio "ciego" a los efectos de predecir la permeabilidad utilizando los datos de Stoneley y el mismo fue posteriormente comparado con los resultados de la evaluación del pozo. Los datos sínicos fueron adquiridos de un pozo de exploración ubicado en el Oeste de África.

El pozo "A" fue evaluado utilizando una herramienta sínica comercial. Los datos sínicos incluían formas de ondas monopolares y dipolares cruzadas de banda ancha. En términos generales, la calidad de las mediciones sínicas era buena, lo que es puesto en evidencia por las Figuras 6a y 6b, las cuales ilustran las habituales ocho formas de ondas monopolares completas y los correspondientes espectros a una profundidad determinada. Predominan las ondas de Stoneley de elevada amplitud y baja frecuencia. La totalidad de la energía de onda está ubicada en el rango de baja frecuencia (< 5 kHz). Los eventos con una frecuencia inclusive menor y que siguen a las ondas de Stoneley no son claros, lo que puede alterar los espectros de las ondas de Stoneley. Se aplicó un filtro de 2-5 kHz con el objeto de limpiar las ondas de Stoneley (Figura 7a). Luego se utilizó una ventana horaria de $1.000 \mu s$ para captar las ondas de Stoneley. La Figura 7b ilustra espectros muy adecuados de las ondas de Stoneley. La atenuación total de las ondas de Stoneley $\tilde{\alpha}_0(\omega)$ es determinada mediante el ajuste de los espectros que atraviesan a los receptores con $e^{-\tilde{\alpha}_0 z_i}$ en el dominio de la frecuencia, donde z_i es la distancia entre el primer receptor (con respecto al transductor) y el i^{vo} receptor (Figura 8). Para ayudar a que la inversión fuese de elevada resolución vertical, se utilizaron las primeras cuatro trayectorias para calcular la atenuación de las ondas de Stoneley.

Otros registros disponibles incluyen los de rayos gamma, calibre, resistividad, densidad y neutrones. El registro de la densidad es utilizado en relación con la densidad global de la formación. El registro de calibración es utilizado en relación con el diámetro del pozo de sondeo. La calibración recta (Figura 9a) es indicativa de una condición adecuada del pozo de sondeo. El análisis integrado de los registros de resistividad, densidad y neutrones ilustra un yacimiento contentivo de crudo. Las velocidades de las ondas P y S de la formación son determinadas a partir de las formas de ondas monopolares y dipolares, respectivamente. Se estima la atenuación intrínseca de la arena esquistosa y de los intervalos esquistosos. No se disponía de la velocidad del lodo. Se reportaron los componentes del lodo a partir del informe diario de operación de este pozo y los mismos se encuentran ilustrados en la Tabla 1.

Tabla 1 Componentes del lodo (%)

Crudo	Agua	Sólido	Arena/Otros
64	26	8,3	1,7

La salinidad y el peso del lodo eran de 35 kppm y 1,14 gramos/cm³, respectivamente. De utilizarse el modelo de suspensión de Wood en un sistema de suspensión de múltiples fases, se puede estimar el módulo volumétrico del lodo como $K_m = 2,126$ GPa. Si se integra el peso del lodo, la velocidad estimada del lodo es de 1.366 m/segundo. El módulo y tamaño de la herramienta sónica utilizada eran de 6,73 GPa y 0,045 m (Tang, 2.003). La densidad y velocidad del fluido intersticial (crudo) utilizado eran de 0,8 g/cm³ y 1.410 m/s, respectivamente.

Generalmente, la viscosidad del fluido intersticial es igualmente desconocida. En la mayoría de los casos, únicamente se invierte una movilidad de la formación (proporción entre la permeabilidad y la viscosidad). La permeabilidad absoluta

puede ser obtenida únicamente cuando se puede conocer la viscosidad con precisión. En este ejemplo, se asumió una viscosidad de 2 cp.

La Figura 9d ilustra una comparación entre la curva de permeabilidad invertida (presente método inventivo) y los resultados de la evaluación del pozo (barras verticales). (Un núcleo convencional o producto de la evaluación del pozo es mucho más costoso de obtener en comparación con la ejecución de un registro sísmico y con la extracción de la permeabilidad a partir del mismo utilizando un método como el de la presente invención). La permeabilidad de las ondas de Stoneley tiene una resolución vertical de aproximadamente 2 pies, mientras que las evaluaciones del pozo únicamente aportan las permeabilidades promedio a lo largo de los intervalos evaluados, las cuales son graficadas en la forma de barras en la Figura 9d; las dos barras superiores representan una permeabilidad de 640 mD y las dos barras inferiores representan 351 mD. Se apreciará que existe una excelente concordancia entre la permeabilidad invertida y los resultados de la evaluación del pozo. La Figura 9b ilustra las formas de ondas completas recibidas por el primer receptor y la Figura 9c ilustra la porosidad sísmica como una función de la profundidad (escala en metros).

La presente invención permite generar un perfil continuo de la permeabilidad a partir de mediciones sísmicas convencionales. La aplicación del método inventivo no necesita de herramienta nueva alguna. Los datos no procesados (formas de ondas de Stoneley) ya se encuentran incluidos en los datos sísmicos convencionales. En consecuencia, la permeabilidad de las ondas de Stoneley constituye un enfoque económico. Entre otros usos, la invención puede ser aplicada a la completación de pozos de sondeo y a la producción de hidrocarburos, a la utilización de la permeabilidad en la simulación de yacimientos y a la evaluación de la producibilidad.

La descripción que antecede está dirigida a representaciones particulares de la presente invención, a los fines de ilustrarla. Sin embargo, resultará evidente para

aquellos expertos en este arte, que son posibles numerosas modificaciones y variaciones a las representaciones descritas en el presente documento. Se prevé que todas estas modificaciones y variaciones se ubiquen dentro del alcance de la presente invención definido en las reivindicaciones adjuntas.

APÉNDICE 1

Estimado de la Atenuación de las ondas de Stoneley a partir de Mediciones Sónicas

Las herramientas modernas de registro sónico están en la capacidad de captar datos sónicos monopolares de adecuada calidad. Algunas de estas herramientas pueden operar ya sea a alta frecuencia (8~30 kHz, modo P/S) o a baja frecuencia (80 Hz ~ 5 kHz, modo Stoneley). Las mismas pueden igualmente operar en un modo dipolar cruzado (80 Hz ~ 5 kHz). Otras herramientas pueden operar a una banda ancha de frecuencia (>1 kHz). Estas herramientas constituyen las principales herramientas utilizadas en el servicio de registro sónico.

Por lo general existen 8 formas de ondas para cada profundidad. Ocho formas de ondas tienen la misma longitud en el tiempo, pero pueden diferir de pozo a pozo. Para ahorrar espacio en el disco, el tiempo de registro de cada forma de onda usualmente comienza un cierto tiempo después del accionamiento de la fuente, lo que será registrado en un archivo (Tiempo de arranque). En consecuencia, el tiempo de registro absoluto no indica el tiempo real en que una señal viaja entre la fuente y un receptor. La amplitud de cada forma de onda se ve igualmente modificada por un factor (Factor de ganancia) que es registrado en otro archivo. Las formas de ondas deben ser recuperadas antes de llevar a cabo el procesamiento de la velocidad y de la atenuación.

Resulta conveniente y de utilidad que los eventos onda *P* se ubiquen en primer lugar. Luego se pueden utilizar los eventos onda *P* (punto de arranque y velocidad) como referencia en los procesos subsiguientes. Dado que los eventos onda *P* usualmente tienen una mayor relación señal-ruido y son no dispersivos, el ampliamente utilizado método de coherencia lentitud-tiempo (Kimball, 1.986) es sumamente eficiente en términos de la velocidad de las ondas *P*. Las formas de

ondas recuperadas típicamente requieren de un análisis de la calidad, lo que incluye la separación de las ondas (Tang, 2.004), de ser necesaria, la estimación de la relación señal-ruido de las ondas de Stoneley, la evaluación de los espectros de las ondas de Stoneley, la filtración de los datos con la finalidad de mejorar la relación señal-ruido de las ondas de Stoneley, la determinación de la ventana horaria óptima de las ondas de Stoneley y técnicas similares. Finalmente, la transformada rápida de Fourier (FFT) constituye un método que se prefiere utilizar para obtener el espectro de ondas de Stoneley de cada receptor.

Para reducir los efectos del espectro de la fuente y el acoplamiento entre la fuente y el receptor, los espectros de las formas de ondas comprendidas entre la segunda y la octava trayectoria pueden ser normalizados por el espectro de las ondas de Stoneley en el primer receptor. Dado que la onda de Stoneley es un modo de interfase, la misma carece de dispersión de la geometría. En consecuencia, se puede asumir que la amplitud de las ondas de Stoneley versus la distancia puede ser expresada conforme se indica a continuación

$$A(\omega, z_i) = A(\omega, z_1) e^{-\tilde{\alpha}_0(\omega) z_i}$$

donde z_i es la distancia entre el i^{vo} receptor y el primer receptor y $\tilde{\alpha}_0(\omega)$ es el factor de atenuación, el cual es dependiente de la frecuencia e independiente de la distancia. De utilizarse la ecuación que antecede, el efecto de un pozo de sondeo rugoso entre el transmisor y el primer receptor se ve significativamente deprimido. Luego, de utilizarse un algoritmo de ajuste lineal, el factor de atenuación de las ondas de Stoneley $\tilde{\alpha}_0(\omega)$ puede ser derivado de la siguiente manera

$$\tilde{\alpha}_0(\omega) = - \frac{\sum_{i=2}^M z_i \ln[A(\omega, z_i) / A(\omega, z_1)]}{\sum_{i=2}^M z_i^2}.$$

Una vez más, $A(\omega, z_i)$ es el espectro normalizado de la onda de Stoneley en el i^{vo} receptor y M es el número de trayectorias utilizadas para calcular $\tilde{\alpha}_0(\omega)$. El valor de $\tilde{\alpha}_0(\omega)$ será calculado a lo largo del rango de frecuencias de interés. La Figura 11 ilustra el comportamiento de $\tilde{\alpha}_0(\omega)$ con diferentes permeabilidades (resultados directos). La curva superior **1101** corresponde a una permeabilidad de 1.000 mD y las curvas restantes, desplazándose en dirección descendente en la gráfica, corresponden a 200 mD, 50 mD, 10 mD y 1 mD, en ese orden. Simultáneamente, la dispersión de las ondas de Stoneley o $V_{ST}^0(\omega)$ puede ser igualmente analizada por medio de la utilización del ampliamente conocido método de máxima probabilidad (Hsu y Baggeroer, 1.986; Wu y colaboradores 1.994).

Cabe destacar que la ecuación que antecede para $\tilde{\alpha}_0(\omega)$ difiere del $\alpha(\omega)$ definido por la ecuación (35) del Apéndice 2. La correspondiente atenuación de las ondas de Stoneley o $\alpha_0(\omega)$ puede ser obtenida a partir de

$$\alpha_0(\omega) = \frac{1}{Q_{ST}^0(\omega)} = \frac{2\tilde{\alpha}_0(\omega)V_{ST}^0(\omega)}{\omega}$$

donde $V_{ST}^0(\omega)$ es la velocidad experimental de las ondas de Stoneley, la cual proporciona una medición de la atenuación de las ondas de Stoneley que puede ser utilizada en la función objetivo del paso **58** de la Figura 5. Aún cuando tanto $\tilde{\alpha}_0(\omega)$ como $V_{ST}^0(\omega)$ son sumamente dependientes de la velocidad del lodo, sus dependencias de la velocidad del lodo se anulan entre sí, de forma tal que $\alpha_0(\omega)$ no sea sensible a la velocidad del lodo.

APÉNDICE 2

Atenuación de Stoneley Utilizando la Teoría Poroelástica Completa de Biot

Un modelo radialmente estratificado

Para modelar una configuración realística del registro sísmico, se utiliza un modelo radial y concéntricamente estratificado. La herramienta sísmica es modelada utilizando una barra elástica con un efectivo módulo volumétrico M_T y con el mismo radio r_0 de la herramienta. El lodo del pozo de sondeo es modelado utilizando un espacio anular fluido inelástico con V_M , ρ_M y Q_M como su velocidad del sonido, densidad y factor de calidad, respectivamente. La torta de lodo es modelada utilizando un espacio anular elástico con α_{MC}^P , β_{MC}^S y ρ_{MC} como sus velocidades de ondas P y S y densidad, respectivamente. Los radios interno y externo de la torta de lodo son r_1 y r_2 . Las Figuras 10a y 10b ilustran el diagrama esquemático de una configuración típica de registro acústico. La Figura 10a ilustra la sección transversal de la geometría del pozo de sondeo con la torta de lodo **101**, la herramienta sísmica **102**, el lodo **103**, el yacimiento de arena **104** y los lechos adyacentes **105**. La Figura 10b ilustra el modelo matemático radial con la región de la formación **106**. La formación es modelada utilizando un medio poroelástico descrito por la teoría modificada de Biot (Cheng y colaboradores, 1987). Dado que se asume que la herramienta está centrada, únicamente se necesita la función de Bessel de orden 0 para describir los campos de ondas que son excitados por una fuente monopolar. La onda rotacional con polarización horizontal u onda SH no puede ser emitida.

El campo de ondas en la corrección del lodo y de la herramienta

Considérese una onda acústica que se propaga a lo largo de un pozo de sondeo que contiene una herramienta de registro de radio r_0 . La solución general del

campo de ondas presente en el lodo, entre la herramienta y la formación, puede ser expresada como

$$\phi_1 = A_1 K_0(kr) + B_1 I_0(kr) \quad (1)$$

donde k es el número de onda radial y r es la distancia radial en un sistema de coordenadas cilíndricas. K_0 e I_0 son la función modificada de Bessel de orden 0 del primer y del segundo tipo. A_1 y B_1 son coeficientes de amplitud. Por motivos de simplicidad, se omite el factor de propagación de las ondas en la dirección axial z o $e^{ik_z z}$ y el factor armónico expresado en la forma de tiempo o $e^{i\omega t}$, donde ω es la frecuencia angular y $k_z = \sqrt{k^2 - \omega^2 / V_m^2}$ es el número de onda axial, donde V_m es la velocidad del lodo.

Utilizando un análisis cuasiestático, Norris (1.990) derivó una sencilla relación para la corrección de la conformidad de la herramienta

$$\frac{A_1}{B_1} = \frac{(M_T / r_0) k I_1(kr_0) + \rho_m \omega^2 I_0(kr_0)}{(M_T / r_0) k I_1(kr_0) - \rho_m \omega^2 I_0(kr_0)} \quad (2)$$

de sustituirse la ecuación (2) en la ecuación (1), únicamente un coeficiente desconocido necesita ser determinado a partir de las condiciones frontera.

El desplazamiento y la presión del espacio anular fluido pueden ser expresados de la siguiente manera

$$U_{mr}^{(1)} = -A_1 k K_1(kr) + B_1 k I_1(kr) \quad (3)$$

y

$$P_m^{(1)} = \rho_m \omega^2 [A_1 k K_1(kr) + B_1 k I_1(kr)] \quad (4)$$

Campo de onda en la torta de lodo

Se asume que la torta de lodo es una capa elástica. La solución general de los potenciales de corte y compresión puede ser expresada conforme se indica a continuación

$$\phi_{mc}^{(2)} = A_2 K_0(kr) + B_2 I_0(kr) \quad (5)$$

y

$$\psi_{mc}^{(2)} = A_2 K_0(kr) + B_2 I_0(kr) \quad (6)$$

De utilizarse la relación desplazamiento-esfuerzo (Aki y Richards, 1.980), se puede fácilmente derivar los campos de desplazamiento y esfuerzo (no ilustrados).

Campo de onda en la formación permeable

En el dominio de la frecuencia y omitiendo el factor armónico temporal de $e^{i\omega t}$, las ecuaciones simultáneas de Biot pueden ser expresadas conforme se indica a continuación (Biot, 1.956)

$$\begin{cases} \mu \nabla^2 \vec{u} + (H - \mu) \nabla \nabla \cdot \vec{u} + L \nabla \nabla \cdot \vec{w} + \omega^2 (\rho \vec{u} + \rho_f \vec{w}) = 0 \\ L \nabla \nabla \vec{u} + M \nabla \nabla \cdot \vec{w} + \omega^2 (\rho_f \vec{u} + \rho_c \vec{w}) - \frac{j\omega\eta}{\kappa} \vec{w} = 0 \end{cases} \quad (7)$$

donde $\vec{u}$ es el vector de desplazamiento de la matriz sólida, $\vec{w}$ es el vector de desplazamiento permeable del fluido intersticial definido como $\vec{w} = F(\vec{u}_f - \vec{u})$, donde $\vec{u}_f$ es el vector de desplazamiento del fluido intersticial; F y κ son la porosidad y la permeabilidad de la matriz, respectivamente; η y ρ_f son la viscosidad y la densidad del fluido intersticial y donde los demás parámetros utilizados en las ecuaciones (7) son dados por

$$\rho = \rho_s(1 - F) + \rho_f F,$$

$$\alpha = 1 - k_b / k_s,$$

$$L = \alpha M,$$

$$H = \alpha L + k_b + 4\mu/3,$$

$$1/M = F/k_f + (\alpha - F)/k_s,$$

donde ρ_s es la densidad del grano, ρ_c es la masa de acoplamiento, k_s , k_b y k_f son los Módulos volumétricos del grano, de la matriz y del fluido intersticial, respectivamente, y μ es el módulo de corte de la matriz seca. Los símbolos ∇ y $\cdot$ utilizados en las ecuaciones (7) representan el operador de gradiente de Laplace y el producto punto entre dos vectores, respectivamente; ω es la frecuencia angular y $j = \sqrt{-1}$. El tensor de tensiones total τ y la presión del fluido intersticial P_f asociados con la ecuaciones (7) vienen dados por

$$\tau = [(H - \mu)\nabla \cdot \vec{u} + L\nabla \cdot \vec{w}]I + \mu(\nabla \vec{u} + (\nabla \vec{u})^*) \quad (8)$$

y

$$-P_f = L\nabla \cdot \vec{u} + M\nabla \cdot \vec{w} \quad (9)$$

donde I es el tensor unitario y “*” representa la transposición de una matriz. A los fines de resolver las ecuaciones (7) que anteceden, $\vec{u}$ y $\vec{w}$ pueden ser expresados conforme se indica a continuación

$$\vec{u} = \nabla \phi_u + \nabla \times \nabla \times (\psi_u \vec{e}_z) \quad (10)$$

y

$$\vec{w} = \nabla \phi_w + \nabla \times \nabla \times (\psi_w \vec{e}_z) \quad (11)$$

donde ϕ_u y ϕ_w , ψ_u y ψ_w son los potenciales de desplazamiento correspondientes a la onda P , a la onda SV y a la onda SH , respectivamente, y $\vec{e}_z$ es el vector unitario en la dirección axial. Los subíndices “u” y “w” indican los

potenciales de desplazamiento asociados con el movimiento de la matriz sólida y con el movimiento del fluido intersticial con respecto a la matriz sólida, respectivamente. De sustituirse las ecuaciones (10-11) en las ecuaciones (7), se obtienen las ecuaciones de los potenciales de desplazamiento de los medios porosos. En el caso de los potenciales de compresión, el resultado es el siguiente:

$$\begin{cases} H\nabla^2\phi_u + L\nabla^2\phi_w + \omega^2\rho\phi_u + \omega^2\rho_f\phi_w = 0 \\ L\nabla^2\phi_u + M\nabla^2\phi_w + \omega^2\rho_f\phi_u + \omega^2\rho_c\phi_w - \frac{i\omega\eta}{\kappa}\phi_w = 0 \end{cases} \quad (12)$$

y, en el caso de los potenciales de corte, el resultado es el siguiente:

$$\begin{cases} \mu_b\nabla^2\psi_u + \omega^2(\rho\psi_u + \rho_f\psi_w) = 0 \\ \omega^2(\rho_f\psi_u + \rho_c\psi_w) - \frac{i\omega\eta}{\kappa}\psi_w = 0 \end{cases} \quad (13)$$

Se apreciará a partir de las ecuaciones que anteceden que los potenciales de corte y compresión pueden ser separados como el caso elástico y que los potenciales ψ_u y ψ_w están linealmente relacionados. A los efectos de simplificar la expresión, se incluyen las siguientes definiciones:

$$C_t^2 = \mu / \rho,$$

$$\gamma_f = \rho_f / \rho,$$

$$\gamma_c = \rho_c / \rho,$$

$$\omega_c = \eta / \kappa\rho,$$

$$n_3 = \gamma_f / (\gamma_c - i\omega_c / \omega)$$

$$k_s^2 = \frac{\omega^2}{C_t^2}(1 - \gamma_f n_3)$$

C_t es denominado la velocidad característica de la onda rotacional del medio poroso o la aproximación cuasiestática de la velocidad de corte. ω_c es la

frecuencia característica del medio poroso. El rango de frecuencias del registro sísmico usualmente es muy inferior a la frecuencia característica de la formación. k_s es el número de onda de la onda rotacional en un medio bifásico. En consecuencia, las ecuaciones (7) pueden ser reformuladas conforme se indica a continuación

$$\begin{cases} \nabla^2 \psi_u + k_s^2 \psi_u = 0 \\ \psi_w = -n_3 \psi_u \end{cases} \quad (14)$$

En este modelo, el medio poroso es la capa más externa en la cual no existen ondas entrantes. De forma tal que, la solución general de las ecuaciones que anteceden puede ser expresada como

$$\psi_u^{(3)} = F^{(3)} K_0(k_2 r) \quad (15)$$

y

$$\psi_w^{(3)} = -n_3 F^{(3)} K_0(k_2 r) \quad (16)$$

donde $F^{(3)}$ es un coeficiente desconocido y $k_2 = \sqrt{k_z^2 - k_s^2}$ es el número de onda radial de la onda rotacional.

Para resolver las ecuaciones (12), se asumen las soluciones tentativas φ_u y φ_w :

$$\varphi_u = A^{(3)} K_0(mr) \quad (17)$$

y

$$\varphi_w = B^{(3)} K_0(mr) \quad (18)$$

donde $A^{(3)}$ y $B^{(3)}$ son incógnitas y m es el número de onda desconocido de las ondas compresivas. De sustituirse las ecuaciones (17-18) en la ecuación (12), se puede directamente demostrar que una condición asociada con la existencia de φ_u y φ_w diferentes de cero es que m debe satisfacer la siguiente ecuación

$$\begin{vmatrix} \lambda + 1 & \sigma_L \lambda + \gamma_f \\ \sigma_L \lambda + \gamma_f & \sigma_M \lambda + \gamma_c - j \frac{\omega_c}{\omega} \end{vmatrix} = 0 \quad (19)$$

donde

$$\lambda = \frac{C_d^2}{\omega^2} (m^2 - k_z^2) \quad (20)$$

donde $C_d^2 = H / \rho$ es la velocidad característica de la onda compresiva del medio poroso, $\sigma_L = L / H$ y $\sigma_M = M / H$. Se apreciará que la ecuación (19) es cuadrática con respecto a m , lo que implica que m tiene dos raíces. Es ampliamente conocido que las ecuaciones (12) implican la existencia de una onda P lenta en los medios porosos, además de la onda P convencional (denominada onda P rápida). En consecuencia, las soluciones generales de los potenciales de compresión ϕ_u y ϕ_w pueden ser expresadas conforme se indica a continuación

$$\phi_{iu}^{(3)} = A_i^{(3)} K_0(m_i r) \quad (21)$$

y

$$\phi_{iw}^{(3)} = n_i A_i^{(3)} K_0(m_i r) \quad (22)$$

donde $i = 1, 2$ corresponde a las ondas compresivas lenta y rápida, respectivamente, y

$$n_i = - \frac{\lambda_i + 1}{\gamma_f + \sigma_L \lambda_i} \quad (23)$$

Con las soluciones de los potenciales de corte y compresión, se pueden derivar los campos de desplazamiento y tensión/presión conforme se indica a continuación:

$$u_r^{(3)} = \sum_{i=1}^2 -m_i A_i^{(3)} K_1(m_i r) - k_z F^{(3)} K_1(k_z r) \quad (24)$$

$$u_z^{(3)} = \sum_{i=1}^2 j k_z A_i^{(3)} K_0(m_i r) + j k_z F^{(3)} K_0(k_z r) \quad (25)$$

$$W_r^{(3)} = \sum_{i=1}^2 -n_i m_i A_i^{(3)} K_1(m_i r) - n_3 k_2 F^{(3)} K_1(k_2 r) \quad (26)$$

$$W_z^{(3)} = \sum_{i=1}^2 n_i j k_z A_i^{(3)} K_0(m_i r) + n_3 j k_z F^{(3)} K_0(k_2 r) \quad (27)$$

$$\begin{aligned} e &= \frac{\partial u_r^{(3)}}{\partial r} + \frac{\partial u_z^{(3)}}{\partial z} \\ &= \sum_{i=1}^2 A_i^{(3)} \left[(m_i^2 - k_z^2) K_0(m_i r) + \frac{m_i}{r} K_1(m_i r) \right] + \\ &F^{(3)} \left[(k_2^2 - k_z^2) K_0(k_2 r) + \frac{k_2}{r} K_1(k_2 r) \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \xi &= - \left(\frac{\partial W_r^{(3)}}{\partial r} + \frac{\partial W_z^{(3)}}{\partial z} \right) \\ &= - \sum_{i=1}^2 \left\{ A_i^{(3)} n_i \left[(m_i^2 - k_z^2) K_0(m_i r) + \frac{m_i}{r} K_1(m_i r) \right] \right\} \\ &- F^{(3)} n_3 \left[(k_2^2 - k_z^2) K_0(k_2 r) + \frac{k_2}{r} K_1(k_2 r) \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial u_r^{(1)}}{\partial r} &= \sum_{i=1}^2 A_i^{(3)} \left[m_i^2 K_0(m_i r) + \frac{m_i}{r} K_1(m_i r) \right] + \\ &+ F^{(3)} \left[k_2^2 K_0(k_2 r) + \frac{k_2}{r} K_1(k_2 r) \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau_{rr} &= 2\mu \frac{\partial u_r^{(3)}}{\partial r} + (H - 2\mu) e - L \xi \\ &= \sum_{i=1}^2 A_i^{(3)} \left\{ (H + L n_i) \left[(m_i^2 - k_z^2) K_0(m_i r) + \frac{m_i}{r} K_1(m_i r) \right] + 2\mu k_z^2 K_0(m_i r) \right\} + \\ &F^{(3)} \left\{ (H + L n_3) \left[(k_2^2 - k_z^2) K_0(k_2 r) + \frac{k_2}{r} K_1(k_2 r) \right] + 2\mu_b k_z^2 K_0(k_2 r) \right\} \end{aligned} \quad (28)$$

$$\begin{aligned} \tau_{rz} &= \mu \left(\frac{\partial u_z^{(3)}}{\partial r} + \frac{\partial u_r^{(3)}}{\partial z} \right) \\ &= 2\mu \left\{ -j k_z \left[\sum_{i=1}^2 m_i A_i^{(3)} K_1(m_i r) + k_2 F^{(3)} K_1(k_2 r) \right] \right\} \end{aligned} \quad (29)$$

$$\begin{aligned}
 -P_f^{(3)} &= Le - M\xi \\
 &= \sum_{i=1}^2 A_i^{(3)} (L + Mn_i) \left[(m_i^2 - k_z^2) K_0(m_i r) + \frac{m_i}{r} K_1(m_i r) \right] + \\
 &F^{(3)} (L + Mn_3) \left[(k_2^2 - k_z^2) K_0(k_2 r) + \frac{k_2}{r} K_1(k_2 r) \right]
 \end{aligned} \tag{30}$$

Condiciones de continuidad del desplazamiento y de la tensión/presión

Las condiciones de continuidad en la interfase entre el lodo del pozo de sondeo y la torta de lodo ($r = r_1$) son las siguientes 1) desplazamientos normales en los lados correspondientes al fluido del pozo de sondeo y a la torta de lodo, 2) presión de fluidos en el lado correspondiente al fluido del pozo de sondeo y tensión normal en el lado correspondiente a la torta de lodo, y 3) esfuerzo tangencial en el lado correspondiente a la torta de lodo igual a cero, o

$$\begin{cases} u_r^{(1)} = u_r^{(2)} \\ -P_f^{(1)} = \tau_{rr}^{(2)} \\ 0 = \tau_{rz}^{(2)} \end{cases} \tag{31}$$

Las condiciones de continuidad en la interfase entre la torta de lodo y la formación ($r = r_2$) son las siguientes 1) desplazamientos normales y tangenciales en los lados correspondientes a la torta de lodo y a la formación, 2) esfuerzos normales y tangenciales en los lados correspondientes a la torta de lodo y a la formación, y 3) la presión intersticial en el lado de la formación es igual al esfuerzo normal en la torta de lodo, o

$$\begin{cases} u_r^{(2)} = u_r^{(3)} + w_r^{(3)} \\ u_z^{(2)} = u_z^{(3)} \\ \tau_{rr}^{(2)} = \tau_{rr}^{(3)} \\ \tau_{rr}^{(2)} = -P_f^{(3)} \\ \tau_{rz}^{(2)} = \tau_{rz}^{(3)} \end{cases} \tag{32}$$

De integrarse las condiciones frontera (31) y (32), se formará un sistema de ecuaciones lineales simultáneo 8×8 . La correspondiente ecuación periódica puede ser simbólicamente expresada conforme se indica a continuación

$$D_{8 \times 8}(\omega, k, V_m, \rho_m, Q_M, \alpha_{MC}, \beta_{MC}, \rho_{MC}, \alpha, \beta, \rho, F, \kappa, Q_S, V_f, \rho_f, \eta, r_0, r_1, r_2, M_T) = 0 \quad (33)$$

donde ω es la frecuencia angular, k es el número de onda radial, F y κ son la porosidad y la permeabilidad, V_f , ρ_f y η son la velocidad del fluido intersticial, la densidad y la viscosidad, respectivamente; α , β y ρ son las velocidades medidas de las ondas P y S y la densidad global, respectivamente; Q_M y Q_S son los factores de calidad del lodo del pozo de sondeo y de la onda rotacional de la formación. Para una determinada frecuencia ω , existen diversos valores del número de onda k que son raíces, es decir, que satisfacen la ecuación periódica (33).

Atenuación y dispersión de las ondas de Stoneley

La onda de Stoneley es el modo fundamental del pozo de sondeo asociado con la raíz de la ecuación periódica (33) con una velocidad de fase inferior a la velocidad de las ondas rotacionales de la formación y a la velocidad del lodo del pozo de sondeo. El modo Stoneley es un modo de interfase y su amplitud disminuye exponencialmente con la distancia con respecto a la interfase del pozo de sondeo. En medios perfectamente elásticos, la raíz de la onda de Stoneley es real y carece de atenuación, mientras que, en los medios poroelásticos, la raíz de la onda de Stoneley es compleja. La parte real de la raíz determina la velocidad de fase de la onda de Stoneley (V_{ST}) y la relación entre la parte imaginaria y la parte real de la raíz determina la atenuación de la onda de Stoneley ($1/2Q_{ST}$). Es decir,

$$V_{ST}(\omega) = \frac{\omega}{\text{Re}(k_{ST})} \quad (34)$$

y

$$\alpha(\omega) = \frac{1}{Q_{ST}(\omega)} = 2 \frac{\text{Im}(k_{ST})}{\text{Re}(k_{ST})} \quad (35)$$

donde k_{ST} denota la raíz de la onda de Stoneley para una determinada frecuencia.

Referencias

Burns y Cheng, (1.986) "Determinación de la permeabilidad in-situ a partir de la velocidad y atenuación de las ondas tubulares", 27^{vo} Simposio Anual de Registro de la SPWLA, Documento KK.

Cassell y colaboradores, (1.994) "Predicción de la permeabilidad en base a la atenuación inelástica utilizando fuentes monopoles de baja frecuencia y dipolares en un Yacimiento de Carbonato en Arabia Saudita", presentado en la Conferencia & Exposición de Geociencia del Medio Oriente CEO-94, Bahrain, Abril 25-27.

Cheng y colaboradores, (1.987) "Efectos de la permeabilidad in-situ sobre la propagación de las ondas de Stoneley en un pozo de sondeo", *Geofísica* **52**, 1.279-1.289.

Chin, (2.001) "Método y equipo para la evaluación de las ondas de Stoneley y para la determinación de los parámetros de la formación en respuesta a las mismas", Patente de los Estados Unidos de Norteamérica No. 6.327.538 B1.

Gassmann, F., (1.951) "Über Die Elastizität Poröser Medien", *Vierteljahrsschr. Naturforsch. Ges., Zurich*, **96**, 1-23.

Hornby, (1.989) "Método para la determinación de la permeabilidad de una formación por medio de la comparación de las ondas tubulares medidas con los parámetros de la formación y del pozo de sondeo", Patente de los Estados Unidos de Norteamérica No. 4.797.859.

Hsui y colaboradores (1.985) "Atenuación de las ondas tubulares y permeabilidad in-situ", 26^{vo} Simposio Anual de Registro de la SPWLA, Documento CC.

Liu y Cheung, (1.990) "Método para la determinación de las características de movilidad de los fluidos en formaciones terrestres", Patente de los Estados Unidos de Norteamérica No. 4.964.101.

Liu y Johnson, (1.997) "Efectos de una membrana elástica sobre las ondas tubulares de las formaciones permeables", *J. Acoust. Soc. Am.* **101**, 3.322-3.329.

Rosenbaum, (1.974) "Microsismogramas sintéticos---registro en una formación prosa", *Geofísica* **39**, 14-32.

Schmitt, (1.988) "Efectos de la estratificación radial al efectuar registros en formaciones porosas saturadas", *J. Acoust. Soc. Am.* **84**, 2.200-2.214.

Tang y colaboradores (1.991) "La permeabilidad dinámica y las ondas de Stoneley del pozo de sondeo: Un modelo simplificado de Biot-Rosenbaum", *J. Acoust. Soc. Am.* **90**, 1.632-1.646.

Tang y colaboradores, (1.998) "Método para la estimación de la permeabilidad de las formaciones terrestres mediante el procesamiento de las ondas de Stoneley utilizando un instrumento de registro acústico del pozo de sondeo", Patente de los Estados Unidos de Norteamérica No. 5.784.333.

Tang y Cheng, (2.004) *Métodos acústicos de sondeo cuantitativo*, Elsevier.

Tang, X. (2.003) Determinación de la isotropía transversal de las ondas rotacionales de una formación a partir de las mediciones de las ondas de Stoneley en el pozo de sondeo, *Geofísica* **68(1)**, 118-126.

White, (1.983) *Sonido subterráneo: Aplicación de las ondas sísmicas*, Elsevier, Ámsterdam.

Winkler y colaboradores, (1.989) "Permeabilidad y ondas de Stoneley en el pozo de sondeo: Comparación entre experimentos y teoría", *Geofísica* **54**, 66-75.

Wood, (1.944) *Un Libro de Texto del Sonido*, Bell, Londres.

REIVINDICACIONES

1. Un método para la determinación de la permeabilidad de una formación subterránea a partir de los datos del registro sínico y de los datos del registro de sondeos que son obtenidos a partir de un pozo que penetra la formación, método éste que comprende:
 - (a) el análisis de los datos sínicos a los efectos de extraer la atenuación de las ondas de Stoneley dependiente de la frecuencia de una determinada serie de receptores de registro sínico que incluye al menos dos receptores ubicados a diferentes profundidades en el pozo;
 - (b) el diseño de un modelo matemático del pozo de sondeo correspondiente al pozo;
 - (c) la programación de un ordenador a los fines de resolver las ecuaciones de movimiento de las ondas para la propagación de las ondas acústicas de la ubicación seleccionada de la fuente de registro sínico a la ubicación del receptor, donde las ecuaciones de las ondas representan una región central de lodo rodeada por la formación permeable con una región anular de torta de lodo entre el lugar donde y si existe la torta de lodo;
 - (d) la determinación de las condiciones frontera a partir del modelo del pozo de sondeo;
 - (e) la obtención de todas las constantes y parámetros de las ecuaciones de las ondas a partir del modelo del pozo de sondeo y de los datos del registro de sondeos o, de lo contrario, por estimación, a excepción de la permeabilidad de la formación;
 - (f) la suposición de un valor de la permeabilidad de la formación κ ;

- (g) la solución de las ecuaciones de las ondas con el objeto de obtener una solución correspondiente a una onda de Stoneley;
 - (h) la extracción de la solución de una atenuación teórica de la onda de Stoneley como una función de la frecuencia del valor asumido de permeabilidad de la formación;
 - (i) la obtención de la atenuación experimental de la onda de Stoneley como una función de la frecuencia de los datos del registro sísmico;
 - (j) la comparación de la atenuación teórica de la onda de Stoneley con la atenuación experimental de la onda de Stoneley; y
 - (k) el ajuste del valor asumido de κ y la repetición de los pasos (g), (h), (j) y (k), hasta que concuerden los valores teórico y experimental de la atenuación de la onda de Stoneley de acuerdo con un criterio predeterminado, donde el correspondiente valor de κ es un valor previsto de la permeabilidad de la formación en el rango de profundidades correspondiente al intervalo abarcado por las posiciones seleccionadas de los receptores.
2. El método de la reivindicación 1, donde los pasos de comparación y ajuste consisten en minimizar una función objetivo.
 3. El método de la reivindicación 2, donde la función objetivo es

$$E(\kappa) = \sum_{\omega_1}^{\omega_2} [\alpha_0(\omega_i) - \alpha(\omega_i, \kappa)]^2$$

donde $\alpha_0(\omega)$ es la atenuación experimental de las ondas de Stoneley a la frecuencia ω y $\alpha(\omega, \kappa)$ es la atenuación teórica de las ondas de Stoneley a la frecuencia ω y a la permeabilidad κ y donde la suma abarca un rango

de frecuencia de las ondas de Stoneley comprendido entre ω_1 y ω_2 que es obtenido a partir de los datos del registro sónico.

4. El método de la reivindicación 3, donde la convergencia de la minimización es asistida mediante la utilización del siguiente algoritmo inverso, lineal y unidimensional, con el propósito de determinar el valor ajustado de κ para un valor de la actual de κ_0 :

$$\kappa = \kappa_0 - \frac{E(\kappa_0)}{\left. \frac{\partial E(\kappa)}{\partial \kappa} \right|_{\kappa_0}}$$

5. El método de la reivindicación 1, el cual adicionalmente incluye la repetición de los pasos de la reivindicación 1 para determinados rangos adicionales de profundidad, generándose de este modo un perfil permeabilidad-profundidad.
6. El método de la reivindicación 1, donde las ecuaciones de movimiento de las ondas para la propagación de las ondas acústicas en la formación son ecuaciones de Biot para medios porosos que describen fases sólidas y fluidas y el acoplamiento entre las mismas y un mecanismo de disipación.
7. El método de la reivindicación 5, donde las ecuaciones de Biot están expresadas conforme se indica a continuación:

$$\begin{cases} \mu \nabla^2 \vec{u} + (H - \mu) \nabla \nabla \cdot \vec{u} + L \nabla \nabla \cdot \vec{w} + \omega^2 (\rho_f \vec{u} + \rho_f \vec{w}) = 0 \\ L \nabla \nabla \vec{u} + M \nabla \nabla \cdot \vec{w} + \omega^2 (\rho_f \vec{u} + \rho_e \vec{w}) - \frac{j\omega\eta}{\kappa} \vec{w} = 0 \end{cases}$$

donde $\vec{u}$ es el vector de desplazamiento de la matriz sólida de la formación, $\vec{w}$ es el vector de desplazamiento permeable del fluido intersticial de la formación definido como $\vec{w} = F(\vec{u}_f - \vec{u})$, donde con $\vec{u}_f$ es el vector de desplazamiento del fluido intersticial; F y κ son la porosidad

y la permeabilidad de la matriz, respectivamente; η y ρ_f son la viscosidad y la densidad del fluido intersticial, y

$$\rho = \rho_s(1 - F) + \rho_f F,$$

$$\alpha = 1 - k_b / k_s,$$

$$L = \alpha M,$$

$$H = \alpha L + k_b + 4\mu/3,$$

$$1/M = F/k_f + (\alpha - F)/k_s,$$

donde ρ_s es la densidad del grano, ρ_c es la masa de acoplamiento, k_s , k_b y k_f son los Módulos volumétricos del grano, de la matriz y del fluido intersticial, respectivamente; μ es el módulo de corte de la matriz seca; los símbolos ∇ y $\bullet$ representan el operador de gradiente de Laplace y el vector producto punto, respectivamente; ω es la frecuencia angular y $j = \sqrt{-1}$.

8. El método de la reivindicación 1, donde la solución de las ecuaciones de las ondas son valores del numero de onda de Stoneley k_{ST} para determinadas frecuencias ω y donde la atenuación teórica de las ondas de Stoneley $\alpha(\omega)$ es calculada a partir de la ecuación

$$\alpha(\omega) = \frac{1}{Q_{ST}(\omega)} = 2 \frac{\text{Im}(k_{ST})}{\text{Re}(k_{ST})}$$

9. El método de la reivindicación 1, el cual adicionalmente incluye un paso de control de calidad que es aplicado a los datos del registro sónico, antes de obtener la atenuación experimental de las ondas de Stoneley.
10. El método de la reivindicación 1, donde la obtención de la atenuación experimental de las ondas de Stoneley a partir de los datos del registro

sónico incluye la suposición que la amplitud de las ondas de Stoneley, como una función de la distancia entre una pluralidad de receptores de registro sónico, puede ser expresada conforme se indica a continuación

$$A(\omega, z_i) = A(\omega, z_1) e^{-\tilde{\alpha}_0(\omega) z_i}$$

donde z_i es la distancia entre el i^{vo} receptor y un primer receptor (ubicado en z_1), $\tilde{\alpha}_0(\omega)$ es el factor de atenuación y ω es la frecuencia y donde $\tilde{\alpha}_0(\omega)$ es determinado mediante el ajuste de la expresión que antecede a los datos del registro sónico de la pluralidad de receptores.

11. El método de la reivindicación 10, donde la atenuación experimental de las ondas de Stoneley se rige por la siguiente fórmula

$$\alpha_0(\omega) = \frac{1}{Q_{ST}^0(\omega)} = \frac{2\tilde{\alpha}_0(\omega)V_{ST}^0(\omega)}{\omega}$$

donde

$$\tilde{\alpha}_0(\omega) = - \frac{\sum_{i=2}^M z_i \ln[A(\omega, z_i) / A(\omega, z_1)]}{\sum_{i=2}^M z_i^2}$$

y

$V_{ST}^0(\omega)$ es la velocidad experimental de las ondas de Stoneley.

12. Un método para la determinación de la permeabilidad de una formación subterránea a partir de los datos del registro sónico y de los datos del registro de sondeos que son obtenidos a partir de un pozo que penetra la formación, método éste que comprende:

(a) la extracción de los valores de la atenuación de las ondas de Stoneley dependiente de la frecuencia a partir de los datos del registro sónico;

- (b) el diseño de un modelo de simulación del pozo de sondeo utilizando los mismos parámetros de los valores extraídos de la atenuación de las ondas de Stoneley, así como los datos del registro de sondeos y teoría general de Biot;
 - (c) el cálculo de una atenuación teórica de las ondas de Stoneley para un determinado valor de la permeabilidad de la formación; y
 - (d) la determinación de la permeabilidad de la formación por medio de la comparación de la atenuación teórica de las ondas de Stoneley con la atenuación de las ondas de Stoneley extraída de los datos sínicos.
13. El método de la reivindicación 12, donde la determinación de la permeabilidad de la formación es llevada a cabo por medio del ajuste del valor seleccionado de permeabilidad de la formación en base a la comparación de la atenuación teórica de las ondas de Stoneley con la atenuación de las ondas de Stoneley extraída de los datos sínicos, así como mediante la repetición de los pasos (c)-(d) hasta que concuerden los valores teórico y experimental de la atenuación de las ondas de Stoneley de acuerdo con un criterio predeterminado o hasta alcanzarse otro punto de parada.
14. Un método para la producción de hidrocarburos a partir de una formación subterránea, método éste que comprende:
- (a) la obtención de los datos del registro sínico y de los datos del registro de sondeos, los cuales son obtenidos de un pozo que penetra la formación;
 - (b) la obtención de los valores de la atenuación de las ondas de Stoneley dependiente de la frecuencia extraídos de los datos del registro sínico;

- (c) la obtención de un modelo de simulación del pozo de sondeo utilizando los mismos parámetros de los valores extraídos de la atenuación de las ondas de Stoneley, modelo éste que es diseñado utilizando los datos del registro de sondeos y la teoría general de Biot;
- (d) la obtención de la permeabilidad de la formación, la cual es determinada por medio de la comparación de la atenuación de las ondas de Stoneley extraída de los datos sónicos con una atenuación teórica de las ondas de Stoneley que es calculada para un determinado valor de permeabilidad de la formación; y
- (e) la producción de hidrocarburos a partir la formación, utilizando la permeabilidad resultante de la formación.

92
52

1/6

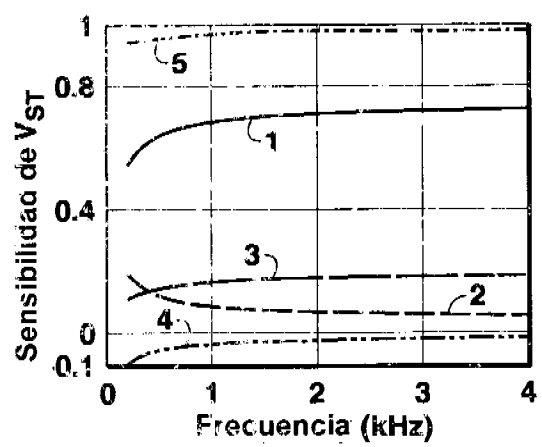


FIG. 1a

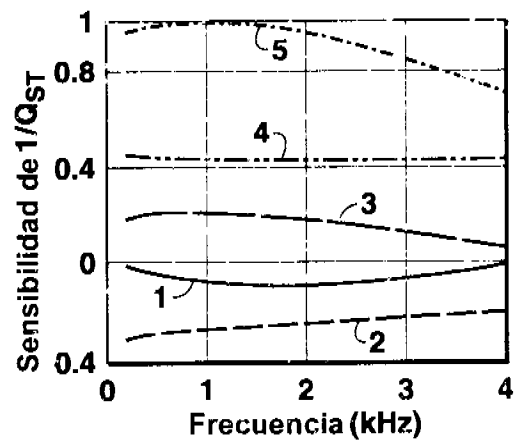


FIG. 1b

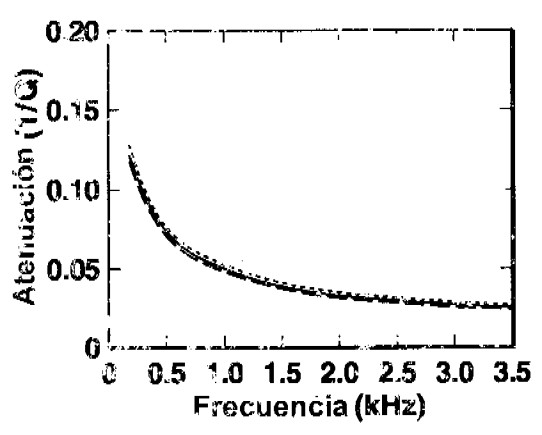


FIG. 2a

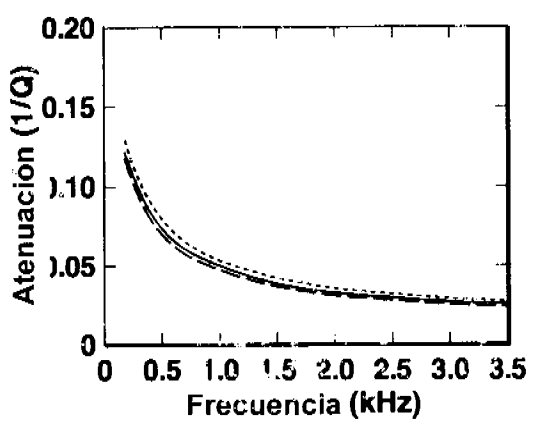


FIG. 2b

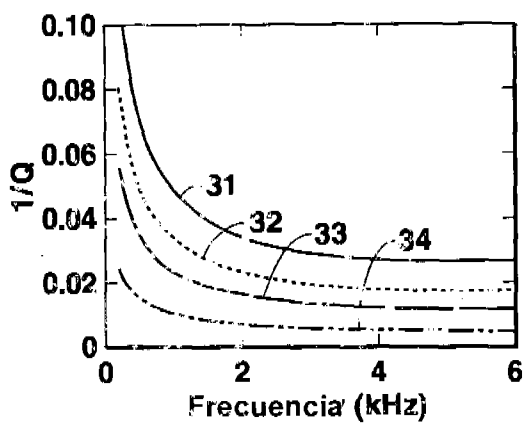


FIG. 3a

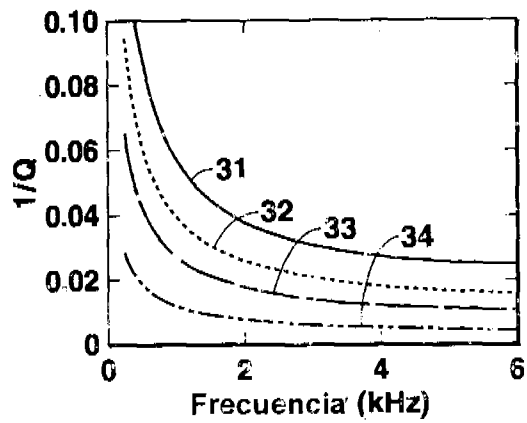


FIG. 3b

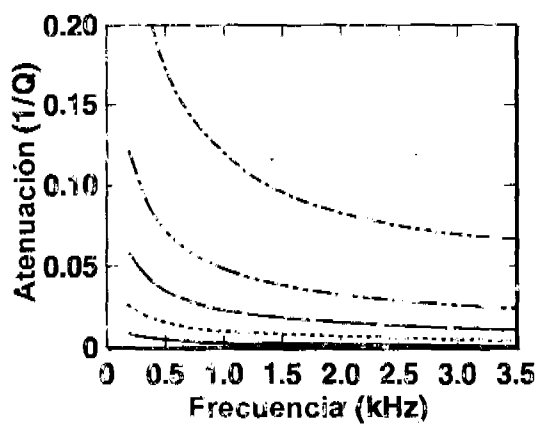


FIG. 4a

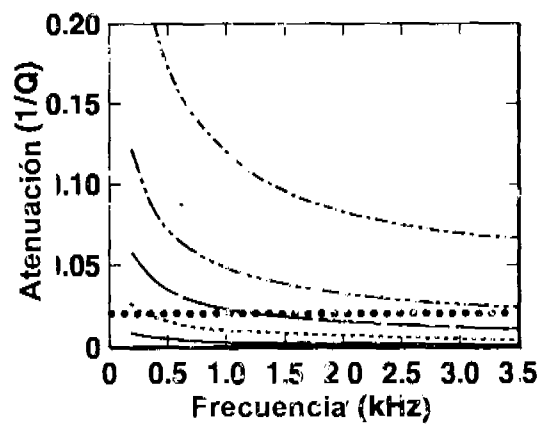


FIG. 4b

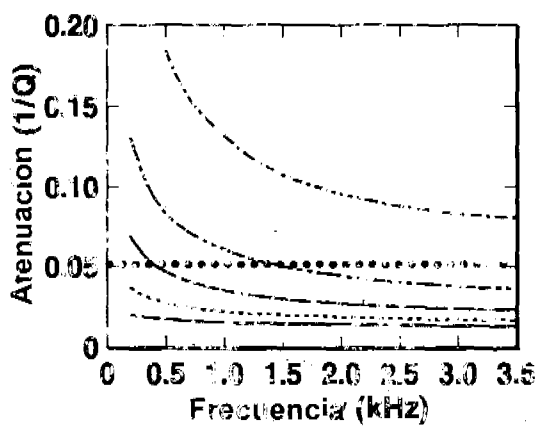


FIG. 4c

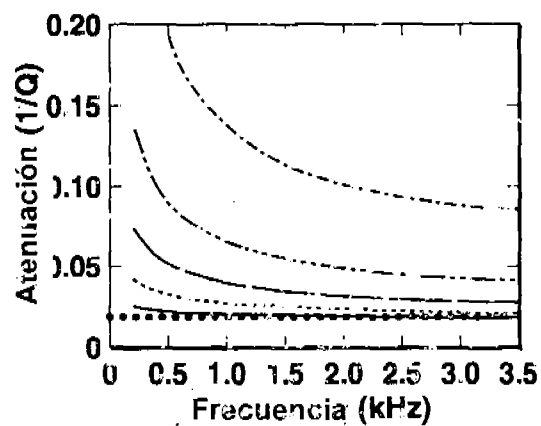


FIG. 4d

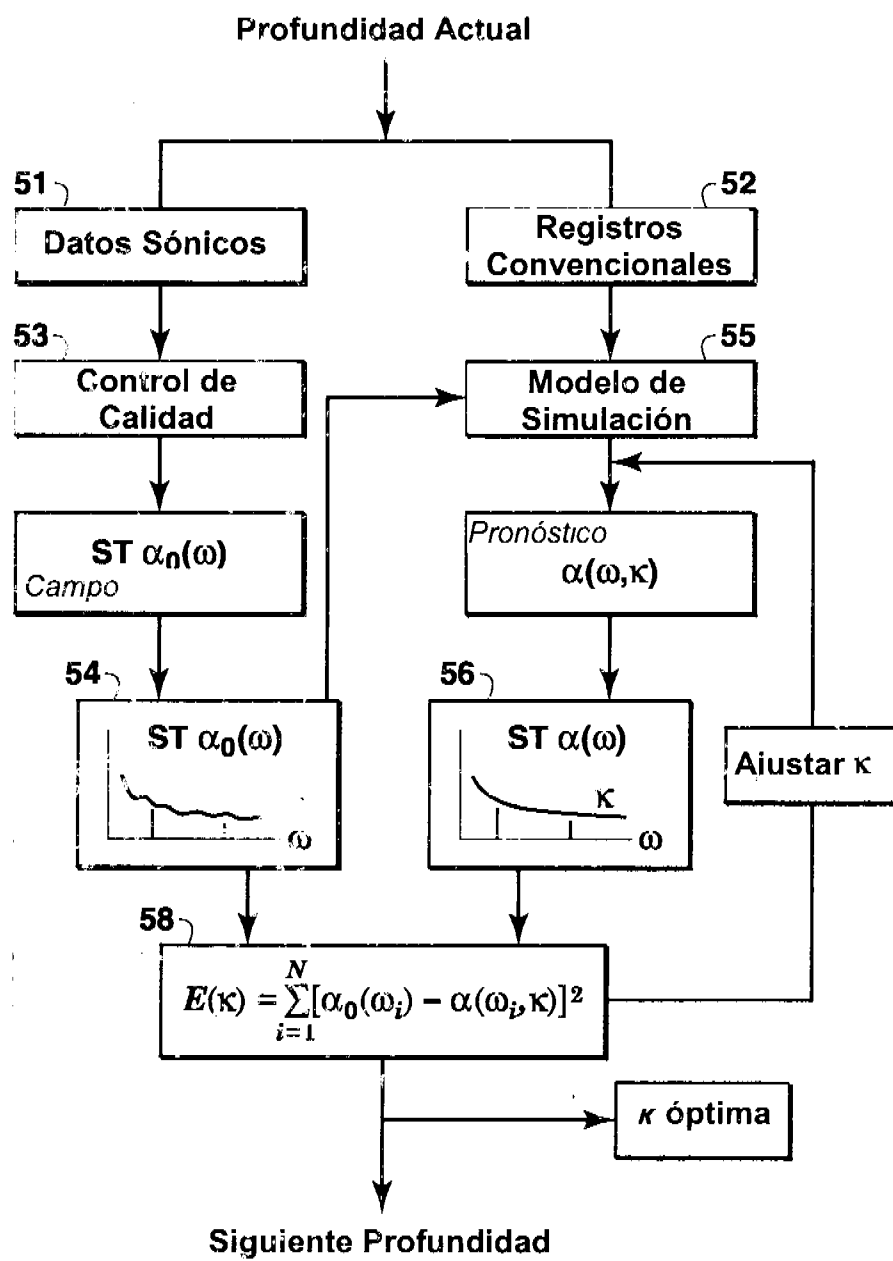


FIG. 5

45
65

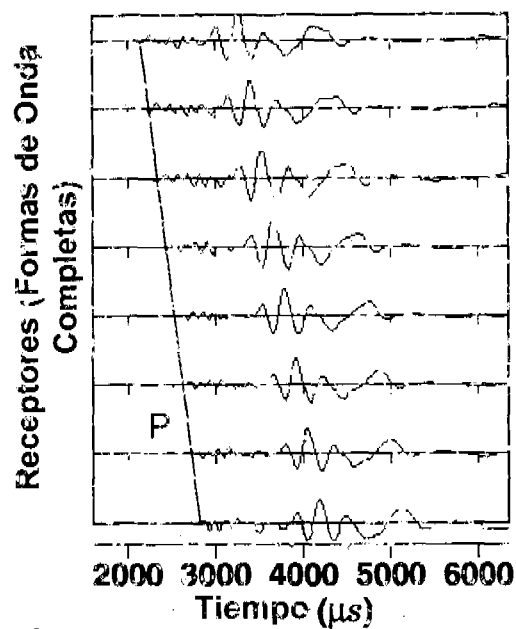


FIG. 6a

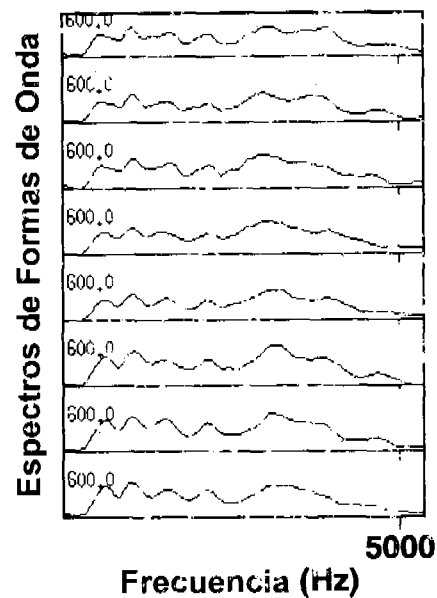


FIG. 6b

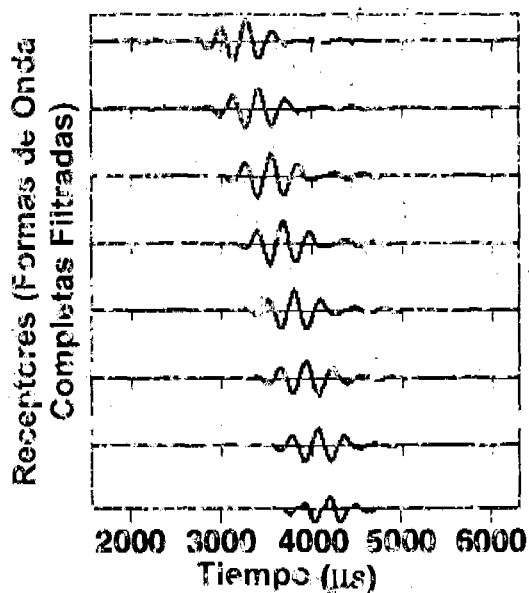


FIG. 7a

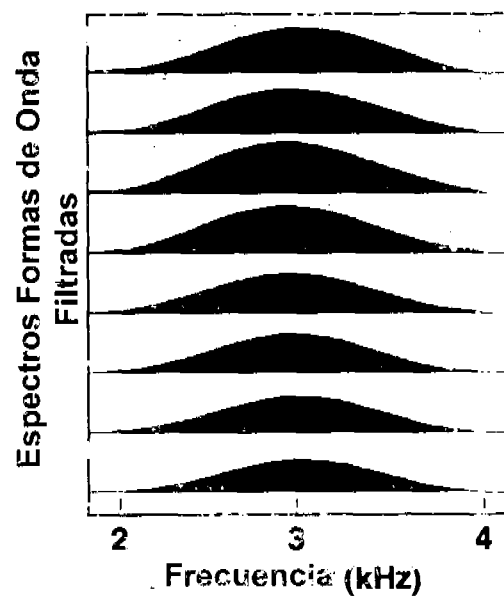


FIG. 7b

7C
8

5/6

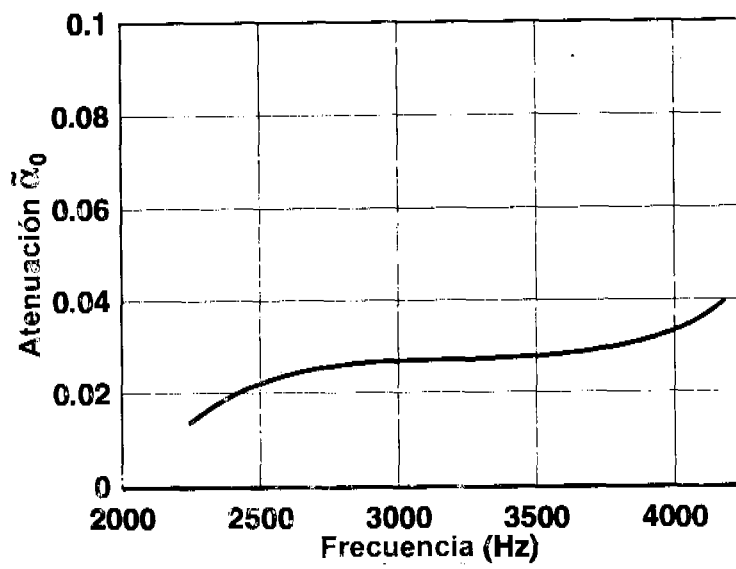


FIG. 8

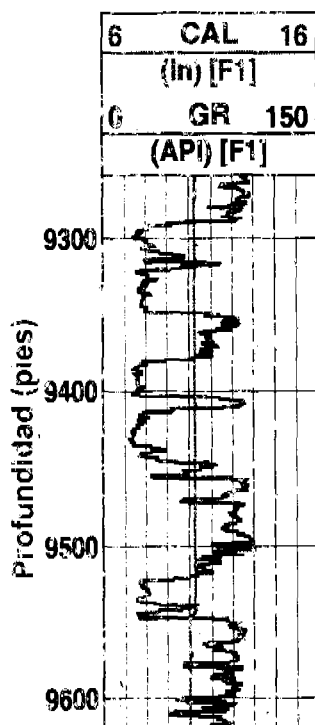


FIG. 9a

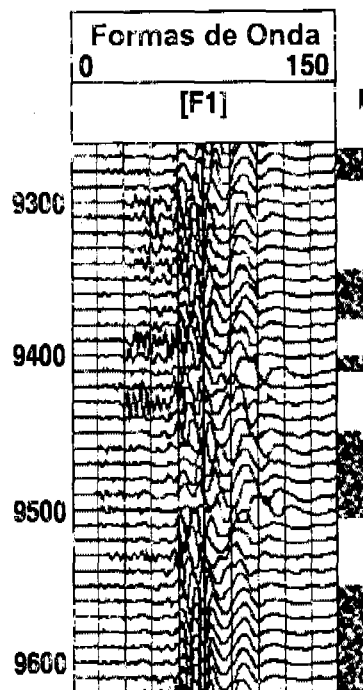


FIG. 9b

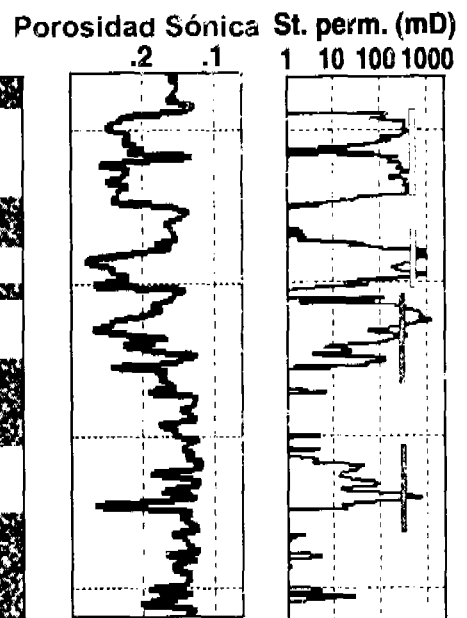


FIG. 9c

FIG. 9d

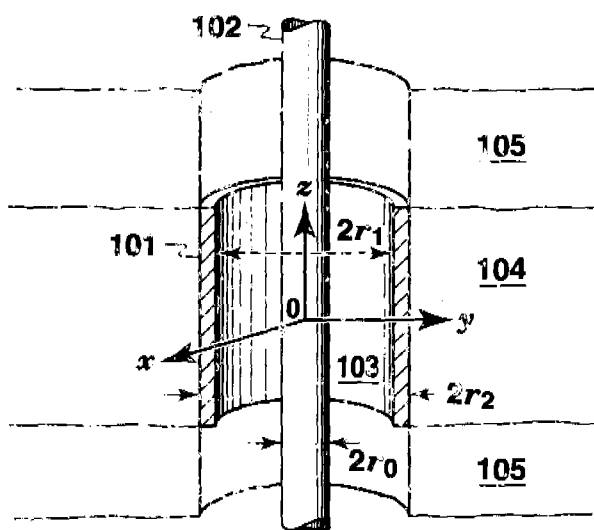


FIG. 10a

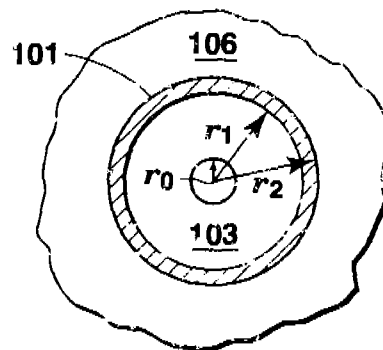


FIG. 10b

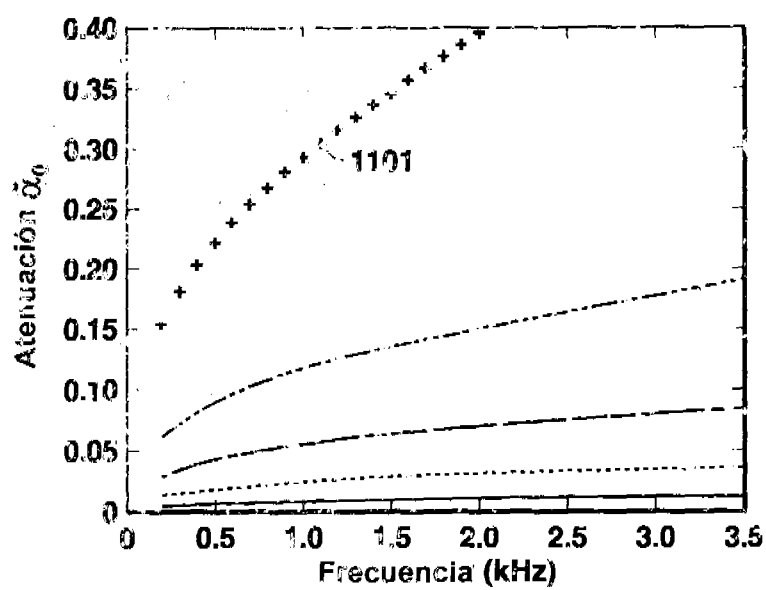


FIG. 11

PATENTE DE INVENCION [x]

MODELO DE UTILIDAD []

- ◆ Indicación de que se solicita la concesión de una patente [x] 1
- ◆ Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud [x] 1
- ◆ Descripción de la invención [x] 47
- ◆ Dibujos de ser estos pertinentes [x] 74
- ◆ Comprobante de pago de las tasas establecidas [x] 2

COMPLETA [x]

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 []

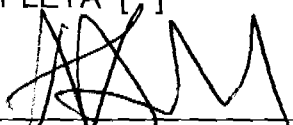
INCOMPLETA []

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 []


Firma Responsable

Fecha

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 07-134737-00000-0000

Fecha: 2007-12-20 16:20:03 Dep. 2020 NULCREACION
Tra. 11 PATENTE Y II Lve: 379 FASE NACIONAL
Act. 411 PRESENTACION Folios: 99

arrera 13 No. 27-00 Piso 5, 7 y 10

Conmutador: 3 82 08 40

Fax: 350 52 20

E-mail: info@sic.gov.co

www.sic.gov.co

Bogotá, D.C., Colombia

96
99

REPUBLICA DE COLOMBIA
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

Bogotá,
2020

Doctor(a)
LLOREDA RICAURTE ALICIA
Apoderado(a) y/o Representante de
EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY

REFERENCIA	Radicación No.	7 134737
	Solicitud internacional	PCT/US2006/021798
	Fecha inicio fase nacional	24/01/2008
	Trámite	11
	Evento	379
	Actuación	430
	Oficio No.	2311

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. 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. (Art. 26-k) Decisión 486.

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 Unica No.10 de 2001.

ALIX CARMENZA CESPEDES DE VERGEL
Jefe de la división de Nuevas Creaciones

El anterior requerimiento fue notificado por fijación en lista de fecha 31.03.2008
jfernand

101