

Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

2000
265

Organizacion CSA Ltda

PCT



SOLICITUD
PATENTE DE INVENCION

07-85983

21. EXPEDIENTE N°

54. TÍTULO "DISEÑO DE ESTUDIOS USANDO CAMPOS ELECTROMAGNETICOS DE FUENTE
CONTROLADA"

51. CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL G06G 7/48

71. SOLICITANTE EXXONMÓBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY

DOMICILIO HOUSTON, ESTADO DE TEXAS, ESTADOS UNIDOS DE AMERICA

74. REPRESENTANTE LEGAL ALICIA LLORED A RICAURTE

T.P. 53.215

22. BOGOTÁ, D.C. 22 AGO 2007
207033

82

PETITORIO



SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 07-085983- -00000-0000

Fecha: 2007-08-22 16:41:44 Dep. 2020 NUECREACIONE
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 64

FORMULARIO ÚNICO DE SOLICITUD DE PATENTE PCT ENTRADA EN FASE NACIONAL

26/11/2007

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: **HOUCK, Richard, T. y PAVLOV, Dmitriy.**

Dirección: 15519 Park Estates, Houston, Texas 77062 y 143 S. Abram Cr., The
Woodlands, Texas 77382.

Nacionalidad o Domicilio: Estados Unidos de América.

⑤

PCT (86)

Solicitud Internacional No. PCT/US2006/009931

Fecha: 20/03/06

Publicación Internacional No. WO 2006/115622 A1

Fecha: 02/11/06

⑥

Título (54)

**“DISEÑO DE ESTUDIOS USANDO CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE
FUENTE CONTROLADA”**

⑦

Clasificación Internacional (51) G06G 7/48

⑧

Prioridad

SI ☒ NO ☐

(33) País de Origen

US

(32) Fecha

26/04/05

(31) Número de Solicitud

60/675,045

⑨

Comprobante de Pago No. 07-64,682

Fecha: 13 de Agosto de 2007

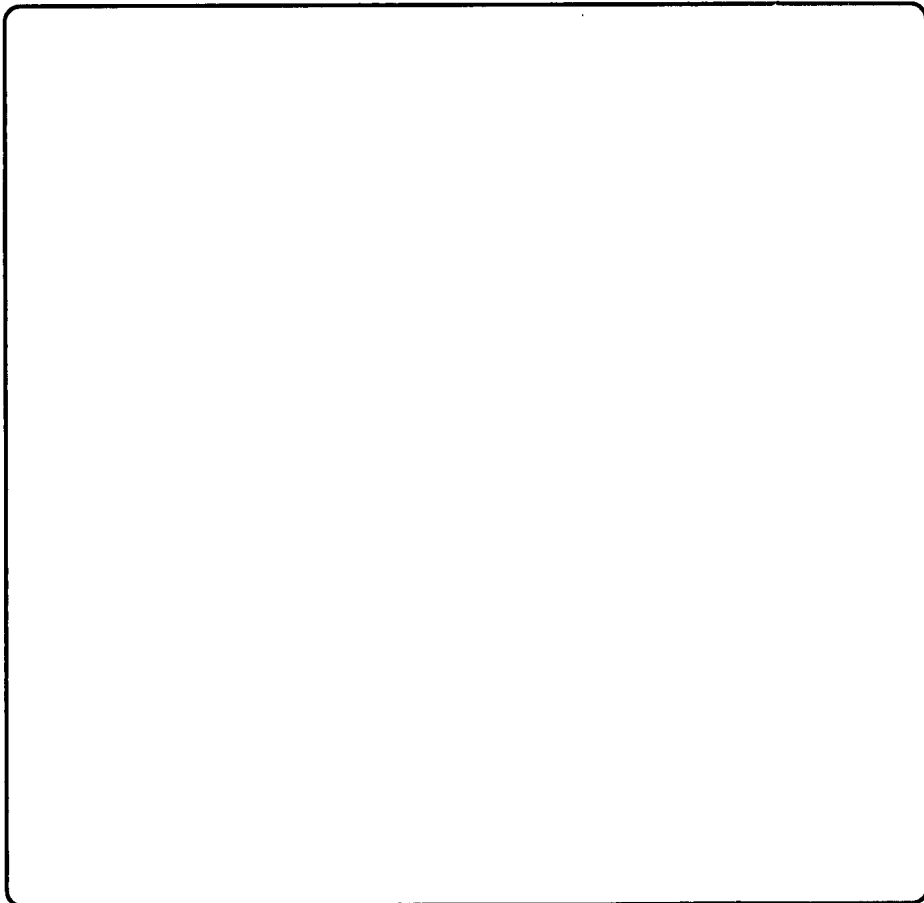
10

ANEXOS

- ☒ Comprobante de pago de la tasa de presentación de la solicitud.
- ☒ Documento que acredite 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 examen preliminar internacional efectuado por la Autoridad Internacional de Examen Preliminar (IPEA).
- ☐ Traducción del examen preliminar internacional efectuado por la IPEA.
- ☐ De ser el caso, copia del contrato de acceso.
- ☐ De ser el caso, documento que acredite la licencia o autorización de uso de conocimientos tradicionales de las comunidades indígenas.
- ☐ 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 de la autoridad de búsqueda internacional con su traducción.

11

FIGURA CARACTERISTICA:



12

Solicito la concesión de la patente,

NOMBRE: ALICIA LLOREDA RICAURTE

FIRMA: 

C.C. 39.690.713

T.P. 53.215

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 07-085983- -00000-0000

Fecha: 2007-08-22 16:41:44
Tra. 11 PATENTEIYII
Act. 411 PRESENTACION

Dep. 2020 NUECREACION
Eve: 378 FASENACIONALI
Folios: 64

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 800176089-2

RECIBO OFICIAL DE CAJA : 07 - 64,682
FECHA : AGOSTO 13 DE 2007

***** CONSIGNACION *****

DEPOSITANTE	TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PGO	Vr. PAGO
LLORED A Y CIA S. A	CONSIGNACION	BANCO POPULAR	050-00110-6	47999438	13/08/2007	13,740,000.00

***** 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 está 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.

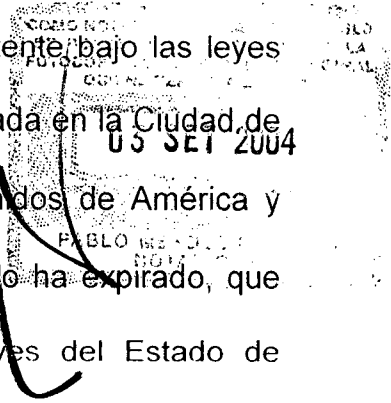
Certificado Notarial (Sociedad)

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 período 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)

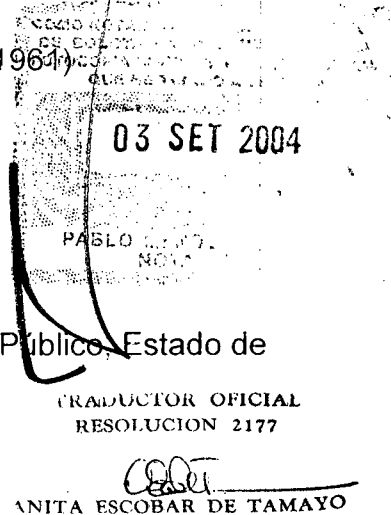
Margaret Gnewuch
Notario Público, Estado de Texas
Mi comisión expira el 20 de diciembre de 2005

Estado de Texas
Secretario de Estado

APOSTILLA

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

1. País: 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



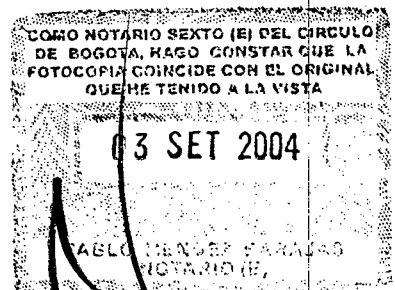
CERTIFICADO

- | | | | |
|----|--------------------------------------|-----|-----------------------------|
| 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
ANITA ESCOBAR DE TAMAYO



MINISTERIO DE RELACIONES
EXTERIORES

primera copia

61226

CUYA FIRMA APARECE EN EL
DOCUMENTO DESEMPENA
LAS FUNCIONES INDICADAS

COMO NOT. (E) DEL CIRCULO
DE BOGOTA CONSTA QUE LA
FOTOCOPIA CON EL ORIGINAL
QUE SE TENDIO A LA VISTA
03 SET 2004
PARA EL FONDO DE LAS

NO SE ASUME
RESPONSABILIDAD DEL TEXTO

2004 SEP -2 A 11: 08

U.S.

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

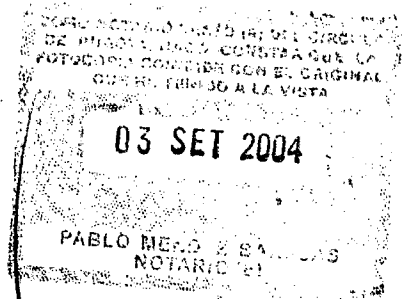
6. on August 20, 2004

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".

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.

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

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

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

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.

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.

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.

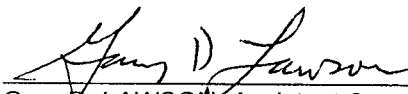
Asimismo, facultamos a los doctores ALICIA LLOREDA y/o GUSTAVO TAMAYO y/o IGNACIO SANTAMARIA y/o ENRIQUE ALVAREZ, para solicitar en la Oficina de Propiedad Industrial la protocolización de este documento y de cualquier poder que cualquiera de ellos otorgue a nombre nuestro.

Dado y firmado

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

9

NOTARIAL CERTIFICATE (CORPORATION)

United States of America

State of **Texas** {ss

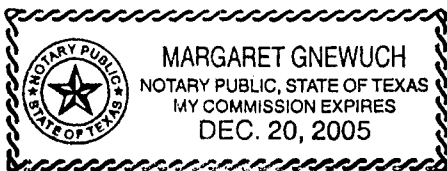
County of **Harris**

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



RECEIVED BY NOTARY PUBLIC
DE POSSESION DE LA
POYOSION DE LA
RECEIVED BY NOTARY PUBLIC
DE POSSESION DE LA

03 SEP 2004

TRATADO DE COOPERACIÓN DE PATENTES
PCT
REPORTE DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

(PCT Artículo 18 y Reglas 43 y 44)

Registro de referencia del solicitante o agente 2005UR010	PARA FUTURAS ACCIONES	ver Forma PCT/ISA/220 así como, donde aplique, el ítem 5 a continuación.
Solicitud internacional No. PCT/US06/09931	Fecha de registro internacional (día/mes/año) 20 de Marzo de 2006 (20.03.2006)	Fecha de Prioridad (Primera) (día/mes/año) 26 de Abril de 2005 (26.04.2005)
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 2 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 con base en:

- ☒ la solicitud internacional en el lenguaje en el cual se presentó
- ☐ una traducción de la solicitud internacional en _____, la cual es el lenguaje de una traducción suministrada para los propósitos de 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. I.

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

3. ☐ Falta unidad de invención (Ver Casilla No. III)

4. Respecto al título,

- ☐ El texto es aprobado según lo presenta el solicitante.
- ☒ Esta Autoridad ha establecido que el texto se lea así:

DISEÑO DE ESTUDIOS USANDO CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE FUENTE CONTROLADA

5. Respecto al resumen,

- ☒ El texto es aprobado según lo presenta el solicitante.
- ☐ Esta Autoridad ha establecido el texto de acuerdo con la Regla 38.2(b), según aparece en la Casilla No. 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. _____

- ☐ como lo sugirió el solicitante.
- ☐ como lo seleccionó esta Autoridad, porque el solicitante no sugirió una figura.
- ☐ como lo seleccionó esta Autoridad, porque esta figura caracteriza mejor a la invención.

b. ☒ ninguna de las figuras es para ser publicada con el resumen.

REPORTE DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud Internacional No.
 PCT/US06/09931

A. CLASIFICACION DE MATERIA OBJETO
 IPC: **G06G 7/48** (2006.01)

USPC: 703/10,2
 Según la Clasificación de Patente Internacional (IPC) o según la clasificación nacional y la IPC

B. CAMPOS BUSCADOS

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de símbolos de clasificación)
 U.S.: 703/10,2

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

Base de datos electrónica consultada durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, donde sea práctico, buscar términos usados)
 Sociedad de Ingenieros de Petróleo, JSTOR, Science Direct

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría °	Citación de documento, con indicación, donde sea apropiado, de los textos relevantes	Relevante a la reivindicación No.
A	MAURER, H. y col., Diseño de estrategias para estudios geofísicos electromagnéticos. Inverse Problems, 2000, Vol. 16, No. 5, páginas 1097-1117	1-16
A	CURTIS, A., Teoría de estudio geofísico basado en modelos y diseño experimental, The Leading Edge, Noviembre de 2004, Volumen 23, No. 10, páginas 1112-1117	1-16
A	SUSLICK, S.B., Análisis de riesgo aplicado a la exploración y producción de petróleo: una descripción, Journal of Petroleum Science and Engineering, 2004, Vol. 44, No.1-2, páginas 1-9	1-16
A	DYER, J.S. y col., Un sistema soporte de decisión para la prelación de actividades de exploración de petróleo y gas, Operations Research, Mayo-Junio 1990, Vol. 38, No. 3, páginas 386-396	1-16
A	US 6,480,790 B1 (CALVERT y col) 12 de Noviembre de 2002 (12.11.2002), columnas 1-6	1-16

☐ 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 12 de Julio de 2006 (12.07.2006)	Fecha de envío por correo del reporte de búsqueda internacional 14 DE SEPTIEMBRE DE 2006
Nombre y dirección de correo de la ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US Comisionado para Patentes P.O. Box 1450 Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. (571) 273-3201	Funcionario autorizado Paul Rodríguez Teléfono No. 571-272-3608

13

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

(PCT Article 18 and Rules 43 and 44)

Applicant's or agent's file reference 2005UR010	FOR FURTHER ACTION see Form PCT/ISA/220 as well as, where applicable, item 5 below.	
International application No. PCT/US06/09931	International filing date (day/month/year) 20 March 2006 (20.03.2006)	(Earliest) Priority Date (day/month/year) 26 April 2005 (26.04.2005)
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 2 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:

DESIGN OF SURVEYS USING CONTROLLED SOURCE ELECTROMAGNETIC FIELDS

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. _____



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/US06/09931

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC: **G06G 7/48**(2006.01)

USPC: 703/10,2

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. : 703/10,2

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

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
Society of Petroleum Engineers, JSTOR, ScienceDirect

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	MAURER, H. et al., Design strategies for electromagnetic geophysical surveys, Inverse Problems, 2000, Vol. 16, No. 5, pages 1097-1117	1-16
A	CURTIS, A., Theory of model-based geophysical survey and experimental design, The Leading Edge, November 2004, Volume 23, No. 10, pages 1112-1117	1-16
A	SUSLICK, S.B., Risk Analysis applied to petroleum exploration and production: an overview, Journal of Petroleum Science and Engineering, 2004, Vol. 44, No. 1-2, pages 1-9	1-16
A	DYER, J.S. et al., A decision support system for prioritizing oil and gas exploration activities, Operations Research, May-June 1990, Vol. 38, No. 3, pages 386-396	1-16
A	US 6,480,790 B1 (CALVERT et al) 12 November 2002 (12.11.2002), columns 1-6	1-16

☐ 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

"E" earlier application or patent published on or after the international filing date

"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)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"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

"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

"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

"&"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 July 2006 (12.07.2006)

Date of mailing of the international search report

14 SEP 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

Paul Rodriguez
Paul Rodriguez

Telephone No. 571-272-3608

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

(19) Organización Mundial de Propiedad Intelectual
Oficina Internacional



(43) Fecha de Publicación Internacional
2 de Noviembre de 2006 (02.11.2006)

PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 2006/115622 A1

(51) Clasificación Internacional de Patentes:
G06G 7/48 (2006.01)

(21) Número de Solicitud Internacional: PCT/US2006/009931

(22) Fecha de Registro Internacional:
20 de Marzo de 2006 (20.03.2006)

(25) Idioma de registro: Inglés

(26) Idioma de Publicación: Inglés

(30) Información de Prioridad:
60/675,045 26 de Abril de 2005 (26.04.2005) US

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

(72) Inventores; e

(75) Inventores/Solicitantes (para Estados Unidos de América solamente): **HOUCK, Richard, T.** [US/US]; 15519 Park Estates, Houston, Texas 77062 (US). **PAVLOV, Dmitriy** [RU/US]; 143 S. Abram Cr., The Woodlands, Texas 77382 (US).

(74) Agentes: **PLUMMER, J., Paul** y col.; EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY, P.O. Box 2189, Houston, Texas 77252-2189 (US).

(81) Estados Designados (a menos que sea indicado de otra manera, 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, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Estados Designados (a menos que sea indicado de otra manera, para cada tipo de protección regional disponible): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Euroasiática (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).

Declaraciones según la Regla 4.17:

- en cuanto al derecho del solicitante de solicitar y obtener una patente (Regla 4.17(ii))
- en cuanto al derecho del solicitante de reivindicar la prioridad de la solicitud anterior (Regla 4.17(iii))

Publicada:

- con reporte de búsqueda internacional
- antes de la expiración del límite de tiempo para modificar las reivindicaciones y ser republicada de nuevo en el caso de recibo de modificaciones

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

(54) Título: DISEÑO DE ESTUDIOS USANDO CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE FUENTE CONTROLADA

(57) Resumen: Método para determinar un valor esperado para un estudio electromagnético de reconocimiento propuesto (o cualquier otro tipo de geofísico) usando una fuente controlada por el usuario. El método requiere solamente información geológica y económica disponible acerca de la región de estudio. Una serie de estudios de calibración son simulados con un surtido de objetivos resistivos consistentes con la información conocida. Los estudios de calibración se usan para orientar software de reconocimiento de patrón para evaluar el potencial económico a partir de mapas de resistividad anómalos. El clasificador calibrado luego se usa en estudios simulados adicionales del área para generar probabilidades que se pueden usar en la teoría del Valor de la Información para predecir un valor esperado de un estudio del mismo diseño que los estudios simulados. La técnica del clasificador calibrado también se puede usar para interpretar resultados de estudios CSEM reales para el potencial económico.

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau



(43) International Publication Date
2 November 2006 (02.11.2006)

PCT

(10) International Publication Number
WO 2006/115622 A1

(51) International Patent Classification:
G06G 7/48 (2006.01)

(21) International Application Number:
PCT/US2006/009931

(22) International Filing Date: 20 March 2006 (20.03.2006)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
60/675,045 26 April 2005 (26.04.2005) US

(71) Applicant (for all designated States except US): **EXXON-MOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY** [—/US]; P.O. Box 21889, Houston, Texas 77252-2189 (US).

(72) Inventors; and

(75) Inventors/Applicants (for US only): **HOUCK, Richard, T.** [US/US]; 15519 Park Estates, Houston, Texas 77062 (US). **PAVLOV, Dmitriy** [RU/US]; 143 S. Abram Cr., The Woodlands, Texas 77382 (US).

(74) Agents: **PLUMMER, J., Paul et al.**; EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY, P.O. Box 2189, Houston, Texas 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, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(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), 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).

Declarations under Rule 4.17:

- as to applicant's entitlement to apply for and be granted a patent (Rule 4.17(ii))
- as to the applicant's entitlement to claim the priority of the earlier application (Rule 4.17(iii))

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.

(54) Title: DESIGN OF SURVEYS USING CONTROLLED SOURCE ELECTROMAGNETIC FIELDS

(57) Abstract: Method for determining an expected value for a proposed reconnaissance electromagnetic (or any other type of geophysical) survey using a user-controlled source. The method requires only available geologic and economic information about the survey region. A series of calibration surveys are simulated with an assortment of resistive targets consistent with the known information. The calibration surveys are used to train pattern recognition software to assess the economic potential from anomalous resistivity maps. The calibrated classifier is then used on further simulated surveys of the area to generate probabilities that can be used in Value of Information theory to predict an expected value of a survey of the same design as the simulated surveys. The calibrated classifier technique can also be used to interpret actual CSEM survey results for economic potential.

WO 2006/115622 A1

17

TRATADO DE COOPERACIÓN DE PATENTES

De la
AUTORIDAD DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

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

PCT

OPINIÓN ESCRITA DE LA
AUTORIDAD DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

(PCT Regla 43bis.1)

Fecha de correo
(día/mes/año) 14 DE SEPTIEMBRE DE 2006

Registro de referencia del solicitante o agente 2005UR010		PARA FUTURAS ACCIONES Ver párrafo 2 a continuación																									
Solicitud Internacional No. PCT/US06/09931	Fecha de registro internacional (día/mes/año) 20 de Marzo de 2006 (20.03.2006)	Fecha de prioridad (día/mes/año) 26 de Abril de 2005 (26.04.2005)																									
Clasificación Internacional de Patentes (IPC) o clasificación nacional e IPC IPC: G06G 7/48 (2006.01) USPC: 703/10,2																											
Solicitante EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY																											
1. Esta opinión contiene indicaciones relacionadas con los siguientes ítems: <table><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 Comisionado para Patentes P.O. Box 1450 Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsímile No. (571) 273-3201		Fecha de terminación de esta opinión 12 de Julio de 2006 (12.07.2006)	Funcionario Autorizado Paul Rodríguez Teléfono No. 571-272-3608																								

OPINIÓN ESCRITA DE LA
AUTORIDAD DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud Internacional No.
PCT/US06/09931

Casilla No. I. Bases de la opinión

1. Respecto al **idioma**, esta opinión ha sido establecida con base en:
☒ la solicitud internacional en el idioma en el cual se presentó
☐ una traducción de la solicitud internacional en _____, el cual es el idioma de una traducción proporcionada para los propósitos de 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:

Casilla No. V Afirmación razonada bajo la Regla 43bis.1(a)(i) respecto a novedad, nivel inventivo o aplicabilidad industrial; citas y explicaciones que sustentan dicha afirmación

1. Declaración

Novedad (N)	Reivindicaciones 1-16	SI
	Reivindicaciones NINGUNA	NO
Nivel Inventivo (IS)	Reivindicaciones 1-16	SI
	Reivindicaciones NINGUNA	NO
Aplicabilidad Industrial (IA)	Reivindicaciones 1-16	SI
	Reivindicaciones NINGUNA	NO

2. Citaciones y explicaciones:

Las reivindicaciones 1-16 cumplen con los criterios expresados en el Artículo 33(2)-(3) del PCT porque la técnica anterior no enseña ni sugiere verdaderamente la simulación de una pluralidad de estudios de calibración de la región de subsuperficie, usando la información geológica existente y el diseño de estudio propuesto, cada estudio simulado asume propiedades objetivo consistentes con la información existente pero de lo contrario al azar; usando los resultados de calibración simulados y la información económica existente para entrenar un algoritmo calificador seleccionado para convertir los resultados de un estudio en un indicador de presencia de objetivos de tamaño económico; simulando una pluralidad de estudios de decisión de la región de subsuperficie, usando la información geológica existente y el diseño de estudio propuesto, cada estudio simulado asume propiedades objetivo consistentes con la información existente pero de lo contrario al azar; aplicando el clasificador entrenado a los resultados de cada una de las pluralidades de los estudios de decisión simulados, generando un indicador de probabilidad de que dicho estudio contiene al menos un objetivo económico; seleccionando un valor de umbral para el indicador objetivo con base en un conteo de indicaciones correctas de al menos un objetivo económico y un conteo de indicaciones incorrectas de al menos un objetivo económico de dicha pluralidad de estudios de decisión simulados; calculando un valor esperado para un estudio geofísico con base en el diseño de estudio propuesto, usando probabilidades derivadas de dicho conteo de indicaciones correctas y dicho conteo de indicaciones incorrectas correspondiendo al indicador de umbral seleccionado; aplicando el clasificador entrenado a los resultados del estudio actual, generando un indicador de probabilidad de que dicho estudio contiene al menos un objetivo económico.

Las reivindicaciones 1-16 cumplen con los criterios expresados en el Artículo 33(4) del 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) 14 SEP 2006		
Applicant's or agent's file reference 2005UR010	FOR FURTHER ACTION See paragraph 2 below	
International application No. PCT/US06/09931	International filing date (day/month/year) 20 March 2006 (20.03.2006)	Priority date (day/month/year) 26 April 2005 (26.04.2005)
International Patent Classification (IPC) or both national classification and IPC IPC: G06G 7/48 (2006.01) USPC: 703/10,2		
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 12 July 2006 (12.07.2006)	Authorized officer  Paul Rodriguez Telephone No. 571-272-3608
--	---	--

Form PCT/ISA/237 (cover sheet) (April 2005)

WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

International application No.

PCT/US06/09931

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/US06/09931

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

1. Statement

Novelty (N)	Claims <u>1-16</u>	YES
	Claims <u>NONE</u>	NO
Inventive step (IS)	Claims <u>1-16</u>	YES
	Claims <u>NONE</u>	NO
Industrial applicability (IA)	Claims <u>1-16</u>	YES
	Claims <u>NONE</u>	NO

2. Citations and explanations:

Claims 1-16 meet the criteria set out in PCT Article 33(2)-(3), because the prior art does not teach or fairly suggest simulating a plurality of calibration surveys of the subsurface region, using the existing geologic information and the proposed survey design, each simulated survey assuming target properties consistent with the existing information but otherwise random; using the simulated calibration results and the existing economic information to train a selected classifier algorithm to convert the results of a survey into an indicator of presence of economic size targets; simulating a plurality of decision surveys of the subsurface region, using the existing geologic information and the proposed survey design, each simulated survey assuming target properties consistent with the existing information but otherwise random; applying the trained classifier to the results of each of the plurality of simulated decision surveys, generating an indicator of likelihood that such survey contains at least one economic target; selecting a threshold value for the target indicator based on a count of correct indications of at least one economic target and a count of incorrect indications of at least one economic target from said plurality of simulated decision surveys; calculating an expected value for a geophysical survey based on the proposed survey design, using probabilities derived from said count of correct indications and said count of incorrect indications corresponding to the selected threshold indicator; applying the trained classifier to the results of the actual survey, generating an indicator of likelihood that such survey contains at least one economic target.

Claims 1-16 meet 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.

DISEÑO DE ESTUDIOS USANDO CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE FUENTE CONTROLADA

RESUMEN-OBJETO Y FINALIDAD DE LA INVENCION

Método para determinar un valor esperado para un estudio electromagnético de reconocimiento propuesto (o cualquier otro tipo de geofísico) usando una fuente controlada por el usuario. El método requiere solamente información geológica y económica disponible acerca de la región de estudio. Una serie de estudios de calibración son simulados con un surtido de objetivos resistivos consistentes con la información conocida. Los estudios de calibración se usan para orientar software de reconocimiento de patrón para evaluar el potencial económico a partir de mapas de resistividad anómalos. El clasificador calibrado luego se usa en estudios simulados adicionales del área para generar probabilidades que se pueden usar en la teoría del Valor de la Información para predecir un valor esperado de un estudio del mismo diseño que los estudios simulados. La técnica del clasificador calibrado también se puede usar para interpretar resultados de estudios CSEM reales para el potencial económico.

DISEÑO DE ESTUDIOS USANDO CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE FUENTE CONTROLADA

[0001] Esta solicitud reivindica el beneficio de Solicitud de Patente Americana Provisional Número 60/675,045 presentada el 26 de Abril de 2005.

CAMPO DE LA INVENCION

[0002] Esta invención se relaciona generalmente con el campo de la exploración geofísica, y más particularmente al campo de estudios electromagnéticos de fuente controlada ("CSEM"). Específicamente, la invención es un método para diseñar un estudio de reconocimiento para la exploración CSEM de una región subterránea, e interpretación de resultados.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

[0003] Debido a que los estudios CSEM de resonancia deben ser diseñados en la ausencia de cualquier información acerca de objetivos específicos, que es lo que se entiende por el término "reconocimiento", los métodos usados para diseñar estudios CSEM orientados al objetivo tradicionales no son aplicables. Adicionalmente, como los objetivos de interpretación y la información previa son diferentes de los estudios CSEM orientados al objetivo, se requiere de un criterio de interpretación diferente.

[0004] Los estudios CSEM orientados al objetivo están dirigidos actualmente hacia uno o más objetivos específicos que han sido identificados y caracterizados usando información previa, tal como datos sísmicos 3D. El diseño e interpretación de estos estudios está guiado por esta información previa (Kong et al., "Seabed logging: A possible direct hydrocarbon indicator for

deepsea prospects using EM energy, *Oil and Gas Journal*, 30-38 (May 13, 2002)). En el estudio CSEM de reconocimiento, los parámetros del objetivo específico pueden no estar disponibles y usualmente solamente se conoce información geológica general. Los pocos intentos para diseñar estudios CSEM de reconocimiento se han concentrado en mejorar la resolución y precisión. Ver Maurer et al., "Optimized and robust experimental design: a non-linear application to EM sounding," *Geoph. J. Int.* 132, 458-468 (1998); y Singh et al., "Effective skin depth with a local source and its application to survey design and data interpretation," *72nd Ann. Internal Mtg: Soc. of Expl. Geophys.*, 684-687 (2002). Los vendedores del equipo ofrecen herramientas más económicas para cubrir áreas grandes (usualmente en coordenada regular) a costos reducidos. Ver Eaton et al., "NEWTEM - A novel time-domain helicopter electromagnetic system for resistivity mapping," *72nd Ann. Internal Mtg: Soc. of Expl. Geophys.*, 1-4 (2002). Otros escritores sugirieron un criterio para diseñar el estudio con base en la minimización global en donde la función objetivo incluye la medida de resolución optima y penaliza el costo del estudio a través del número de mediciones requeridas (Maurer et al., "Geophysical survey design: Get the most for the least!" *68th Ann. Internal Mtg: Soc. of Expl. Geophys.*, 78-81 (1998)). Existe una necesidad de un método que pueda evaluar un estudio de reconocimiento propuesto de un diseño particular, y permitir la comparación de diferentes diseños de estudios con base en un valor esperado. La presente invención satisface esta necesidad.

RESUMEN DE LA INVENCION

[0005] En una realización, la presente invención es un método para evaluar un diseño propuesto para un estudio geofísico de una región de subsuperficie, que comprende los pasos de (a) obtener una información geológica y económica existente acerca de la región de subsuperficie y acerca de las potenciales formaciones objetivo allí; (b) simular una pluralidad de

estudios de calibración de la región de subsuperficie, usando la información geológica existente y el diseño de estudio propuesto, cada estudio simulado asumiendo propiedades del objetivo consistentes con la información existente pero de otra forma aleatorias; (c) usar los resultados del estudio de calibración simulada y la información económica existente para orientar un algoritmo clasificador seleccionado para convertir los resultados de un estudio en un indicador de presencia de objetivos de tamaño económico; (d) simular una pluralidad de estudios de decisión de la región de subsuperficie, usando la información geológica existente y el diseño de estudio propuesto, cada estudio simulado asumiendo propiedades objetivo consistentes con la información existente pero de otra forma aleatoria; (e) aplicar el clasificador orientado a los resultados de cada una de la pluralidad de estudios de decisión simulados, generar un indicador de probabilidad de forma que tal estudio contiene al menos un objetivo económico; (f) seleccionar un valor de umbral para el indicador objetivo con base en un conteo de indicaciones correctas de al menos un objetivo económico y un conteo de indicaciones incorrectas de al menos un objetivo económico de dicha pluralidad de estudios de decisión simulados; y (g) calcular un valor esperado para un estudio geofísico con base en el diseño de estudio propuesto, usando probabilidades derivadas de dicho conteo de indicaciones correctas y dicho conteo de indicaciones incorrectas correspondientes al valor indicador de umbral seleccionado.

[0006] En algunas realizaciones de la invención, el estudio geofísico es un estudio electromagnético de fuente controlada, y los pasos de simulación comprenden: (a) convertir dicha información geológica existente en un conjunto de distribuciones de probabilidad de propiedad objetivo, incluyendo una distribución del número de objetivos en la región subterránea; (b) dibujar aleatoriamente un conjunto de propiedades objetivo a partir de dichas distribuciones de propiedad objetivo; (c) colocar un objetivo en una ubicación aleatoria en la región subterránea; (d) repetir los pasos (b)-(c) hasta que se

haya colocado el número dibujado de objetivos; (e) resolver las ecuaciones de campo de Maxwell para desarrollar una base de datos de mapa de sensibilidad, cada mapa da una respuesta electromagnética anómala en una ubicación receptora central para una distribución representativa de posiciones objetivo cercanas mostrando por medio de esto sensibilidad de receptor a la posición objetivo relativa, dicha base de datos comprende un mapa para cada uno de un conjunto representativo de propiedades objetivo y para propiedades de fuente que incluyen al menos una frecuencia de fuente del diseño de estudio propuesto; (f) seleccionar al menos un mapa de sensibilidad que coincide con las propiedades objetivo de un objetivo colocado en la ubicación subterránea en un paso anterior; (g) extraer la respuesta electromagnética del mapa de sensibilidad seleccionado, o interpolar a partir de dos mapas, para una pluralidad de ubicaciones objetivo-a-receptor relativas; y (h) repetir los pasos (f)-(g) para cada objetivo adicional colocado en la ubicación subterránea, generando así una base de datos de mapa de respuestas electromagnéticas anómalas simuladas observadas en cada receptor debido a todos los objetivos colocados.

[0007] El clasificador orientado de la presente invención también puede usarse para evaluar los resultados de un estudio real.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0008] La presente invención y sus ventajas se entenderán mejor mediante la referencia a la siguiente descripción detallada y las figuras adjuntas en las cuales:

La Fig. 1 es un árbol de decisiones para el análisis de Valor de la Información de los diseños de estudio;

La Fig. 2 es un diagrama de flujo de los pasos básicos de una realización de la invención;

La Fig. 3 es un diagrama de flujo que muestra los pasos básicos en una simulación de estudio;

Las Figs. 4a-4c ilustran el modelamiento electromagnético para los mapas de sensibilidad;

La Fig. 4a muestra el campo modelado con objetivo presente;

La Fig. 4b muestra el campo anómalo, y

La Fig. 4c muestra el campo anómalo expresado como una fracción del campo pico;

Las Figs. 5a-c son mapas de sensibilidad para frecuencias de fuente de 0.0625 Hz (Fig. 5a), 0.125 Hz (Fig. 5b), y 0.25 Hz (Fig. 5c);

La Fig. 6 es un diagrama de flujo que muestra los pasos para detectar objetivos de tamaño económico;

Las Figs. 7a y 7b son mapas de ubicación que ilustran dos pasos objetivo simulados;

Las Figs. 8a y 8b son mapas de respuesta anómala para estudios simulados con ubicaciones de objetivo dadas por las Figs. 7a y 7b, respectivamente;

La Fig. 9 ilustra las respuestas económica y no económica de un conjunto de datos de calibración;

Las Figs. 10a y 10b son mapas que muestran las probabilidades de objetivo económicas estimadas de las respuestas anómalas de las Figs. 8a y 8b, respectivamente; y

La Fig. 11 muestra las curvas características de salida del receptor ("ROC") para dos diseños de estudio.

[0009] La invención se describirá en conexión con sus realizaciones preferidas. Sin embargo, en la medida en que la siguiente descripción detallada es específica a una realización particular o un uso particular de la invención, esta pretende ser solamente ilustrativa, y no se interpretará como limitante del alcance de la invención. Por el contrario, pretende cubrir todas las alternativas, modificaciones y equivalentes que pueden estar incluidas dentro del espíritu y alcance de la invención definidas por las reivindicaciones adjuntas.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

[0010] La invención aplica una técnica llamada análisis de Valor de la Información ("VOI") (ver capítulo 10 en Newendorp, *Decision Analysis for Petroleum Exploration*, PennWell Publishing (1975)) al diseño del estudio CSEM. Las entradas son un conjunto de diseños de estudio candidatos, y la información geológica general acerca de los objetivos electromagnéticos que pueden estar presentes en el área del estudio. Algunos de estos objetivos pueden representar acumulaciones de hidrocarburos económicas, mientras que otras son demasiado pequeñas para ser económicas, incluso si contienen hidrocarburos. La salida básica es un valor económico para cada diseño de estudio que depende de su habilidad para distinguir entre objetivos económicos

y no económicos. El diseño de estudio que entrega el valor más alto, después de considerar el costo del estudio, es el que debe usarse.

[0011] El objetivo de un estudio CSEM de reconocimiento es decidir si se deben llevarse a cabo actividades de exploración de alto costo adicionales, tales como datos sísmicos en 3D, en el área del estudio. Si el resultado del estudio de reconocimiento es suficientemente favorable para la presencia de una acumulación de hidrocarburo económicamente viable, la reunión de datos y el análisis está justificado. De acuerdo con los principios del VOI, un diseño de estudio se debe seleccionar con base en su capacidad para reducir la incertidumbre en esta decisión.

[0012] La Figura 1 muestra un árbol de decisión de VOI para el problema del diseño de estudio. Los rectángulos de la Figura 1 representan decisiones. El proceso empieza en el lado izquierdo del árbol, tratando de decidir entre los diseños de estudio de competencia D_1 y D_2 . (La rama del diseño D_2 luce igual a la rama de D_1 , por lo que no se muestra en la figura). Para simplicidad, solo se muestran dos diseños en el árbol, pero el análisis aplica a cualquier número de diseños candidatos. Típicamente, existe solamente un número limitado de diseños operacionalmente prácticos que requieren ser considerados.

[0013] Con base en la información geológica general que está disponible actualmente, al área de estudio se le asigna una probabilidad P_{ECON} que contiene un objetivo de tamaño económico. El hecho que un estudio de reconocimiento está bajo consideración implica que la P_{ECON} sea baja, entonces la decisión si se realiza la exploración en el estudio es riesgosa. Los resultados del estudio pueden reducir el riesgo aumentando la P_{ECON} , haciendo más probable que la información posterior encontrará una acumulación de hidrocarburo económica, o disminuyendo la P_{ECON} , haciendo menos probable que una exploración viable sea abandonada.

[0014] Los resultados de un estudio CSEM de reconocimiento dependen del diseño del estudio y de la distribución desconocida de objetivos en el área de estudio. Para simplicidad, el rango de resultados posibles está representado como dos ramas en la Figura 1 – un resultado "Favorable" que produce mayor probabilidad de un objetivo económico P_{MEJOR} , y un resultado "desfavorable" que produce una probabilidad menor P_{PEOR} – Como el resultado real es desconocido, ambas posibilidades deben ser consideradas. Si el resultado es el resultado favorable, el usuario del método decidirá si llevar a cabo la exploración con base en la nueva mayor probabilidad P_{MEJOR} . Si la P_{MEJOR} es suficientemente alta, el usuario decidirá llevar a cabo la exploración, y el valor económico esperado del área de estudio será $P_{MEJOR} * \$EV - \C , en donde $\$EV$ es el NPV esperado de un esfuerzo de exploración exitoso, y $\$C$ es el costo del siguiente paso en el proceso de exploración. Si el usuario obtiene un resultado desfavorable, la P_{PEOR} puede ser suficientemente baja para hacer que decida abandonar el área, entonces su valor será cero. En cualquier caso, el usuario ha gastado el costo de realizar el diseño del estudio D_1 , $\$D_1$. El valor del diseño D_1 es la suma de valores mostrados en la Fig. 1 en los extremos de las dos ramas "Resultado del Estudio" (la bifurcación "si" al final de cada rama), ponderada por la probabilidad de obtener ese resultado. La presente invención provee un método para predecir esas dos probabilidades, llamadas $P_{Favorable}$ y $1 - P_{Favorable}$ de aquí en adelante. Un proceso similar da el valor para el diseño D_2 .

[0015] La implementación del análisis VOI descrito en la Figura 1 no es sencillo porque el usuario de la invención rara vez sabrá las probabilidades requeridas para evaluar el árbol. Usualmente será posible hacer un estimado geológico de la P_{ECON} , pero no es claro cómo estimar las probabilidades P_{MEJOR} y P_{PEOR} después del estudio. La práctica común en otras áreas aguas arriba del petróleo es estimar las probabilidades requeridas con base en el examen pericial. Ver Coopersmith et al., "A practical approach to evaluating the value of information and real option decisions in the upstream petroleum industry",

Society of Petroleum Engineers (SPE) Paper 77582 (2002). Sin embargo, el estudio CSEM de reconocimiento es una tecnología nueva, no existe suficiente base de experiencia para que este criterio sea factible. La presente invención sortea esta dificultad reemplazando las tres ramas de decisión por cada diseño de estudio con un procedimiento de modelamiento probabilístico que calcula el valor post-estudio directamente, con base en la información geológica y económica disponible. Luego se puede seleccionar el mayor diseño de estudio usando el criterio VOI estándar – el diseño que produce el valor esperado más alto (Val) para los datos del estudio.

[0016] La Figura 2 muestra los pasos básicos usados para estimar el valor económico de un diseño de estudio. Los detalles de estos pasos se proveen a continuación, entendiendo que los detalles pueden pertenecer solamente a realizaciones particulares de la invención cuando los ejemplos específicos son útiles para propósitos ilustrativos. Las entradas **20** son información general acerca del área de estudio, y los parámetros de diseño de estudio **29**. Las salidas son el resultado del paso **26**, el valor asociado con el diseño de estudio.

[0017] En el paso **21**, se genera un conjunto de estudios simulados en donde las propiedades objetivo coinciden con las esperadas (a partir de la información de entrada **20**) para el área de estudio, pero de otra forma aleatorios. Los estudios generados en el paso **21** se usan en el paso **22** como un conjunto de datos de entrenamiento para un algoritmo de reconocimiento de patrón que convierte las observaciones hechas en el estudio en indicadores de la presencia de objetivos de tamaño económico. El paso **24** aplica el clasificador orientado en el paso **22** a un segundo conjunto de estudios generados en el paso **23**, produciendo un conjunto de mapas que indican la probabilidad de tener un objetivo económico dentro de cada área de estudio simulada. El paso **25** determina el valor de umbral para el indicador objetivo

que optimiza el desempeño del estudio, sobre el conjunto de simulaciones. El resultado del paso **25** es un par de probabilidades, "probabilidad de detección y probabilidad de "positivo falso", que se usan en el paso 26 para calcular el valor del estudio.

[0018] La Figura 3 muestra los pasos usados para generar un estudio CSEM simulado. El procedimiento de la Figura 3 se usa para generar los dos conjuntos de estudios de los pasos **21** y **22** de la Figura 2. En el paso **31** de la Figura 3, se dibuja una realización aleatoria de parámetros objetivo de un conjunto de distribuciones de probabilidad **30** que han sido construidas a partir de información geológica previa, no específica de objetivo **21**. Los parámetros objetivo incluyen dimensiones, orientación, profundidad y resistividad objetivas. El paso **32** coloca cada objetivo en una ubicación aleatoria en el área de estudio. En el caso de una coordenada (x,y) del objetivo, la distribución de probabilidad que es muestreada aleatoriamente es típicamente una distribución uniforme. Los pasos **31** y **32** son repetidos hasta que el área de estudio está totalmente poblada con objetivos (con base en el muestreo aleatorio de la distribución de probabilidad para el número de objetivos). Dependiendo de las distribuciones de entrada, las áreas de estudio simuladas pueden o no contener objetivos económicos, y pueden o no contener el mismo número de objetivos.

[0019] El paso **33** determina las respuestas EM anómalas que se observarían en cada receptor en el estudio, para el conjunto de objetivos simulados. Para diseños de estudios realistas se harían observaciones múltiples en cada receptor. Observaciones separadas resultarían de diferentes frecuencias transmisoras, de diferentes orientaciones de línea y distancias de desplazamiento. Como se debe simular un gran número de estudios para obtener estimados de probabilidad estadísticamente significativos, el modelamiento electromagnético total de las respuestas no es práctico. En su

lugar se una base de datos **36** de “mapas de sensibilidad” precalculados para derivar las respuestas anómalas para cada diseño de estudio propuesto **35**. Como la base de datos contiene mapas de un número finito de modelos discretos, ningún mapa coincidirá exactamente con los parámetros del objetivo generado aleatoriamente. En consecuencia, el paso **33** selecciona ya sea el mapa “más cercano” (con base en una medida de distancia apropiada en un espacio de parámetro), o interpola un mapa para los parámetros objetivo requeridos de un conjunto de mapas cercanos. Además en el paso **33**, la respuesta anómala en cada receptor para la ubicación objetivo dada es recogida del mapa de sensibilidad recién seleccionado para ese receptor, y ese valor es almacenado en un mapa **37** de las ubicaciones del receptor llamado un mapa de respuesta anómalo.

[0020] Los mapas de sensibilidad **36** se generan usando el siguiente procedimiento. Primero se construye un modelo numérico simplificado de la distribución de resistividad dentro del medio sin objetivos. Se modelan los objetivos para un rango de tamaños (económicos y no económicos), resistividades, y profundidades. También se simula un rango de ubicaciones de transmisor y receptor. La Figura 4 muestra el modelamiento que se hace para cada objetivo. El campo electromagnético en el receptor es simulado usando software de modelamiento tridimensional con y sin objetivo resistivo. La Figura 4a muestra el campo modelado con el objetivo presente. La Figura 4b muestra el campo “anómalo” – la diferencia entre el campo modelado con y sin el objetivo. La Figura 4c muestra el campo anómalo, expresado como una fracción del campo de pico. El modelamiento mostrado en la Figura 4 es repetido para todas las ubicaciones relativas posibles del objetivo y del transmisor, hasta una distancia en donde la respuesta anómala se vuelve insignificante. Las Figs. 4a-c muestran los resultados modelados para una frecuencia de fuente de $\frac{1}{4}$ Hz, pero en la práctica se generarían cifras similares para todas las frecuencias significativas en el experto de frecuencia de fuente.

El valor máximo de la respuesta anómala normalizada (de la Fig. 4c) para cada desplazamiento objetivo-transmisor modelado es registrado en un mapa, produciendo un "mapa de sensibilidad" como el mostrado en la Figura 5. Los mapas de sensibilidad son específicos para objetivo y transmisor; se debe modelar un mapa diferente para cada frecuencia de transmisor y para cada desplazamiento posible entre la distribución del transmisor (que está representada por una línea en el ejemplo de la Figura 5) y el objetivo. Se deben generar suficientes mapas de sensibilidad para poblar una base de datos que cubre el rango de características de objetivo y transmisor necesarias para evaluar los estudios candidatos.

[0021] Explicando en más detalle, la Fig. 4a muestra (usando la escala gris en indicada en la figura para mostrar el poder de diez) el componente en línea del campo eléctrico (este fue el parámetro de campo EM seleccionado en esta instancia) medido en un receptor ubicado en las coordenadas (0,0,0), en donde $z = 0$ es el fondo del agua. La escala gris es logarítmica variando de 1×10^{-18} a 1×10^{-10} , e igualmente para las Figs 4b y 5a-c. En la práctica real, la mayoría de los usuarios preferirían una escala a color en lugar de la escala de grises usada en este documento de patente, y por lo tanto el término escala a "color" se usará de aquí en adelante. Los ejes en las Figs. 4a-c representan la posición lateral (xy) de la fuente, en decenas de kilómetros. Las Figs. 4a-c son modeladas con un objetivo localizado en (0,0,1250), p.e., 1250 m por debajo del fondo del agua, pero otras Figs. 4a-c se generarían para todas las posiciones de objetivo posibles en el espacio 3D discreto, o tantas de ellas como el usuario quiera muestrear. El usuario selecciona el tamaño de celda en el espacio 3D discreto, balanceando la necesidad de precisión con la necesidad de eficiencia computacional. Se asume que fuente en estos cálculos modelo es un bipolo eléctrico de 100 m de longitud, alineado con la dirección (x) en línea. La Fig. 4b muestra el valor absoluto de la diferencia ubicación-ubicación entre el valor del campo de la Fig. 4a y el campo de fondo (no

mostrado), p.e., el valor del componente en línea de E sin objetivo a (0,0,1250) o cualquier otro en el modelo. Para un objetivo tal como el asumido para las Figs. 4a-c, una gráfica del campo de fondo sería virtualmente indistinguible de la Fig. 4a a simple vista. (Por supuesto, la presente invención será practicada típicamente con la ayuda de una computadora digital, y las representaciones gráficas tales como la Fig. 4a, aunque son útiles para el entendimiento de la invención, no se usan para hacer juicios de color para la sustracción del campo de la Fig. 4b). Así, el campo anómalo representado por la Fig. 4b es relativamente muy pequeño, como se puede ver por los diferentes números en la escala de color comparada con la Fig. 4a. (Por definición, cualquier respuesta diferente de la respuesta esperada sin objetivos, p.e., el fondo, se considera "anómala"). La Figura 4c muestra el campo anómalo normalizado, p.e., la relación ubicación-por-ubicación del valor (en la escala de color) de la Fig. 4b dividida por el valor del campo de fondo (no mostrado). Todos los valores de la Fig. 4c son fracciones ≤ 1 indicadas en la escala de color que, a diferencia de la de la Fig. 4a o 4b, es una escala lineal. (Ninguna fracción será negativa; los valores negativos en la escala de color para los azules más oscuros son simplemente para cambiar los colores graficados en una parte más fácilmente contrastante de la barra de color). Para los parámetros particulares de la Fig. 4c, la mayoría del dibujo muestra valores de cero o ligeramente menos indicando impacto muy pequeño del objetivo en el valor $E_{\text{en línea}}$ para todas las posiciones de fuente excepto cerca de (0,0). Se debe entender que para diferentes objetivos en diferentes ubicaciones, p.e., objetivos más grandes, más resistivos localizados más cerca del receptor, la Fig. 4c podría verse un poco diferente.

[0022] Cuando las Figs. 4a-c muestran sensibilidad de un receptor particular a una posición de fuente, las Figs. 5a-c muestran sensibilidad a la posición objetivo. Una vez más, el receptor está fijo a (0,0,0) y la frecuencia de fuente, tamaño objetivo, resistividad objetivo, y profundidad objetivo son las

mismas que para las Figs. 4a-c. La posición en las Figs. 5a-c significa la posición lateral del objetivo, no de la fuente. Para obtener un valor para graficar (realmente, para almacenar en una base de datos de computadora) en una cierta ubicación en la Fig. 5c (que corresponde a la misma frecuencia de 0.25 Hz que la de la Fig. 4c), se ve (en esta realización particular de la invención) a la Fig. 4c particular que corresponde al objetivo en la cierta ubicación mencionada anteriormente, y recoge el valor máximo (en la escala de color) en cualquier parte en esa Fig, 4c, p.e., sin importar la posición de la fuente. La razón para esto es enfatizar al máximo posible lo que probablemente es un efecto pequeño. El impacto del objetivo en lo que es detectado por un receptor será típicamente pequeño, y el impacto máximo no ocurrirá en la misma posición de fuente relativa para diferentes posiciones relativas de receptor y objetivo. La selección del valor máximo del campo anómalo normalizado sin importar la posición de la fuente es entonces considerado una realización preferida de la invención, pero obviamente no es la única forma posible de realizar este paso de la invención. Los valores AU en las Figs. 5a-c están dentro del rango de 0 a 1, pero proveen más contraste en el extremo inferior del rango, los números en la escala de color son valores exponenciales, p.e., la escala va de 0.01 a 1. El tamaño objetivo (dimensiones laterales) es indicado por el rectángulo en la porción derecha superior de cada dibujo (una posición arbitraria porque el objetivo asume cada posición en las Figs. 5a-c).

[0023] La Figura 6 muestra el proceso usado en una realización de la invención para predecir la presencia de objetivos de tamaño económico desde los mapas de respuesta anómala simulada. La Figura 6 muestra los pasos **23** y **24** de la Fig. 2 en más detalle. En el paso **61**, se inicializa un conjunto de contadores para uso para detecciones exitosas coincidentes de objetivos económicos e identificaciones falsas de objetivos no económicos como económicos, para un rango de umbrales de detección asumidos. Al final del proceso (paso **66**), los contenidos de estas dos distribuciones de contadores se

usan para calcular el conjunto de probabilidades que caracterizan el desempeño de este diseño de estudio.

[0024] En el paso **62** de la Figura 6, se inicia un ciclo para generar cada mapa en el conjunto de "decisión" del paso **23** en la Figura 2. El procedimiento mostrado en la Fig. 3 se usa en el paso **62** para generar un mapa de respuesta anómala para cada estudio simulado. En el paso **63**, se usa un algoritmo de reconocimiento **60** orientado en un conjunto de estudios de "calibración" generado previamente (pasos **21** y **22** en la Figura 2) para convertir las observaciones múltiples hechas en cada receptor en el mapa simulado del paso **62** en un número cuyo valor es un indicador de la presencia o ausencia de un objetivo de tamaño económico cerca al receptor. En una realización preferida de la invención, se usa una red neural probabilística (Specht, "Probabilistic neural networks", *Neural Networks* 3, 109-118 (1990)) como el algoritmo de detección, pero se puede usar cualquier otro algoritmo de reconocimiento de patrón adecuado (p.e., Tou et al., *Pattern Recognition Principles*, Addison-Welsey (1974)). La salida del paso **63** es un mapa de la probabilidad de tener un objetivo de tamaño económico dentro de una región definida por el usuario, llamada la "región de detección", alrededor de cada receptor. En la discusión posterior, el término "probabilidad" se usará entendiendo que, si se usa un algoritmo de reconocimiento patrón diferente, podría referirse a algún otro indicador de la presencia de un objetivo.

[0025] Como las probabilidades mapeadas normalmente no serán cero o uno, la presencia de un objetivo económico aún es incierta. Para decidir si un objetivo económico ha sido detectado, es necesario establecer una probabilidad de umbral, por encima de la cual el usuario declarará que un objetivo está presente. Debido a la incertidumbre involucrada, cualquier umbral elegido producirá algunos errores. Cualquiera fallará en detectar todos los objetivos económicos que están presentes, o clasificará falsamente algunos

objetivos no económicos como económicos. El ciclo mostrado en la Fig. 6 que repite los pasos **64** y **65** cuantifica estos dos tipos de errores para un rango de umbrales de detección asumidos.

[0026] En el paso **64**, se fija un valor para el umbral de detección. Si el clasificador **60** produce probabilidades, los umbrales varían de cero a uno, incrementado típicamente en pasos iguales. En el paso **65**, las ubicaciones conocidas de objetivos de tamaño económico se usan para determinar si el umbral asumido ha producido una detección válida o un positivo falso. En una realización de la invención, el criterio de detección se basa en el área de estudio entera. Si cualquier receptor tiene una probabilidad de umbral anterior, y un objetivo de tamaño económico está presente en cualquier parte del área de estudio, se cuenta una detección válida aumentando el elemento del arreglo del contador de detección que corresponde al umbral actual. Si cualquier receptor tiene una probabilidad de umbral anterior, y no están presentes objetivos de tamaño económico en ninguna parte en el área de estudio, se cuenta un positivo falso aumentando el elemento apropiado del arreglo de contador de "positivo falso". Dependiendo de la aplicación, puede ser preferible usar un criterio de detección más localizado que considere las ubicaciones relativas de los objetivos y los receptores del umbral anterior.

[0027] Después que se han evaluado los umbrales, los pasos **62** a **65** son repetidos hasta que se han contado detecciones y positivos falsos para todos los mapas en el conjunto de "decisión". En el paso **66**, los dos conjuntos de conteos son convertidos en las probabilidades de detección y las probabilidades de positivo falso dividiendo el conteo de detección entre el número total de estudios simulados que contienen objetivos de tamaño económico (*Necon*), y dividiendo el conteo de positivo falso por el número total de estudios simulados que no contienen objetivos de tamaño económico (*NoEcon*). La curva que resulta cuando se grafica la probabilidad como una

función de probabilidad de positivo falso para los diferentes valores de umbral se puede llamar una curva ROC (Característica de Salida del Receptor). Caracteriza totalmente la habilidad del diseño de estudio para distinguir entre los objetivos de tamaño económico y objetivos sub-económicos bajo las circunstancias geológicas modeladas (*VanTrees, Detection, Estimation, and Modulation Theory*, Wiley (1968)). Para cada par de probabilidad, se puede usar la Regla de Bayes (ver VanTrees) para calcular las probabilidades necesarias para evaluar el árbol de decisión de la Fig. 1, y calcular un valor económico para el área de estudio:

$$P_{Favorable} = P_{ECON} * P_{detect}(umbral) + (1 - P_{ECON}) * P_{falsa}(umbral) \quad (1)$$

$$P_{MEJOR} = P_{ECON} * P_{detect}(umbral) / P_{Favorable} \quad (2)$$

$$Valor_{MEJOR} = \$EV * P_{MEJOR} - \$C \quad (3)$$

$$P_{PEOR} = P_{ECON} * (1 - P_{detect}(umbral)) / (1 - P_{Favorable}) \quad (4)$$

$$Valor_{PEOR} = \$EV * P_{PEOR} - \$C \quad (5)$$

$$Valor = P_{Favorable} * MAX(0, Valor_{MEJOR}) + (1 - P_{Favorable}) * MAX(0, Valor_{PEOR}) \quad (6)$$

en donde P_{ECON} , $\$EV$ y $\$C$ son como se definen para la Fig. 1. El umbral T_{max} que produce el valor máximo (Ec. 6) es el umbral de detección que debe usarse si se quiere maximizar el valor del área de estudio (pero, como el ejemplo a continuación, el usuario puede no necesariamente querer usar este umbral particular). El valor económico calculado para T_{max} es el valor asociado con el diseño de estudio, y es equivalente a la suma ponderada por probabilidad de los valores de las ramas del árbol de decisión de la Figura 1.

Note que el paso **63** de la Figura 6 también se puede usar para obtener un mapa de probabilidad de objetivo a partir de las observaciones registradas en un estudio real. Combinado con el valor de umbral de detección determinado a partir de los estudios de “decisión” simulados, esta es una forma rápida de obtener una interpretación preliminar de los datos reales.

Ejemplo

[0028] Esta sección presenta un ejemplo para aplicar el procedimiento del diseño de estudio. La Tabla 1 lista los parámetros del objetivo usados en el ejemplo. Estos contienen información acerca de las propiedades de los objetivos que se esperan en el área de estudio, pero no contienen información acerca de ningún objetivo específico. En un caso real, estos parámetros se derivarían de la información geológica general acerca del área de estudio. Para este ejemplo, la probabilidad que el área de estudio tenga al menos un objetivo económico es $\frac{1}{4}$. Si el conjunto objetivo es uno del 25% que tiene al menos un objetivo económico, entonces el número de objetivos económicos que tendrá es cualquiera de 1 o 2, con cada posibilidad igualmente probable. El número total de objetivos en el área de estudio debe ser cualquiera de 3, 4 o 5 (sea o no económico), con igual probabilidad asignada a cada posibilidad. Se asume que las distribuciones de parámetro objetivo listadas en la Tabla 1 en términos de un valor mínimo, un valor máximo, y un valor más probable, para propósitos de este ejemplo, tienen formas triangulares. La Tabla 2 lista las propiedades de los objetivos contenidos en la base de datos del mapa de sensibilidad **36** (Fig. 3) que se ha usado para este ejemplo.

Tabla 1
Probabilidades de Propiedad Objetivo para el Ejemplos de Simulación

P(Económica) = 0.25	Min	Max	
No. de Objetivos	3	5	
No. de Objetivos económicos	1	2	
	Min	Más probable	Max.
Area (km ²)	4	15	25
Relación de Aspecto	1	3	7
Rumbo (grad)	0	90	180
Espesor (m)	25	50	110
Profundidad (m)	500	1500	2500
Resistividad (ohm-m)	20	70	120

Tabla 2
Base de Datos de Mapa de Sensibilidad

Longitud (m)	Ancho (m)	Espesor (m)	Profundidad (m)	Orientación (grad)	Resistividad (ohm-m)
7000	1400	100	1000	0	100
7000	1400	100	1250	0	100
7000	1400	100	1500	0	100
7000	1400	100	1750	0	100
7000	1400	100	1000	45	100
7000	1400	100	1250	45	100
7000	1400	100	1500	45	100
7000	1400	100	1750	45	100

7000	1400	50	1000	0	40
7000	1400	50	1250	0	40
7000	1400	50	1500	0	40
7000	1400	50	1750	0	40
7000	1400	50	1000	45	40
7000	1400	50	1250	45	40
7000	1400	50	1500	45	40
7000	1400	50	1750	45	40
6000	3400	100	2000	0	100
6000	3400	100	2000	45	100
6000	3400	50	2000	0	40
6000	3400	50	2000	45	40

[0029] Siguiendo los pasos de la Fig. 3, se dibujan aleatoriamente un conjunto de propiedades objetivo de las distribuciones de probabilidad de la Tabla 1. Este dibujo aleatorio se puede prever como una gama de oportunidad con una antena giratoria en el centro de un cuadro de torta circular en donde el tamaño de cada sección de la torta es proporcional a su probabilidad correspondiente de la Tabla 1. Luego el objetivo con las propiedades más cercanas es recuperado de la base de datos de la Tabla 2 (paso **33** de la Fig. 3).

[0030] Las Figuras 7a y 7b muestran ejemplos de dos áreas de estudio que han sido simuladas con base en las Tablas 1 y 2, siguiendo el procedimiento mostrado en la Figura 3. El estudio simulado de la Fig. 7b contiene un objetivo de tamaño económico (el rectángulo mayor); todos los demás son no económicos. La relación de aspecto es la relación largo-a-ancho de cada objetivo, que se asume que es rectangular en su sección transversal. El rumbo es el ángulo acimut con relación al Norte. Los símbolos "+" en los dos mapas indican las ubicaciones de los 32 receptores en el primer diseño de

estudio candidato que será considerado. Las líneas transmisoras (no mostradas en los mapas) correrán en la dirección E-O, pasando directamente sobre las líneas de los receptores; existen 9 líneas transmisoras en este diseño. En este diseño, las líneas receptoras están demasiado lejos para que un transmisor pase sobre un receptor adyacente para producir una respuesta, de forma que cada receptor registrará solamente la línea transmisora que pasa sobre este. El transmisor radiará dos frecuencias: 0.065 y 0.25 Hz. En consecuencia, el diseño de estudio producirá dos observaciones que son registradas en cada receptor.

[0031] Las Figuras 8a y 8b muestran las respuestas anómalas que se registrarían en cada ubicación de receptor para los dos estudios simulados. Estos mapas son salidas del paso **62** de la Fig. 6, usando el procedimiento ilustrado en la Figura 3. Los dos valores fijados cerca de cada receptor son las respuestas anómalas observadas en las dos frecuencias transmisoras, y se obtienen (paso **33**) de la base de datos de mapa de sensibilidad (**36**) para lo cual, la Tabla 2 es el índice para este ejemplo particular. Por ejemplo, suponga que una ubicación de receptor en la Fig. 8a u 8b tiene un objetivo cuyo centro está 500 m al occidente y 200 m al norte del receptor. Se ve en el mapa correspondiente del tipo ilustrado por la Fig. 5c (frecuencia .25 Hz) y se encuentra la ubicación (-0.5, 0.2) y se nota que cae en el halo amarillo que es un valor de aproximadamente $10^{-75} \approx .18$ que se expresaría en la Fig. 8a u 8b como un por ciento. Así, el menor número (correspondiente a .25 Hz) fijado en esa ubicación de receptor sería 18. Si más de un objetivo produce una respuesta en una ubicación de receptor dada, se registra la mayor respuesta en el mapa. La mayoría de los receptores están demasiado lejos de los objetivos para registrar una respuesta anómala. Estos pares de observaciones fueron entonces (paso **63** de la Fig. 6) convertidas en indicadores de valor simples de la presencia de un objetivo de tamaño económico usando un

clasificador de patrón orientado usando el "conjunto de calibración" de los estudios simulados (paso 21 de la Fig. 2).

[0032] La Figura 9 ilustra cómo se hace el entrenamiento y operación del clasificador de patrón en algunas realizaciones de la invención. La Figura 9 muestra una gráfica cruzada de respuestas de 0.25 Hz vs. 0.0625 Hz del conjunto de calibración (la salida del paso 21 de la Fig. 2) para los objetivos económicos (símbolos +) y no económicos (símbolos en círculo). Para cualquier par de respuestas observadas de la Fig. 8a u 8b, el clasificador calibrado (del paso 22 de la Fig. 2, y el paso 60 de la Fig. 6) calcula una probabilidad de objetivo (el indicador económico de valor simple) con base en el par de respuestas con relación a las dos clases de objetivos de calibración. La Figura 9 muestra que, aunque objetivos económicos tienden a producir mayores respuestas anómalas que los objetivos no económicos, hay bastante coincidencia entre las dos clases. Para el diseño de estudio y los objetivos que fueron simulados en este ejemplo, usualmente no será posible identificar sin ambigüedad objetivos económicos.

[0033] Las Figuras 10a y 10b muestran los mapas de probabilidad de objetivo derivadas de las respuestas en las Figs. 8a y 8b, respectivamente, usando el clasificador orientado con el conjunto de datos de calibración en la Figura 9. Los mapas de las Figuras 10a y 10b son la salida del paso 63 de la Figura 6. Los números en los mapas de probabilidad de objetivo representan la probabilidad, en por ciento, de tener un objetivo de tamaño económico dentro de un rectángulo de 26 km x 8 km centrado en cada receptor (+). Los receptores que no tenían respuesta anómala (en las Figs. 8a u 8b) se les ha asignado una probabilidad pequeña, (2%) de estar cerca de un objetivo económico. Esto se hizo porque se notó a partir del conjunto de datos de calibración que un pequeño número de objetivos de tamaño económico en el conjunto de calibración de estudios simulados estaban posicionados de forma

que no producen respuesta anómala. Se estimó que el 2% de los receptores que tenían un objetivo económico dentro de su rango de detección produjeron una respuesta cero. El valor de 2% variará dependiendo del diseño de estudio y las características de objetivo. Así, en esta forma el reconocimiento puede ser tomado que no solamente es el método incapaz de identificar sin ambigüedad todos los objetivos económicos, también es incapaz de eliminar la posibilidad de tener una respuesta económica, incluso si se registra un valor cero en el mapa de respuesta anómala.

[0034] Como no se puede eliminar completamente la incertidumbre en la clasificación de objetivos con base en las respuesta observadas, el método inventivo encuentra un equilibrio óptimo entre la detección de objetivos de tamaño económico y la incorrecta clasificación de objetivos no económicos como económicos. Este es el propósito del paso **25** en la Fig. 2, que (a lo largo del paso **24**) se hace usando los resultados de los pasos **64-66** en la Fig. 6. Esta secuencia de pasos establece una serie de umbrales de detección asumidos y, para cada umbral asumido, cuenta el número de clasificaciones correctas e incorrectas para todos los estudios simulados en el conjunto de "decisión" del paso **23**. El resultado es la curva "ROC" mostrada en la Fig. 11. Cada punto de esta curva proviene de un valor de umbral asumido; los umbrales bajos están en el lado derecho superior de la gráfica, y los umbrales altos en el izquierdo inferior. Los puntos muestran la probabilidad que un objetivo económico sea detectado con un valor de umbral dado, versus la probabilidad que un objetivo no económico sea clasificado incorrectamente como económico (un "positivo falso"). El diseño de estudio indicado por los diamantes en la Figura 11 es el diseño de "32 receptores" de las Figs. 7a-b.

[0035] La curva ROC cuantifica cómo diferentes umbrales asumidos afectan el equilibrio entre detecciones y positivos falsos. Este equilibrio, junto con la información económica acerca de la decisión que será afectada por los

datos, determina el valor de la información asociada con el diseño de estudio. El umbral que produce el valor de la información más alto es el que está más lejos de la línea **110** que puede ser llamada línea "NoInfo" en la Figura 11. Esta está indicada por el diamante grande **111** en la curva de "32 Receptores". (La línea "NoInfo" representa un conjunto de datos que no tiene la habilidad de distinguir entre objetivos económicos y no económicos). El punto **111** de umbral óptimo para el diseño de "32 Receptores" produce una probabilidad de detección de aproximadamente 50%, y una probabilidad de positivo falso de aproximadamente 5%. Si se asume que el valor esperado de un objetivo de tamaño económico es \$40M y el costo de llevar a cabo la exploración es \$15M, las ecuaciones (1-6) producen un valor de la información de \$5.3M para el diseño de "32 receptores".

[0036] La segunda curva ROC mostrada en la Figura 11 corresponde a una variación de este diseño en donde cada línea de por medio de receptor y transmisor descende, dejando 20 líneas de receptores y 5 de transmisores. El costo de este diseño de estudio será menor que el diseño de "32 receptores" de mayor esfuerzo. Sin embargo, su desempeño también será inferior, como lo indica la curva ROC de "20 receptores" de la Figura 11, en donde cada valor graficado está denotado por un símbolo cuadrado. Este diseño siempre producirá valor de la información menor que el diseño de "32 Receptores" porque la curva ROC siempre está más cercana a la línea "NoInfo". El punto de umbral óptimo **112** (el cuadrado grande) produce una probabilidad de detección de aproximadamente 40%, y una probabilidad de positivo falso de aproximadamente 20%. Usando los mismos parámetros económicos que antes, esto produce un valor de la información de \$2.1M. Así, a menos que el diseño de "20 Receptores" sea más de \$3.2M más económico que el diseño de "32 Receptores", se prefiere el diseño de "32 Receptores".

[0037] En el ejemplo anterior se elige un diseño de estudio usando el umbral de detección que produce el valor óptimo, pero no es necesario hacer esto. Usualmente, existe un amplio rango de umbrales de detección que producen todos aproximadamente el mismo valor de la información. Que este es el caso para el diseño de "32 Receptores" se puede ver al rotar la Figura 11 hasta que la línea "NoInfo" sea horizontal. Esto muestra que existen muchos puntos a la derecha del punto óptimo, correspondientes a umbrales de detección menores, que están todos aproximadamente a la misma distancia de la línea "NoInfo". Estos puntos tienen diferentes posibilidades de detección y positive falso, pero todos producirán valor de la información similar. Por ejemplo, el punto **113** con una probabilidad de detección de aproximadamente 80%, y una probabilidad de positive falso de aproximadamente 40% produce un valor de la información ligeramente menor (\$4.6M), pero dependiendo de los objetivos del negocio, se puede estar dispuesto a abandonar algún valor para reducir el número de oportunidades perdidas.

[0038] La anterior descripción está dirigida a realizaciones particulares de la presente invención con el fin de ilustrarla. Sin embargo, será obvio para el experto en la técnica que son posibles muchas modificaciones y variaciones a las realizaciones descritas aquí. Se pretende que todas estas modificaciones y variaciones estén dentro del alcance de la presente invención, definida por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para evaluar un diseño propuesto para un estudio geofísico de una región de subsuperficie que comprende los pasos de

(a) obtener una información geológica y económica existente acerca de la región de subsuperficie y acerca de las potenciales formaciones objetivo allí;

(b) simular una pluralidad de estudios de calibración de la región de subsuperficie, usando la información geológica existente y el diseño de estudio propuesto, cada estudio simulado asumiendo propiedades de objetivo consistentes con la información existente pero de otra forma aleatorias;

(c) usar los resultados del estudio de calibración simulada y la información económica existente para orientar un algoritmo clasificador seleccionado para convertir los resultados de un estudio en un indicador de presencia de objetivos de tamaño económico;

(d) simular una pluralidad de estudios de decisión de la región de subsuperficie, usando la información geológica existente y el diseño de estudio propuesto, cada estudio simulado asumiendo propiedades de objetivo consistentes con la información existente pero de otra forma aleatoria;

(e) aplicar el clasificador orientado a los resultados de cada una de la pluralidad de estudios de decisión simulados, generar un indicador de probabilidad de forma que tal estudio contiene al menos un objetivo económico;

(f) seleccionar un valor de umbral para el indicador objetivo con base en un conteo de indicaciones correctas de al menos un objetivo económico y

un conteo de indicaciones incorrectas de al menos un objetivo económico de dicha pluralidad de estudios de decisión simulados; y

(g) calcular un valor esperado para un estudio geofísico con base en el diseño de estudio propuesto, usando probabilidades derivadas de dicho conteo de indicaciones correctas y dicho conteo de indicaciones incorrectas correspondientes al valor indicador de umbral seleccionado.

2. El método de la reivindicación 1, en donde dicho estudio geofísico es un estudio electromagnético de fuente controlada.

3. El método de la reivindicación 2, en donde dichos pasos de simulación comprenden:

(a) convertir dicha información geológica existente en un conjunto de distribuciones de probabilidad de propiedad objetivo, incluyendo una distribución del número de objetivos en la región subterránea;

(b) dibujar aleatoriamente un conjunto de propiedades objetivo a partir de dichas distribuciones de propiedad objetivo;

(c) colocar un objetivo en una ubicación aleatoria en la región subterránea;

(d) repetir los pasos (b)-(c) hasta que se haya colocado el número dibujado de objetivos;

(e) resolver las ecuaciones de campo de Maxwell para desarrollar una base de datos de mapa de sensibilidad, cada mapa da una respuesta electromagnética anómala en una ubicación receptora central para un arreglo

representativo de posiciones objetivo cercanas mostrando por medio de esto sensibilidad de receptor a la posición objetivo relativa, dicha base de datos comprende un mapa para cada uno de un conjunto representativo de propiedades objetivo y para propiedades de fuente que incluyen al menos una frecuencia de fuente del diseño de estudio propuesto;

(f) seleccionar al menos un mapa de sensibilidad que coincide con las propiedades objetivo de un objetivo colocado en la ubicación subterránea en un paso anterior;

(g) extraer la respuesta electromagnética del mapa de sensibilidad seleccionado, o interpolar a partir de dos mapas, para una pluralidad de ubicaciones objetivo-a-receptor relativas; y

(h) repetir los pasos (f)-(g) para cada objetivo adicional colocado en la ubicación subterránea, generando así una base de datos de mapa de respuestas electromagnéticas anómalas simuladas observadas en cada receptor debido a todos los objetivos colocados.

4. El método de la reivindicación 3, en donde la respuesta electromagnética anómala almacenada en cada posición en un mapa de sensibilidad es la respuesta anómala más grande producida por cualquier posición de fuente.

5. El método de la reivindicación 2, en donde dichas propiedades de objetivo incluyen dimensiones, orientación, profundidad y resistividad de objetivo.

6. El método de la reivindicación 2, en donde dicho algoritmo clasificador es el software de reconocimiento de patrón.

7. El método de la reivindicación 6, en donde el software de reconocimiento de patrón es una red neural probabilística.
8. El método de la reivindicación 2, en donde los resultados de cada estudio simulado incluye una base de datos de mapa de respuesta anómala.
9. El método de la reivindicación 8, en donde la respuesta anómala es una medida de resistividad eléctrica de una formación con relación a la resistividad de fondo es dicha región de subsuperficie.
10. El método de la reivindicación 1, en donde dicho paso de calcular un valor esperado usa teoría de Valor de la Información.
11. El método de la reivindicación 10, en donde las dos probabilidades derivadas en el ultimo paso son la probabilidad que, usando un umbral indicador de objetivo dado, se identifique correctamente un estudio simulado que contiene al menos un objetivo económico, y la probabilidad que se identifique incorrectamente un estudio simulado que no contiene objetivos económicos como económico.
12. El método de la reivindicación 11, en donde se usa la Regla de Bayes para convertir dichas dos probabilidades a las probabilidades necesarias para calcular el valor de estudio esperado partiendo de la teoría del Valor de la Información.
13. El método de la reivindicación 1, en donde dicho indicador económico es un solo número.
14. Un método para evaluar los resultados de un estudio geofísico de una región de subsuperficie, que comprende los pasos de

(a) obtener información geológica y económica existente acerca de la región de subsuperficie y acerca de las potenciales formaciones objetivo allí;

(b) simular una pluralidad de estudios de calibración de la región de subsuperficie, usando la información geológica existente y los parámetros actuales del diseño de estudio, cada estudio simulado asumiendo propiedades de objetivo consistentes con la información existente pero de otra forma aleatorias;

(c) usar los resultados del estudio de calibración simulada y la información económica existente para orientar un algoritmo clasificador seleccionado para convertir los resultados de un estudio en un indicador de presencia de objetivos de tamaño económico;

(d) aplicar el clasificador orientado a los resultados del estudio real, generando un indicador de probabilidad de forma que tal estudio contiene al menos un objetivo económico.

15. El método de la reivindicación 14, en donde dicho algoritmo clasificador es el software de reconocimiento de patrón.

16. El método de la reivindicación 15, en donde el software de reconocimiento de patrón es una red neural probabilística.

1/10

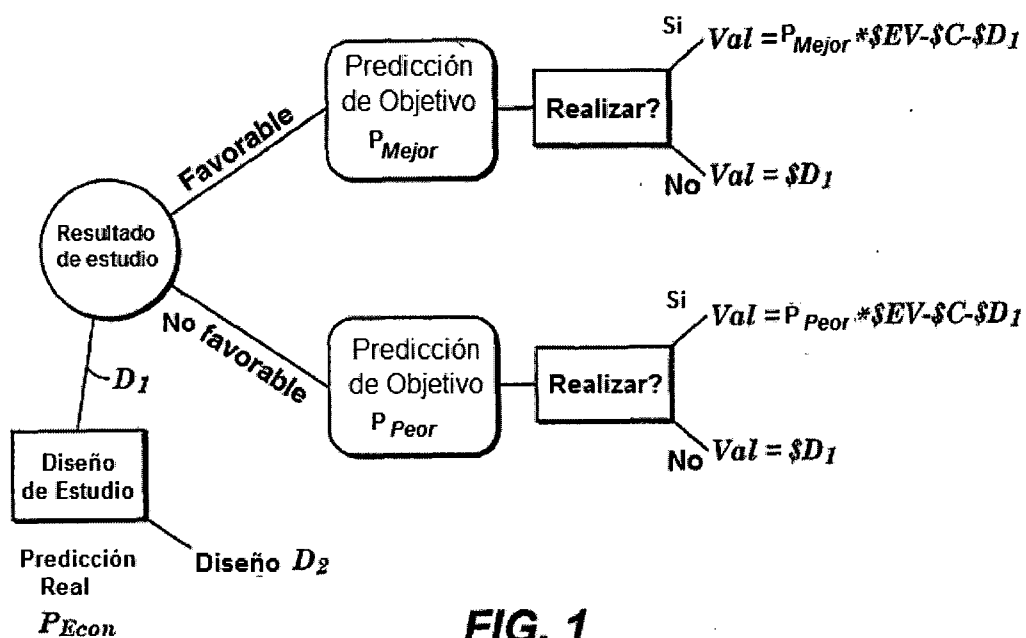


FIG. 1

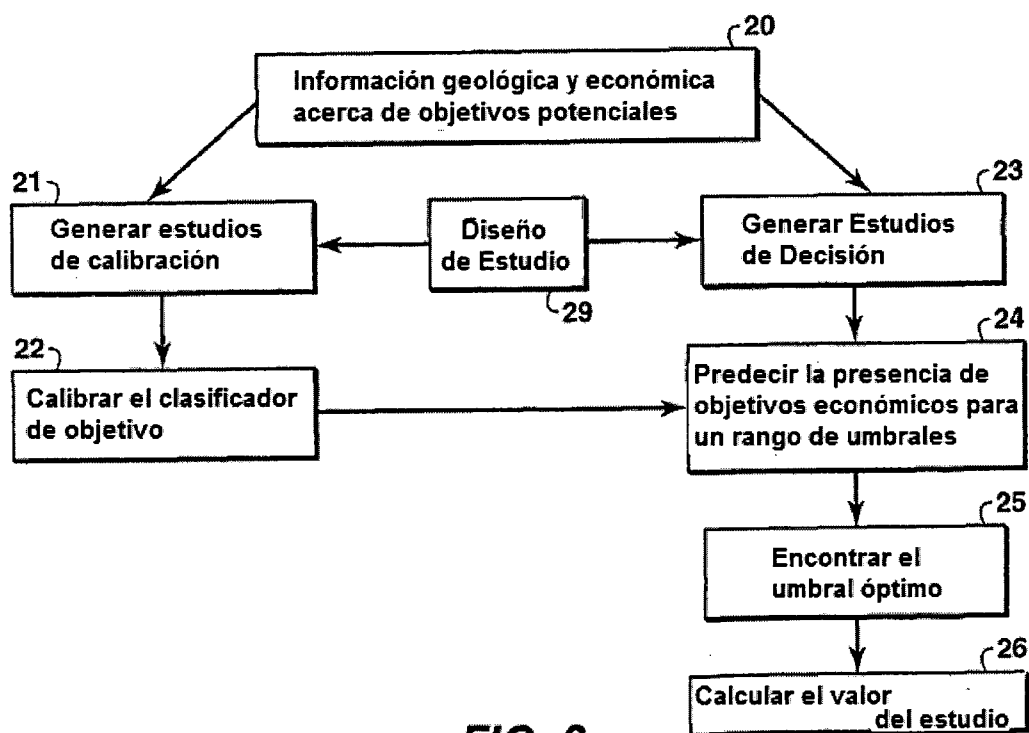


FIG. 2

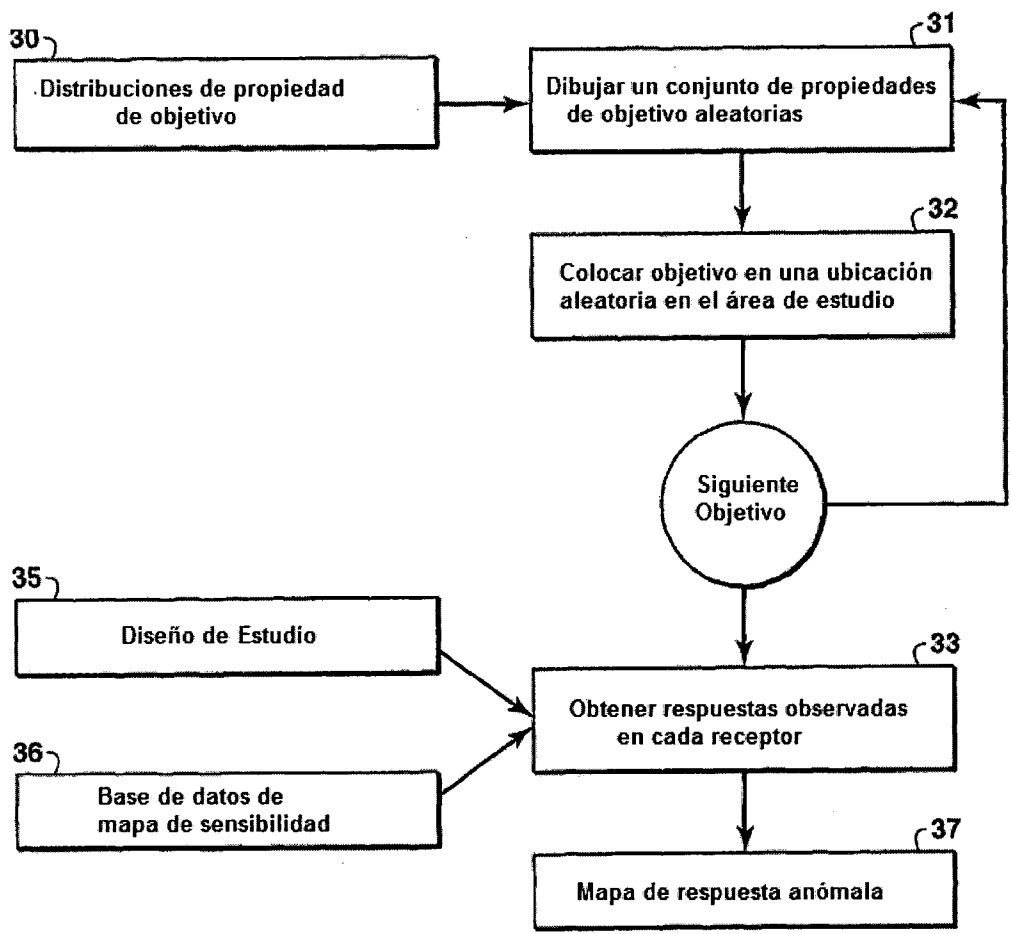


FIG. 3

3/10

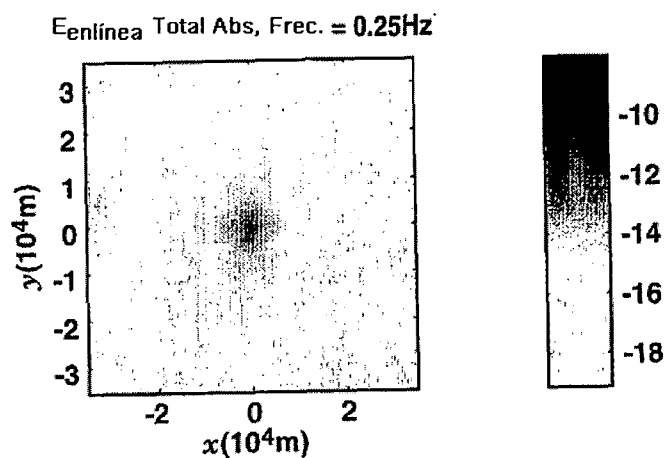


FIG. 4a

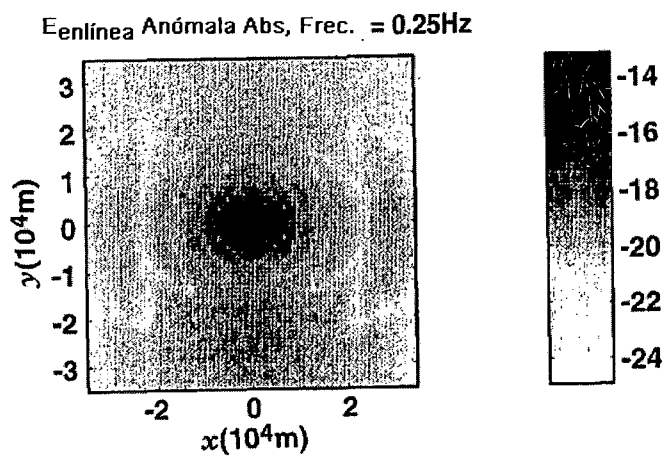


FIG. 4b

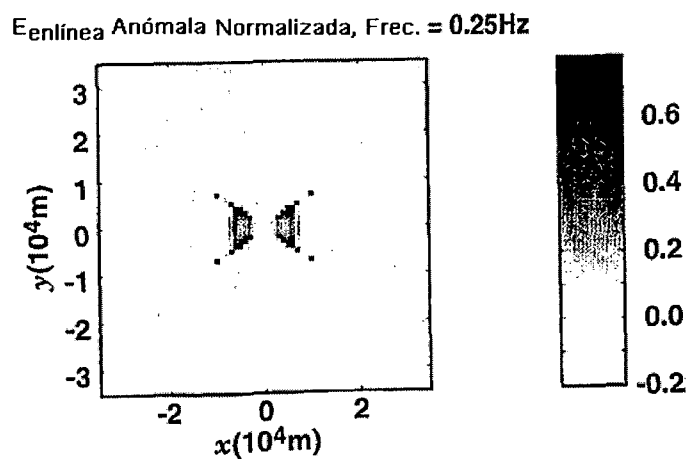


FIG. 4c

4/10

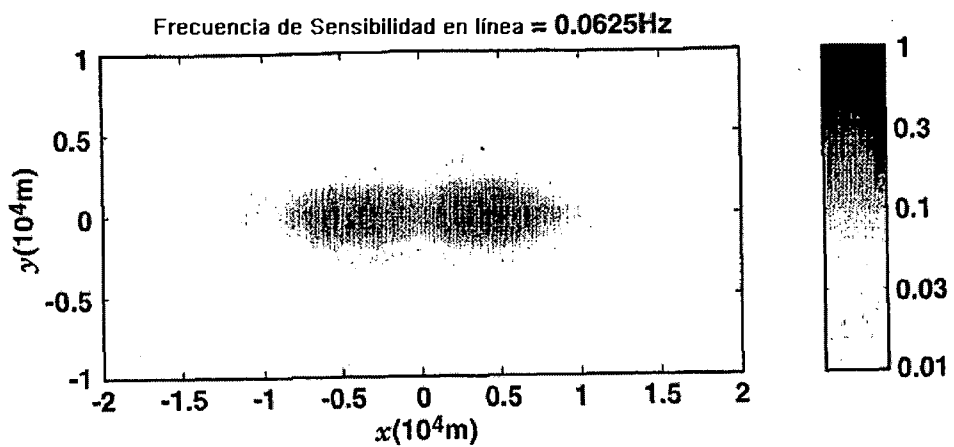


FIG. 5a

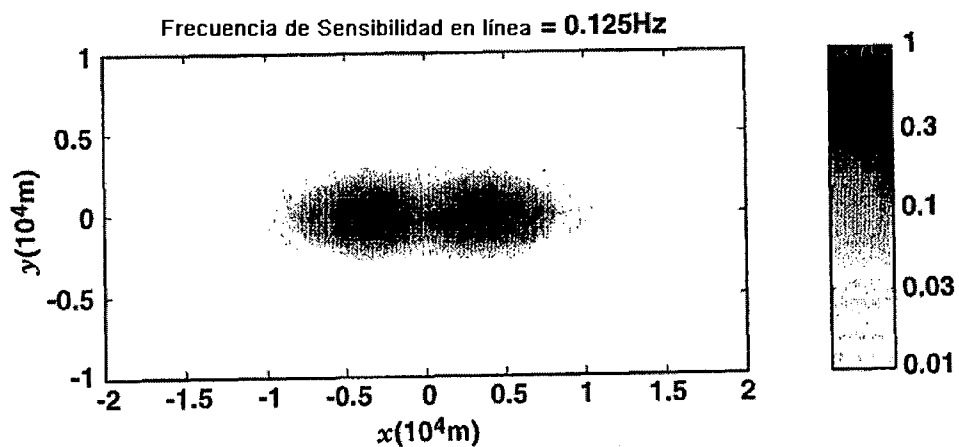


FIG. 5b

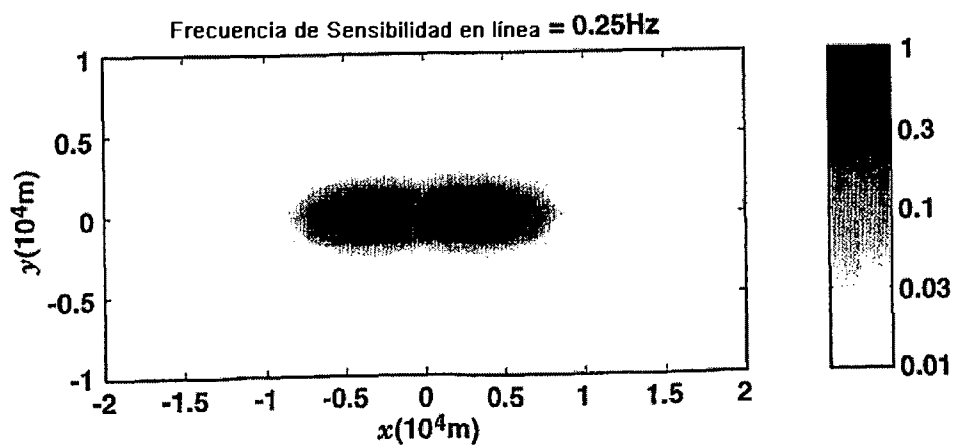


FIG. 5c

5/10

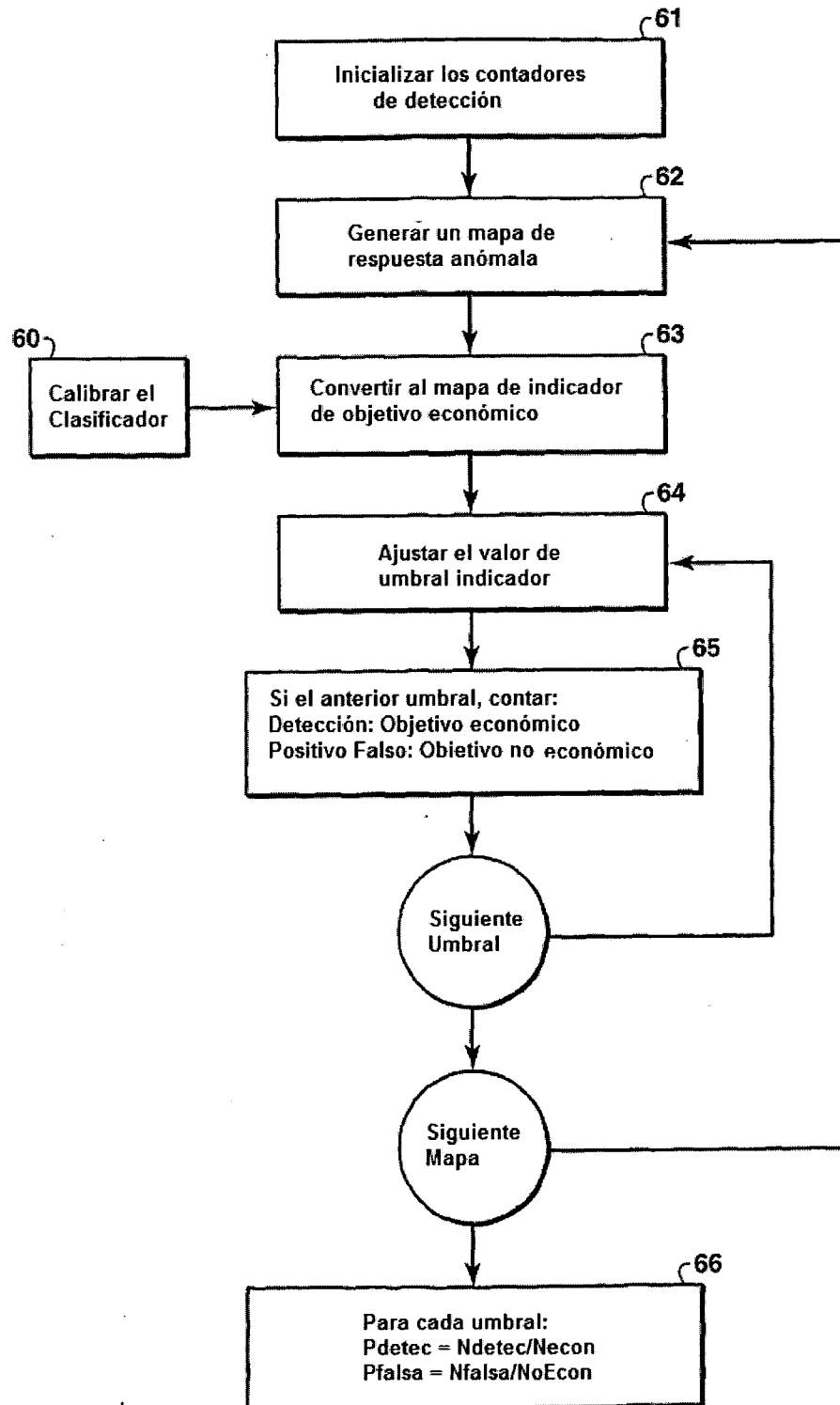


FIG. 6

6/10

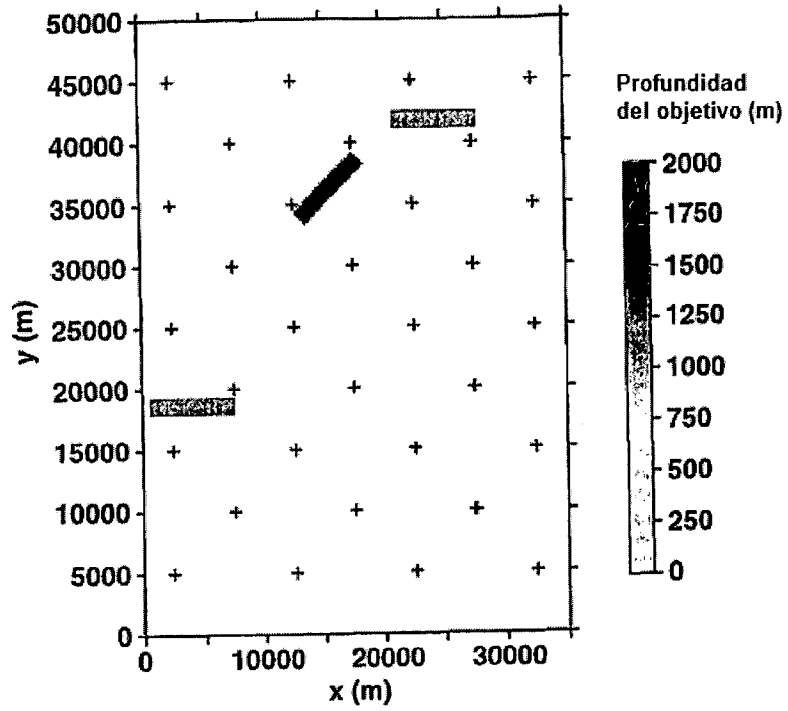


FIG. 7a

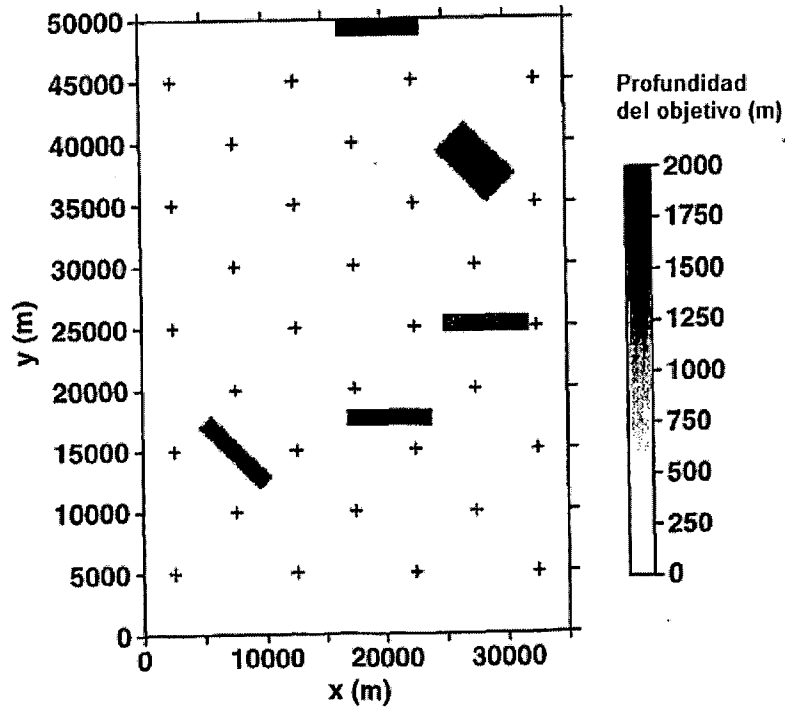
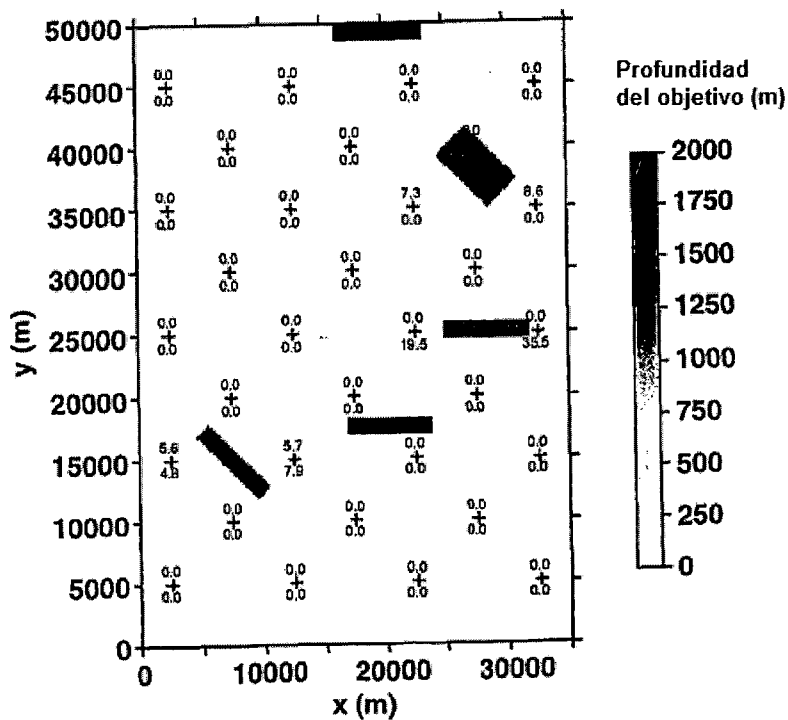
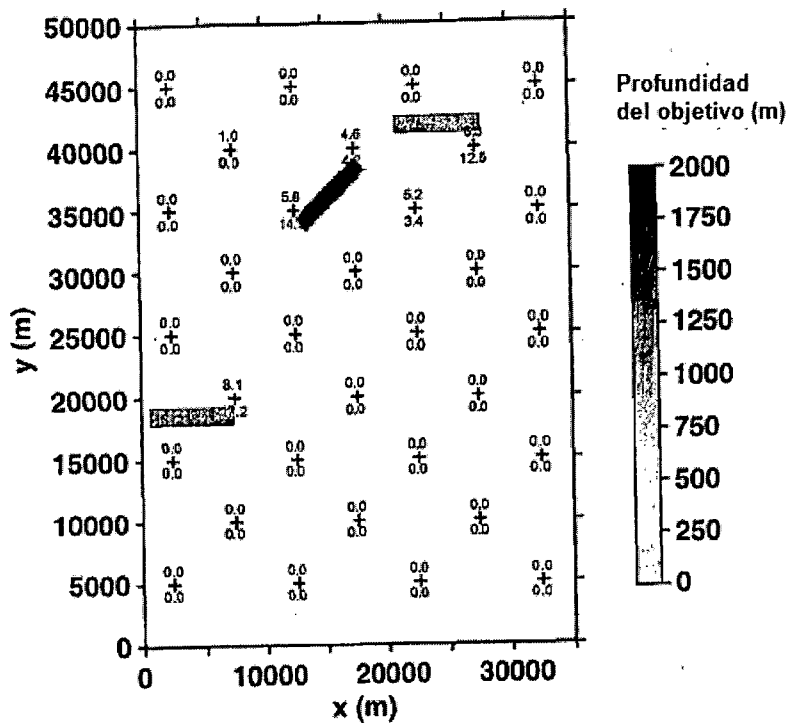
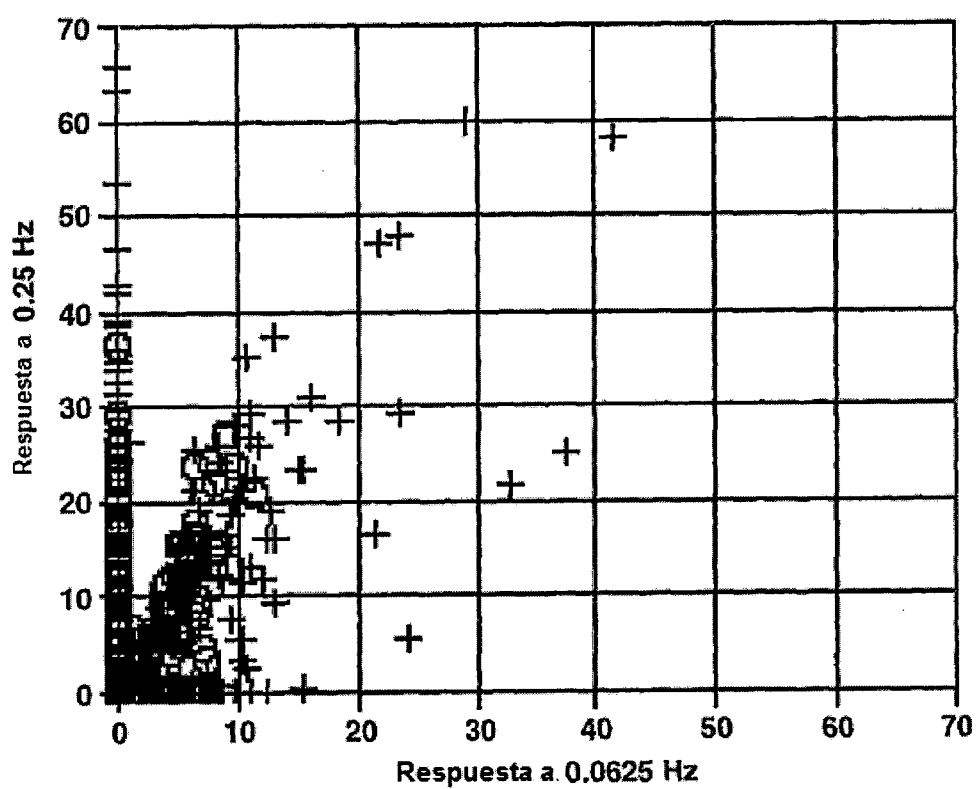


FIG. 7b

7/10



8/10

**FIG. 9**

9/10

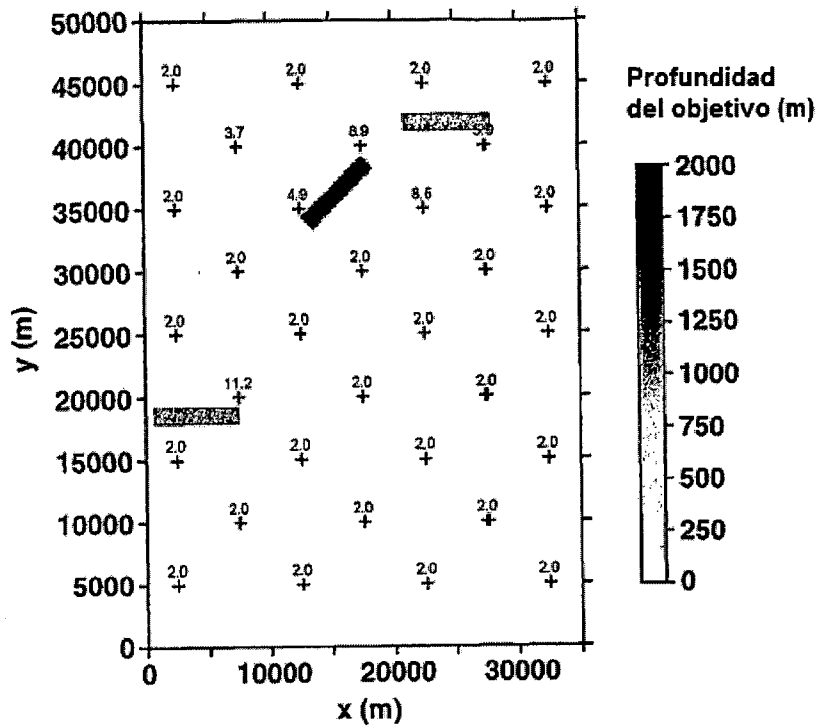


FIG. 10a

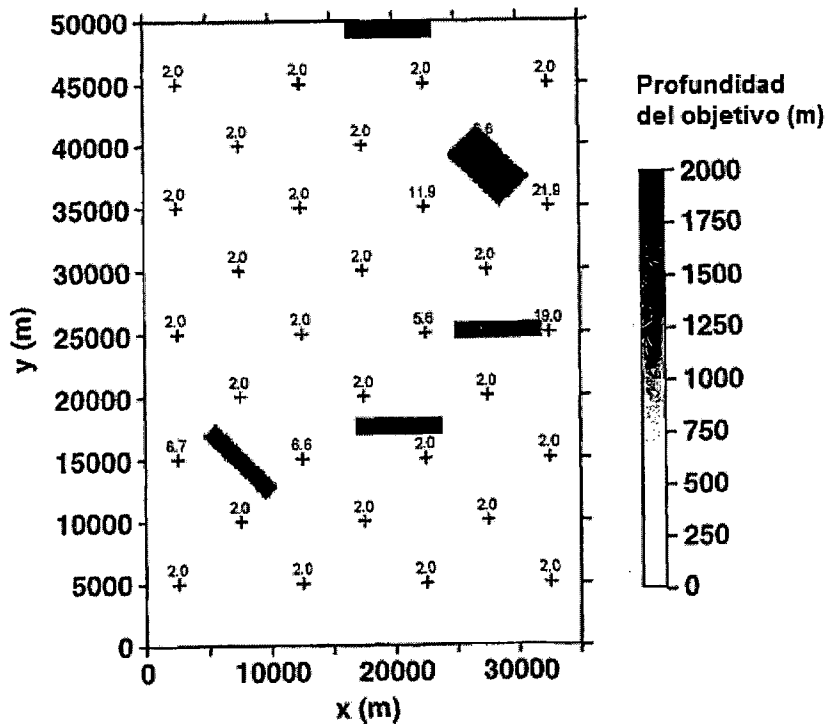


FIG. 10b

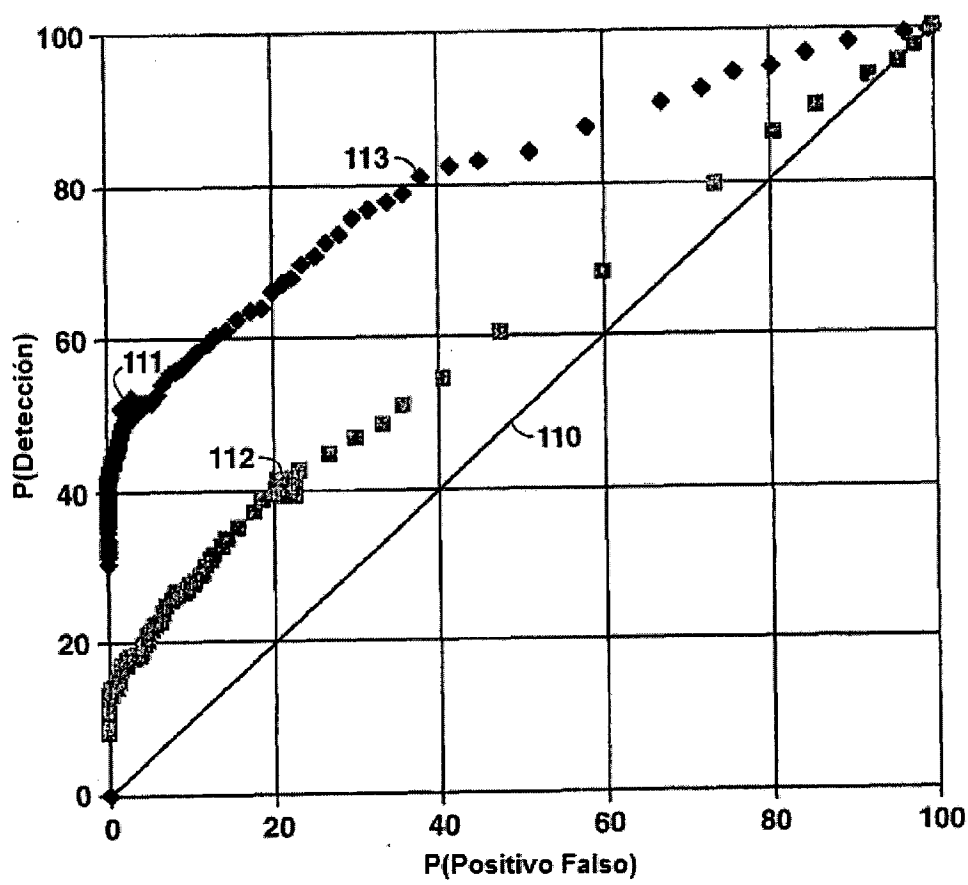


FIG. 11

64

65

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 07-085983- -00000-0000

Fecha: 2007-08-22 16:41:44 Dep. 2020 NUECREACIONE
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 64



Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

**REQUISITOS MINIMOS PARA ADMISION A TRAMITE
PCT**

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] 24
- ◆ Dibujos de ser estos pertinentes [x] 55
- ◆ 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 22 AGO. 2007

Carrera 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

65