



Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

Delegatura de Propiedad Industrial
División de Nuevas Creaciones

SOLICITUD
PATENTE DE INVENCION

21. EXPEDIENTE No.

05-98939

54. TITULO

TRANSDUCTOR DE POSICION A FIBRA OPTICA PARA VALVULA DE
CONTROL DE CAUDAL EN POZOS INTELIGENTES

51. CLASIFICACION INTERNACIONAL

E02K 5/18

71. SOLICITANTE

PETROLEO BRASILEIRO S.A.-PETROBRAS

DOMICILIO

Rio de Janeiro, RJ. Brasil

74. APODERADO

EMILIO FERRERO

C.C. 438.019 de Usaquén.

22. BOGOTA, D.C.,

2005 Septiembre 29

5

Título (54)

TRANSDUCTOR DE POSICION A FIBRA OPTICA PARA VÁLVULA DE CONTROL DE CAUDAL EN POZOS INTELIGENTES

6

Clasificación Internacional (51) E15B 5/00

7

Prioridad

SI ☒ NO ☐

(33) País de Origen

BR

(32) Fecha

Septiembre 29 de 2004

(31) Número de Solicitud

PI 0404127-5

8

Para publicar a partir de la fecha de la presente solicitud a los:

6 meses ☐12 meses ☐18 meses ☒Otro ☐

Cual _____

9

Comprobante de pago No.: 05-72.312Fecha: 19 de Septiembre de 2005Comprobante de pago No.: 05 53.242Fecha: 18 de Julio de 2005

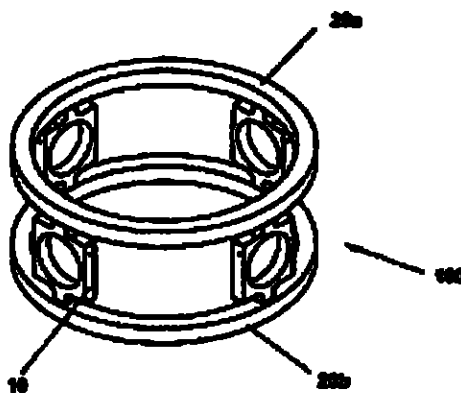
10

Anexos:

- ☒ Comprobante de pago de la tasa de presentación de la solicitud.
- ☐ Comprobante de pago de la tasa por concepto de excedente de palabras en la publicación.
- ☒ Comprobante de pago por reivindicación de prioridad.
- ☒ Documento que acredite la existencia y representación legal cuando el solicitante sea persona jurídica.
- ☒ Poderes, si fuere el caso.
- ☐ Certificado de la fecha de presentación de la solicitud prioridad expedida por la autoridad correspondiente y una copia certificada de la primera solicitud si se reivindica prioridad.
- ☐ Traducción simple de la primera solicitud, si se reivindica prioridad.
- ☐ Documento de cesión del inventor al solicitante o a su causante.
- ☒ Resumen
- ☒ Descripción de la invención.
- ☒ Una o más reivindicaciones.
- ☒ Dibujos y/o planos necesarios
- ☐ De ser el caso, copia del contrato de acceso.
- ☐ De ser el caso, documento que acredite la licencia o autorización de uso de conocimientos tradicionales de las comunidades indígenas.
- ☐ De ser el caso, certificado de depósito del material biológico.
- ☒ Arte final 12x12
- ☐ De ser el caso, información sobre otras solicitudes de patente o títulos obtenidos en el extranjero por el mismo titular o su causante, relacionadas parcial o totalmente con la invención de esta solicitud.

11

FIGURA CARACTERÍSTICA



12

Solicito la concesión de la patente,

NOMBRE:

EMILIO FERRERO

FIRMA :

C.C. 438.019 de Usaquén T.P. 31.929

ZCA

PODER

POWER-OF-ATTORNEY

Yo (nosotros), abajo firmado (a) (we), the undersigned

PETRÓLEO BRASILEIRO S/A - PETROBRAS

domiciliado (s) en/of Av. República do Chile, nº 65

RIO DE JANEIRO, BRASIL

por el presente nombramos a EMILIO FERRERO, tpa. 31929; GONZALO FERDOMO, tpa. 831; LUZ CLEMENCIA DE PAEZ, tpa. 23555 y GERMAN CAVELIER, tpa. 832, domiciliados en la Carrera 4ª N° 72-35, Bogotá, Colombia, al primero como principal y los demás como suplentes, en su orden, y confiero (confirmo) poder a los abogados arriba nombrados para obtener la protección de mi (nuestra) propiedad industrial y contra la competencia desleal, a cuyo efecto autorizo (amos) a los dichos apoderados para que me (nos) representen ante cualesquiera entidades o personas, ejerzan o no jurisdicción, especialmente ante las del orden administrativo, contencioso-administrativo y judicial, así como los tribunales de arbitramento, en todo lo concerniente a los siguientes asuntos: a) Obtención de patentes de invención, modelos de utilidad y diseños industriales; el registro de marcas de fábrica, colectivas, defensivas, de servicio, lemas comerciales, nombres comerciales, casellas, variedades vegetales y denominaciones de origen; su renovación, traspaso, cambio de nombre o domicilio, cancelación voluntaria; y el registro de licencias de uso de esos derechos; b) Las acciones de competencia desleal, protección del consumidor, oposiciones u observaciones, cancelación administrativa y judicial, nulidad, medidas cautelares, concesión de licencias, la tutela, la protección de secretos industriales, y en general los juicios civiles, penales, administrativos o contencioso-administrativos relacionados con estos derechos; acciones y procesos que promovamos o se nos promuevan; c) registros de nombre de dominio de Internet, su renovación, traspaso, cambio de nombre, cambio de domicilio y demás actos relacionados con su administración. Y para que en todos los asuntos arriba determinados, puedan sustituir este mandato, transigir, conciliar, admitir los hechos del proceso, denegar, cancelar, recibir, renunciar, ser contestados administrativos y de pago y ratificar los actos de agentes oficiales.

do hereby appoint EMILIO FERRERO, tpa. 31929; GONZALO FERDOMO, tpa. 831; LUZ CLEMENCIA DE PAEZ, tpa. 23555 and GERMAN CAVELIER, tpa. 832, domiciled at Carrera 4ª N° 72-35, Bogotá, Colombia, the first as principal and the others as alternates, in the order of their appointment, as my (our) attorneys-at-law so that they may obtain the protection of my (our) industrial property and against the unfair competition, for which purpose I (we) authorize the said attorneys to represent me (us) before any authorities or persons, with or without jurisdiction, specially those administrative, administrative contentions and judicial, as well as before Arbitration Court, in all matters concerning the following: a) Obtainment of patents, utility models and industrial designs; the registration of trademarks, collective, defensive and service marks, slogans, commercial names, trade emblems, vegetal varieties and denominations of origin; its renewal, assignment, change of name or domicile, voluntary cancellation; and the registration of licenses of use of the above rights; b) Actions of unfair competition, protection to the consumer, oppositions or observations, administrative Court cancellation, nullity, infringement, granting of licenses, the action for writ mandamus, the protection of trade secrets, and in general the civil, penal, and administrative suits relating to these rights; actions and suits instituted by me (us) or against me (us); c) registration of Internet domain names, renewal, assignment change of name or domicile and any other activity related their management. And that in all the above matters they may substitute this Power of Attorney, compromise, conciliate, admit the facts of the case, desist, cancel, receive, resign, act as administrative and/ or payment contracts and ratify acts done by representatives without a power of attorney.

Dado y firmado hoy/Given and signed this

September 06, 2000

en/In Rio de Janeiro

por/by CARLOS SOLIGO CAMERINI

Firma

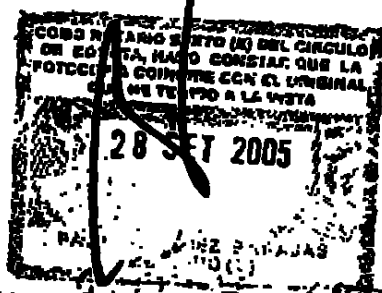
Signature



22ª OF. CTO DE NOTAS - NOTÁRIO WILHAMI DE OLIVEIRA

221 Ofício de Notas - Matriz - Notário: WILHAMI DE OLIVEIRA
Rua Senador Dantas, 35 - Aq - Tel. 344-0277 - MB 190239
Reconheço por semelhança a(s) firma(s): #
CARLOS SOLIGO CAMERINI-785/26, #=====

Rio de Janeiro, 12 de Setembro de 2000 às 11:30:25
 - En. Teste: [illegible] de verdade.
 Ref: ANEXO 1 - TESTE CORRET - SETA - [illegible]
 Willa acreate por site de [illegible] [illegible]





CONSULADO GENERAL DE COLOMBIA

CONSULADO DE COLOMBIA
No. 70/00.

El Suscrito Cónsul General de Colombia en Rio de Janeiro, visto los documentos presentados por los interesados, CERTIFICA: Que la Señora MARIA ANTONIA DE JESUS CORREIA, quien como Escribiente Sustituta de la Notaría 22°. de Rio de Janeiro, Brasil, autenticó la firma del signatario del poder precedente, ejercía en la fecha las funciones indicadas y su firma corresponde a la registrada en este Consulado.

Que la Compañía PETROLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS, es una sociedad constituida de acuerdo con las leyes del Brasil y cumple su objetivo conforme a las mismas.

Que el Señor CARLOS SOLIGO CAMERINI, quien en su carácter de SUPERINTENDENTE GENERAL DEL CENTRO DE PESQUISAS, Y DESARROLLO de la citada Compañía, confiere el poder precedente y cuya firma fué autenticada ante la Notaría 22°. de Rio de Janeiro, Brasil, es su representante legal en este país.

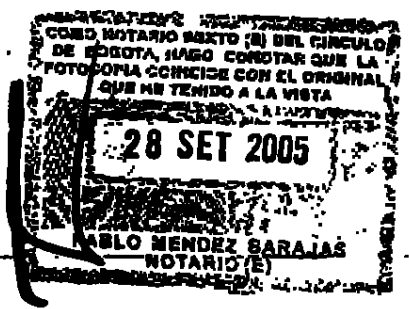
El Cónsul no asume responsabilidad por el contenido de este documento.

Rio de Janeiro, 14 de septiembre de 2000.



JUAN LOZANO P.
Cónsul General de Colombia.

PAGADO IMPUESTO DE TIMBRE
US\$ 7,00 (SIETE DÓLARES)
PAGADO DERECHOS CONSULARES
US\$ 100,00 (CIEN DÓLARES)

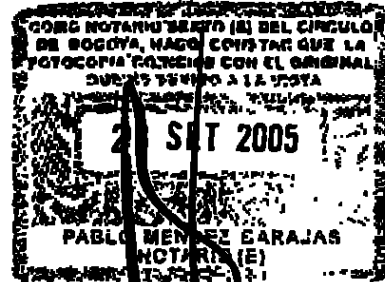


MINISTERIO DE RELACIONES
EXTERIORES

438547
don puyans
CUYA FIRMA APARECE EN EL
DOCUMENTO DESEMPENA
LAS FUNCIONES INDICADAS

NO SE ASUME
RESPONSABILIDAD DEL TEXTO

2000 SET 20 P 11:04
M. P. 11:04
JEFE DE LEGALIZACIONES
SANTAFE DE BOGOTA D.C.



TRADUCCION OFICIAL NO. 200928 de un documento escrito en Portugués, el cual, para su identificación se sella con el sello de María Eugenia Sanint, Traductora Oficial según Resolución No. 851 del Ministerio de Justicia.

LEGALIZACIONES

Escritas en PORTUGUES, al pie de un PODER escrito en ESPAÑOL, otorgado por PETRÓLEO BRASILEIRO S/A-PETROBRAS, a EMILIO FERRERO y otros.

NOTARIA 22 - NOTARIO WILHAMI DE OLIVEIRA

Notaría 22 - Matriz - Notario: Wilhami de Oliveira

Rua Senador Dantas, 39 - Rio de Janeiro- No. 190259

Reconozco por semejanza la firma de : CARLOS SOLIGO CAMERINI -785/28

Rio de Janeiro, 12 de septiembre de 2000 -11:30:26

En fe de lo cual firmo el presente

(Firma Ilegible)

MARIA ANTONIA DE JESUS CORREIA -Suplente - MAJC -1

Válido únicamente con el sello de Control - Total derechos: 2,47

Sello de la Corregiduría General de Justicia

SELLO DE CONTROL

No. BN w 94837

Sello del Notario

EN ESPAÑOL, la legalización de la firma anterior por el Consulado General de Colombia en Río de Janeiro, bajo el No. 70/00 de fecha del 14 de septiembre de 2000.

EN ESPAÑOL, la legalización de la firma anterior por el Ministerio de Relaciones Exteriores de Colombia, bajo el No. 438547 de fecha del 20 de septiembre de 2000.

ES TRADUCCION FIEL Y COMPLETA.

Traductora: María Eugenia Sanint

Bogotá, 25 de septiembre de 2000

María Eugenia Sanint
MARIA EUGENIA SANINT
TRADUCTORA OFICIAL
DEL MINISTERIO DE JUSTICIA
COMO NOTARIO SEÑTO (N) DEL CIRCULO DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE LA FOTOCOPIA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
28 SET 2005
PABLO MENDEZ BARAJAS
NOTARIO (E)

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCUITO
 BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE LA(S) FIRMA(S)
[Firma]
 COINCIDE(N) CON LA FIRMA REGISTRADA POR
 EL (ELLOS) EN ESTA NOTARIA
 SANTIAGO DE BOGOTA, 26 SET 2000

COMO NOTARIO SEXTO (N) DEL CIRCUITO
 DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE LA
 FOTOCOPIA CUMPLE CON EL ORIGINAL
 QUE SE TIENIO A LA VISTA
 28 SET 2005
 ABLO GONZALEZ BARAJAS
 NOTARIO (P)

NO SE ASU
 RESPONSABILIDAD
 2000 SET 27 A 10:40
 DEPENDENCIA L. 100/05
 SANTIAGO DE BOGOTA C.C.

MINISTERIO DE RELACIONES
 EXTERIORES

442191
[Firma]
 CON FIRMA AUTENTICA EN
 PRESENCIA DE LAS

TRANSDUCTOR DE POSICIÓN A FIBRA ÓPTICA PARA VÁLVULA DE CONTROL DE CAUDAL EN POZOS INTELIGENTES

CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención pertenece al campo de los transductores a fibra óptica para monitoreo en tiempo real de parámetros de pozo, más específicamente, transductores para monitorear el porcentaje de abertura o de cierre de válvulas de control de caudal de producción o inyección en pozos.

FUNDAMENTOS DE LA INVENCION

A partir de las actividades de investigación dirigidas hacia aplicaciones de fibras ópticas en el sector de telecomunicaciones, vienen realizándose esfuerzos paralelos para el desarrollo de técnicas de sensoriamiento utilizando fibras ópticas para la medición de las más variadas grandezas físicas, químicas e incluso biológicas. Dicho interés se encuentra motivado por algunas características inherentes a las fibras ópticas, como bajo peso, flexibilidad, larga distancia de transmisión, baja reactividad del material, aislación eléctrica e inmunidad electromagnética. Otro atractivo del sensoriamiento a fibra óptica es la facilidad de conseguirse la multiplexación de las señales de varios sensores a lo largo de la fibra, que pueden incluso estar midiendo grandezas diferentes. Otra posibilidad es la realización de medidas continuamente distribuidas a lo largo de toda la fibra.

El sector de petróleo y gas (SPG) presenta diversas oportunidades de aplicación para los sensores a fibra óptica (SFO). Las características apuntadas arriba pueden ser determinantes en diversas situaciones, sea en los segmentos de explotación, transporte, refino o distribución. En muchos casos, las tecnologías convencionales son incapaces de atender los anhelos por mediciones más precisas, continuas y en mayor número de puntos, bajo las altas temperaturas y en los ambientes agresivos encontrados en aplicaciones en los diversos segmentos de la cadena de producción y distribución de petróleo y derivados. Al mismo tiempo, en lo que se refiere a los costos de aplicación, los sensores a fibra óptica, que aprovechan componentes optoelectrónicos regularmente utilizados en telecomunicaciones y que se benefician de la escala de producción del enorme sector de fotónica, se están tomando a cada día más competitivos, especialmente en sistemas que incluyan un gran número de puntos de medición.

Las principales operadoras internacionales del sector de petróleo y gas (SPG), entre las cuales se encuentra la Peticionante, identificaron la tecnología de Sensores a Fibra Óptica (SFO) como un elemento clave para tomar viable, con toda la funcionalidad esperada, la instalación de sistemas de completación inteligente de instalación de sistemas de completación inteligente de pozos de petróleo (producción o inyección). El sensoriamiento del pozo permite obtener, en cualquier momento, informaciones precisas sobre diversas grandezas, entre otras a presión, temperatura, caudal, pH o incluso la posición de válvulas que controlan el flujo a través del pozo. El monitoreo en tiempo real del pozo forma parte de la estrategia de automatización de todo el proceso de producción de los pozos de petróleo.

Este panorama hizo con que, entre las distintas áreas de aplicación de sensores a fibra óptica, el SPG haya sido escenario de los movimientos más intensos y de mayor porte en los últimos años. No obstante, pocos productos están disponibles comercialmente y todavía faltan informaciones seguras sobre el desempeño de los mismos.

La tecnología de Redes de Bragg en Fibras FBG (Fiber Bragg Grating) presenta ventajas con relación a otras alternativas también a fibra.

La completación inteligente puede definirse como un sistema capaz de recolectar, transmitir y analizar datos permitiendo el accionamiento remoto de dispositivos de control de flujo con el objetivo de conseguir siempre la producción del reservorio en el punto óptimo de escurrimiento o salida. Un típico pozo inteligente posee dispositivos de monitoreo y actuación instalados en sus diferentes zonas de producción o inyección. En este tipo de implementación, se busca aumentar el área de contacto del pozo con la formación productora, combinando la producción de las diferentes zonas de manera óptima.

Uno de los elementos principales del pozo es el sistema de sensoriamiento. Para que se avance en la tecnología de completación inteligente, ampliándose el número de pozos donde venga a explorarse este concepto, la *confiabilidad* de los sistemas de sensoriamiento constituye la palabra clave. Ya son conocidos hace varios años en el segmento *upstream* del sector de petróleo y gas los sensores electrónicos para monitoreo permanente de fondo de pozo. Sin embargo, sus limitaciones y los elevados índices de falla, principalmente cuando se opera en

temperaturas incluso moderadamente elevadas, motivó a las operadoras y empresas de servicio del sector a buscar alternativas en la tecnología de sensores a fibra óptica.

5 Fue durante el transcurso de la última mitad de los años 90 que el enorme potencial de un nuevo componente de sistemas de demultiplexación para telecomunicaciones a través de fibras ópticas, las redes de Bragg, comenzó a ser explorado para el sensoriamiento de extensiones de fondo del pozo.

10 J. Angel, en el artículo "Intelligent Well System – Where we've been and where we're going", World Oil Magazine, Marzo 2003, Vol. 224 N°. 3, menciona que la evolución de tres tecnologías de la industria del petróleo (medición en el fondo del pozo, válvulas *sliding sleeve* y el control de válvulas de seguridad en la superficie) posibilitaron el desarrollo de los pozos inteligentes. La primera implementación de completación inteligente aparece a fines de los años 80, con la instalación de medidores de presión -temperatura para suministrar lecturas en 15 tiempo real de las condiciones del fondo del pozo. El control del flujo en tiempo real sin intervenciones no surgió hasta fines de los años 90. Antes de ello, el flujo en una zona solamente podría ser modificado por una intervención en la sonda o por medio de un *squeeze* o por la movilización de una válvula *sleeve*.

20 Actualmente, los sistemas de pozos inteligentes son administrados mediante redes de comunicaciones que suministran en tiempo real el monitoreo en los pozos de producción o inyección, datos de Indices/modelos y acción en la forma de control remoto del flujo. Los sistemas de pozos inteligentes adquieren datos de parámetros de sensores colocados en el pozo y permiten al operador cambiar las características de flujo (producción o inyección) sin la necesidad de 25 hacer una intervención en el pozo. Las mediciones se realizan en las zonas de interés. Así, los sensores permanentes en el pozo contribuyen para mejorar el entendimiento de zonas específicas de producción y/o inyección como también las características del reservorio en torno del pozo.

30 La tecnología de pozos inteligentes abarca dos conceptos primarios instantáneos: primero, la supervisión en tiempo real, que se refiere a la habilidad para adquirir datos de flujo en el fondo del pozo o reservorio, y segundo el control

en tiempo real, que es la capacidad para controlar remotamente el flujo por medio del accionamiento de cualquier dispositivo o válvula de cierre.

L. A. Giangiacomo y D. R. Hill en el artículo "Optimizing Pumping Well Efficiency with Smart Fluid-Level Controller Technology" SPE 52210, SPE International, 1999, se refieren a un controlador de nivel de fluido, posibilitando la automatización de una bomba eléctrica con datos de nivel de fluido en tiempo real. Además de ello, la presión en el fondo del pozo puede ser monitoreada y sus valores optimizados para mejorar y tomar más económica la operación de diferentes técnicas de elevación artificial.

Sigurd M. Erlandsen, en el artículo "Production Experience from Smart Wells in the Oseberg Field", SPE 62953, SPE International 2000, relata experiencias realizadas con pozos inteligentes *off-shore* en el campo de Oseberg en Noruega, a una profundidad de 100 m. Las pruebas se realizaron en cuatro pozos con excesiva producción de gas; el objetivo era controlar remotamente la producción de gas. En el primer pozo se instaló una completación inteligente en combinación con válvulas *sliding-sleeve* convencionales. La finalidad era ser capaz de bloquear para atrás la zona en el caso de que el gas irrumpiese en la misma. En el segundo pozo, se completaron cuatro zonas con completación inteligente; una zona por vez se produjo por medio del *test separator* para no tener impurezas en el *tubing* y establecer el Índice de productividad (PI), relación gas-petróleo (RGO) e irrupción del agua en cada zona independientemente. El tercer pozo, fue también completado con cuatro zonas con completación inteligente. Al iniciarse la producción todos los sensores funcionaron normalmente; pero, luego después de transcurridos 40 días de producción, la comunicación se perdió después de la primer zona, mas incluso con dicha ocurrencia la producción no fue interrumpida. El cuarto pozo se completó en tres zonas con completación inteligente, técnicamente la operación de las tres zonas fue satisfactoria, pero el pozo experimentó problemas al principio de la producción dado que acusó baja resistencia a la presión y problema en la elevación del petróleo.

M. Thompson y E. D. Parker, en el artículo "Predicting the Reservoir Response to Intelligent Wells", SPE 65143, SPE International 2000, realizaron el

modelado de un pozo inteligente, cuyo mayor reto fue desarrollar un modelo que podría predecir correctamente la distribución del flujo y de la presión en la completación, así como en la sección transversal del pozo en el reservorio para cualquier posición de la válvula estranguladora, para poder ser luego aplicado como una herramienta para la administración de reservorios. El desempeño del modelo se evalúa en medios homogéneos y heterogéneos simples para poder entender cómo el diseño de la completación y el orificio de la válvula estranguladora ejercen influencia en la distribución de la presión y del flujo dentro del pozo y del reservorio; luego, el modelo se adapta y se introduce en dos escenarios de reservorios desarrollados. Uno de los escenarios es un reservorio homogéneo con un pozo inteligente vertical; el segundo es un reservorio con presencia de fallas y dos ramales laterales, que incorpora una válvula de estrangulamiento variable. Los desempeños de los campos desarrollados se comparan con pozos con completación convencional.

G. Cobertt et al, en el artículo "Fiber Optic Monitoring in Open hole Gravel Pac Completions", SPE 77682, SPE International 2002, presentan un trabajo de completación inteligente en fibra óptica. El artículo describe el desarrollo y aplicación de un sistema de *gravel pack* que incorpora un conducto para las fibras ópticas portadoras de sensores de temperatura distribuidos o discretos a lo largo del *gravel pack*. Para el montaje del sistema fue necesario adaptar un canal de avance para el conducto, compatible con la herramienta de pasaje del *gravel*; enseguida se hizo también necesario un método para restablecer la conexión del *tubing* de producción al *gravel pack packer* y establecer un conducto continuo para la fibra óptica desde la superficie hasta el final de la malla del *gravel*. Se presenta una tabla con los problemas encontrados durante las pruebas y las soluciones implementadas están resumidas en la misma; en otra tabla se estiman los tiempos operacionales para colocar el sistema en funcionamiento.

G. Brown et al, y M. Al-Asimi, en el artículo "Monitoring Horizontal Producers and Injectors During Cleanup and Prediction using Fiber-Optic Distributed Temperature Measurements", SPE 84379, SPE International 2003, presentaron también un trabajo sobre fibras ópticas en completación inteligente. El trabajo describe la aplicación de un sistema distribuido de temperatura en fibra

óptica instalado a intervalos horizontales largos de completación abierta en pozos de producción e inyección en Omán. El monitoreo de la temperatura permitió optimizar los métodos de completación y mejorar los conocimientos del reservorio y su desempeño. Los resultados demuestran que es posible monitorear

5 continuamente largos intervalos abiertos durante la producción y limpieza del pozo, sin la necesidad de intervenciones múltiples.

Una red de Bragg es un filtro óptico reflexivo con altísima selectividad espectral. Su construcción se basa en generar una modulación periódica en el índice de refracción del núcleo de la fibra, y esta estructura refleja de manera

10 eficiente la longitud de onda λ_b que satisface la condición de Bragg en primer orden para incidencia normal, o sea:

$$\lambda_b = \Lambda / 2n$$

donde Λ es período espacial de la modulación del índice y n es el índice de refracción de la fibra.

15 La capacidad de sensoriamiento de redes de Bragg está relacionada al hecho de que λ_b puede ser alterado por esfuerzos mecánicos que modifican la periodicidad de la estructura, Λ , o a través de temperatura que modifica el índice de refracción n . Estas dependencias pueden resumirse, de forma aproximada, en la expresión

$$\Delta\lambda_b / \lambda_b = 9 \times 10^{-6} \Delta T + 0,78 \varepsilon$$

20 donde ΔT se mide en $^{\circ}\text{C}$ y ε es adimensional (m/m). Las constantes numéricas son características del material que compone la fibra y, en particular la constante térmica, puede presentar variaciones entre fibras. El gran atractivo del uso de las redes de Bragg para sensores está en el hecho de que la información está

25 contenida en el espectro, lo que significa ser una medida absoluta y fácil de ser multiplexada.

Las letras LVDT son las iniciales de "Linear Variable Differential Transformer", un tipo común de transductor electromecánico u óptico que puede convertir el movimiento rectilíneo de un objeto al cual se acopla mecánicamente

30 una señal eléctrica correspondiente.

Se pueden aplicar muchas tecnologías para los sensores de posición, siendo que la más antigua de éstas consiste en un simple potenciómetro resistivo.

La desventaja de este equipamiento es que existe un contacto móvil deslizándose en conductores fijos; esto causa ruido y propicia el rápido envejecimiento del sensor. Para una buena exactitud y vida más extensa del sensor, se recomienda que no exista contacto mecánico con el elemento sensor. Existen hoy cuatro

5 tecnologías de sensores que satisfacen este requisito:

- Capacitivos;
- Ópticos;
- Inductivos; y la
- Fibra Óptica

10 – Capacitivos: Estos sensores permiten una buena exactitud para mediciones, mas con franja dinámica reducida. Otra desventaja es su sensibilidad a vibraciones, humedad y otros parámetros.

15 – Ópticos: Estos sensores permiten una buena exactitud y banda de medición grande, en muchos casos las señales que estos sensores suministran son digitales. Estos sensores son extensivamente usados en máquinas herramientas, pero ellos deben ser protegidos del medio ambiente, especialmente del polvo. En general son soluciones de alto costo y frágiles.

20 – Inductivos: En algunas aplicaciones compiten con los sensores ópticos en banda de medición y exactitud. Además de ello, su gran ventaja con relación a los anteriores es su capacidad de trabajar en condiciones severas sin alterar su desempeño. En realidad, son sensibles a partículas no magnéticas, humedad y vibraciones.

25 – Fibra Óptica: Una técnica de desarrollo más reciente es la que se basa en fibras ópticas. Los sensores a fibra óptica presentan simplicidad de construcción y buen desempeño. En realidad no se trata de una, sino de varias técnicas que poseen en común el hecho de utilizar fibras ópticas como guía de la luz usada en la medición.

30 Entre las técnicas de sensoriamiento que utilizan fibras ópticas están las que se basan en Redes de Bragg (FBG), que hasta el momento no vienen aún siendo aplicadas en sensores de posición. A fin de desarrollar un LVDT empleando FBG como elemento sensor, se determina el estado del arte en lo que se refiere a transductores de posición LVDT en general.

Se conocen diversas técnicas de desarrollo para transductores LVDT siendo la más común de ellas la que utiliza inducción eléctrica como principio de funcionamiento. Por ser la técnica predominante, presenta a seguir su principio de funcionamiento y algunas características típicas. Son también presentadas algunas posibilidades de medición empleando fibras ópticas.

La ventaja principal de este tipo de transductor LVDT sobre otros tipos de transductores de desplazamiento es su alto grado de robustez. Esto deriva de su principio de funcionamiento en el cual no existe contacto físico con el elemento sensor, produciéndose así desgaste cero de este elemento. Esto significa que los transductores LVDT pueden ser hechos a prueba de agua y de forma adecuada para las más arduas aplicaciones.

Normalmente un transductor LVDT de este tipo contiene tres bobinas, siendo una de excitación (primario) y otras dos de captación (secundarios). La primera bobina es excitada con corriente alternada, normalmente en la banda de 1 kHz a 10 kHz con voltajes entre 0,5 v a 10 v RMS. El enrolamiento de los secundarios es tal que cuando un núcleo ferroso está posicionado en la posición central las dos bobinas suministran voltajes de la misma amplitud, pero desfasadas de π . El núcleo constituye la parte móvil del sistema de medición y está normalmente acoplado a una asta no magnética que toca el punto cuyo desplazamiento se desea medir. Ver en ese sentido el artículo de G. Duplain, C. Velleville, S.Bussiére y P.A.Bélanger: Absolute fiber-optic Linear Position and Displacement Sensor, 12th International Conference on Optical Fiber Sensors, Williamsburg, VA. 1997; págs.83 - 86.

Otro tipo de transductor de posición es aquel que utiliza fibra óptica. Algunos fabricantes (Philtec, Fiso) han desarrollado transductores de posición comercialmente, y también algunos investigadores de universidades y laboratorios han estudiado diversos modelos.

Algunos transductores se basan en la intensidad luminosa mientras otros se basan en interferometría. Como ya es de conocimiento generalizado, la gran ventaja de los sensores y transductores a fibra óptica es su ausencia de señales eléctricas junto al punto de medición. Esto evita problemas de interferencia electromagnética, lo cual se vuelve crítico cuando se requieren largas distancias,

15

y tomó los sensores a fibra óptica totalmente seguros en áreas con riesgo de explosiones.

5 A pesar de todos los trabajos anteriormente mencionados sobre LVDT, inclusive en fibra óptica, no se encontró ninguna referencia que se base en FBG como elemento sensor. Considerando las ventajas de sensores basados en FBG frente a otras posibilidades involucrando fibras ópticas, se busca una forma de medición de posición que utilice esta tecnología y, simultáneamente, no exija contacto directo entre el elemento móvil del transductor y la FBG.

10 Por otro lado, se puede encontrar en el mercado una infinidad de células de carga, basadas en diferentes principios de funcionamiento. La mayoría de ellas utiliza elementos sensores eletrorresistentes (extensómetros eléctricos) convencionales. Según lo que todo indica, no se encuentran, hasta el momento, células de carga suministradas comercialmente que utilicen como principio de medición sensores a fibra óptica.

15 La revista *Epsilonics* presenta una coetánea de artículos agrupados bajo el título *Modern Strain Gage Transducers: Their Design and Construction*. Esta coetánea incluye los artículos de: Octubre 1981, págs.5-7; Marzo 1982, págs.5-6; Julio 1982, págs.6-8; Diciembre 1982, págs.5-7; Abril 1983, págs. 5-7; Agosto 1983, págs. 6-7; Diciembre 1983, págs. 7-9; Abril 1984, págs. 5-7; Octubre 1984, págs. 6-11.

20 En esta colección se presenta un estudio detallado referente al diseño y construcción de transductores, enfatizando las células de carga. Este estudio describe varios diseños de células de carga para utilización con extensómetros eléctricos convencionales (resistivos), así como materiales para su construcción y las formas de instrumentarlas. Se presentan las formas básicas de células de carga para diferentes usos: tracción, compresión y recorte, bajo cargas estáticas o dinámicas.

Otros autores como Bray A.; "The Role Of Stress Analysis In The Design Of Force-Standard Transducers," *Experimental Mechanics*, Enero 1981, págs.1-20 y Guindy S. S., "Force And Torque Measurement, A Technology Overview: Parte I – Force," *Experimental Techniques*, Junio 1985, págs.28-33 y Guindy S. S., "Force And Torque Measurement, A Technology Overview: Part II – Torque,"

Experimental Techniques, Julio 1985, págs.9-15 entre otros, han presentado artículos y libros que tratan ampliamente sobre las células de carga.

Así, a pesar de los avances existentes, la técnica precisa todavía de un transductor de posición basado en el uso de la célula de carga, instrumentada con sensores a red de Bragg, midiendo la referida la célula el desplazamiento de un resorte utilizado en la válvula tipo *sliding sleeve* del sistema de completación inteligente, estando la válvula accionada por un sistema hidráulico o eléctrico. Esta válvula descansa sobre un resorte, que trabaja siempre bajo compresión, lo que garantiza el retorno a su posición de equilibrio luego de que cese la acción del sistema de accionamiento. El desplazamiento (abertura o cierre) de la válvula se monitorea a partir de la fuerza de restauración en el resorte medida por la célula de carga instrumentada con sensores a fibra óptica. Este transductor de posición se describe y se reivindica en el presente pedido.

15 SUMARIO DE LA INVENCION

De un modo amplio, la invención trata de un transductor de posición a fibra óptica para válvula de control de caudal en pozos inteligentes, comprendiendo por lo menos el transductor dos células de carga instrumentadas con sensores a red de Bragg, para medir el desplazamiento del resorte utilizado en la válvula tipo *sliding sleeve*, rotativa o *choke* del sistema de completación inteligente.

Y el funcionamiento del transductor de posición descrito involucra el suministro de carga instrumentada para la célula con redes de Bragg en medio de las superficies interna vertical y horizontal de dicha célula, accionar de modo hidráulico o eléctrico la válvula *sliding sleeve*, rotativa o *choke* del sistema de completación de un pozo de inyección o producción y el resorte sobre el cual reposa dicha válvula, y monitorear el desplazamiento (abertura o cierre) de la válvula a partir de la fuerza de restauración en el resorte medida por dicha célula de carga instrumentada.

Así, la invención provee un transductor de posición a fibra óptica para válvula de control de caudal en pozos inteligentes, comprendiendo el transductor la célula de carga instrumentada con sensores a red de Bragg.

La invención suministra también un transductor de posición a fibra óptica para válvula de control de caudal en pozos inteligentes, siendo que el transductor

es capaz de cuantificar un determinado desplazamiento en función de la deformación producida en la célula de carga óptica.

La invención provee también el uso de la célula de carga instrumentada con sensores a red de Bragg para medir el desplazamiento del resorte utilizado en la válvula tipo *sliding sleeve*, rotativa o *choke*, del sistema de completación inteligente.

La invención provee igualmente un transductor de posición a fibra óptica para válvula de control de caudal en pozos inteligentes que permite monitorear en tiempo real el porcentaje de abertura o cierre de las válvulas de control de caudal de producción e inyección en pozos inteligentes.

La invención provee también un transductor de posición a fibra óptica para válvula de control de caudal en pozos inteligentes donde el monitoreo en tiempo real del porcentaje de abertura o cierre de las válvulas de control de caudal se realiza a partir de la fuerza de reacción en el resorte medido por la célula de carga instrumentada con sensores a fibra óptica.

La invención brinda también un transductor de posición a fibra óptica para válvula de control de caudal en pozos inteligentes que puede ser multiplexado a otros sensores de presión, temperatura, caudal, posición, pH etc. en puntos específicos y a través de la misma fibra óptica.

20 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DISEÑOS

La FIGURA 1 adjunta es una vista esquemática de la célula de carga para el transductor de la invención.

La FIGURA 2 adjunta es un diagrama esquemático de las regiones de fijación de las redes de Bragg en la célula de carga.

La FIGURA 3A adjunta es una vista en perspectiva del transductor de la invención con las células de carga.

La FIGURA 3B adjunta es una vista superior del transductor.

LA FIGURA 3C adjunta es una vista frontal del transductor.

LA FIGURA 4A adjunta es un diagrama esquemático de una modalidad de interligación de las redes de Bragg en la célula de carga.

LA FIGURA 4B adjunta es un diagrama esquemático de otra modalidad de interligación de las redes de Bragg en la célula de carga.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA MODALIDAD PREFERIDA

Bajo cierto aspecto, la invención trata de un transductor de posición a fibra óptica para válvula de control de caudal en pozos inteligentes, comprendiendo el transductor por lo menos dos células de carga instrumentadas con sensores a red de Bragg para medir el desplazamiento del resorte utilizado en la válvula tipo *sliding sleeve*, rotativa o *choke* del sistema de completación inteligente.

El transductor es capaz de cuantificar un determinado desplazamiento en función de la deformación producida en la célula de carga óptica de modo que es posible monitorear en tiempo real el porcentaje de abertura o cierre de las válvulas de control de caudal de producción e inyección en pozos inteligentes.

El transductor de posición puede ser multiplexado a otros sensores de presión, temperatura, caudal, posición, pH etc. en puntos específicos y a través de la misma fibra óptica.

Conforme el concepto de invención, la célula de carga instrumentada con sensores a red de Bragg mide el desplazamiento del resorte utilizado en la válvula tipo *sliding sleeve*, rotativa o *choke* del sistema de completación inteligente. La válvula se acciona por un sistema hidráulico o eléctrico y descansa sobre un resorte, que trabaja siempre bajo compresión, lo que garantiza el retorno a su posición de equilibrio luego de que cese la acción del sistema hidráulico. El desplazamiento, en términos de apertura o cierre de la válvula, será monitoreado a partir de la fuerza de restauración en el resorte medido por la célula de carga instrumentada.

De una manera general, la célula de carga a ser instrumentada con la fibra óptica conteniendo redes de Bragg es de formato cuadrado, dotada de un agujero central. El transductor está formado por una única pieza industrializada, con las células de carga y anillos de sustentación de las mismas. La fibra óptica conteniendo dos redes de Bragg se fija en lugares de la célula de carga sujetos a deformaciones de señales opuestas, correspondientes a tracción y compresión. Las redes de Bragg se fijan en las paredes internas de la célula de carga equidistantes a 90°.

El transductor de posición utiliza por lo menos dos y hasta cuatro o más células de carga (sensores) a fibra óptica conteniendo redes de Bragg

equidistantes. El número máximo de células de carga depende del espacio anular disponible en el transductor. En una modalidad, las redes de Bragg están fijadas en tan sólo una célula de carga, en el medio de la superficie interna vertical y en el medio de la superficie interna horizontal de la misma. Luego de la fijación, m
5 n diante cualquier dispositivo, de las redes en las posiciones elegidas, la fibra óptica conteniendo las redes de Bragg se conecta a un conector óptico.

Alternativamente, la fibra óptica conteniendo las redes de Bragg es introducida en dos o tres células de carga en serie o en paralelo, como se muestra a seguir en las Figuras 4A y 4B.

10 En cuanto al funcionamiento del transductor, conforme ya se ha mencionado más arriba, la célula de carga instrumentada mide el desplazamiento del resorte utilizado en la válvula tipo *sliding sleeve*, rotativa o *choke* del sistema de completación inteligente. El actuador de la válvula sufre la acción de dos
15 fuerzas en sentidos opuestos: una ejercida por el sistema hidráulico (o eléctrico) y otra por la reacción del resorte. Se subentiende que el movimiento (apertura o cierre) del actuador de la válvula es provocado adrede por la variación de la presión hidráulica ejercida sobre él, generando el desequilibrio de fuerzas. En consecuencia, el resorte se moverá. La compresión o relajamiento del resorte va a provocar una variación proporcional de la intensidad de la fuerza de reacción
20 sobre la célula de carga óptica (sensor de posición), sirviendo de base para el cálculo de la posición del actuador.

Bajo otro aspecto, la invención trata de un transductor de posición a fibra óptica para válvula de control de caudal en pozos inteligentes adaptado para ser colocado junto a la válvula de control de flujo y constituido de una célula de carga
25 instrumentada con redes de Bragg y por lo menos una más y hasta tres células de carga instrumentadas o no. En el caso de cuatro células (10), ellas estarán dispuestas a 90° una de las otras.

A invención será descrita a seguir con relación a las Figuras adjuntas.

La FIGURA 1A ilustra una vista esquemática de la célula de carga (10)
30 usada en el transductor de la invención, generalmente designado por numeral (100). La célula (10) está compuesta de un cuerpo cuadrangular (11) con un agujero circular (12) en la región central y un agujero (13a) en uno de los lados

del cuerpo (11), estando dicho orificio destinado al pasaje de la fibra óptica (no representada) conteniendo las redes de Bragg, a ser fijada en las regiones determinadas. El agujero (13a) es tangente a la superficie del orificio (12) del cuerpo (11). Los pivotes (14a, 14b) se encargan de transmitir la carga al cuerpo (11).

La FIGURA 1B ilustra una vista esquemática de una configuración alternativa de la célula de carga (10) dotada de agujeros (13a) de entrada de la fibra óptica y 13(b) de salida de la fibra óptica, estando dicho agujero de salida en posición desfasada con relación a la región central de la célula de carga (10).

La FIGURA 2 ilustra las posiciones de los sensores a red de Bragg en el cuerpo (11) de la célula de carga (10), estando tales sensores destinados a medir deformación. Conforme ilustrado en la FIGURA 2, las redes de Bragg pueden ser fijadas en las posiciones "a" (interna, a la derecha e izquierda en la parte central del agujero (13), "c" (externa, a la derecha e izquierda en la parte vertical del cuerpo (11)) e "b", en la región de un pivote (14a/14b). No es posible fijar una red de Bragg en la otra posición "b" debido a la presencia del agujero (13) destinado al pasaje de la fibra óptica (no representada).

Una configuración posible consiste en fijar una red de Bragg en la posición "c" externa y otra red de Bragg en la posición "a" interna del cuerpo (11) de la célula (10).

Cuando el transductor es cargado bajo compresión, la longitud de onda central de la red fijada en "c" debe aumentar, entonces la longitud donde del segundo sensor deberá moverse en dirección opuesta al del primero, cuando el transductor de posición sea cargado compresivamente por el resorte. La diferencia entre las dos longitudes de onda ($\Delta\lambda$) será el parámetro de interés en las relaciones deformación- desplazamiento.

La FIGURA 3A muestra una vista en perspectiva del transductor (100) de posición con la célula de carga (10). El transductor (100) está constituido de una única pieza industrializada, con por lo menos dos células de carga (10) que son sustentadas por anillos (20a, 20b). Las dimensiones del transductor (100) son

tales que permiten la inserción del mismo en el espacio anular de una válvula tipo *sliding sleeve* de un sistema de producción de petróleo.

La FIGURA 3B muestra que el transductor (100) está construido de tal modo de no presentar aristas. Esto se debe a la necesidad de inserción del transductor en un espacio anular en una válvula *sliding sleeve*.

La FIGURA 3C es una vista frontal del transductor (100), con la célula de carga (10) y los anillos (20a, 20b).

La FIGURA 4A ilustra de modo esquemático una modalidad de interligación de las redes de Bragg en células de carga (10) conectadas en serie. En dicha modalidad, el cuerpo (11) de la célula (10) contiene un agujero más (13b) por donde la fibra óptica conteniendo redes de Bragg que entró por el agujero (13a) se fija en la posición interna "a" y en la posición interna "b" de la referida célula y puede dejar el cuerpo (11) de la célula (10) a través del agujero (13b), y continuar el trayecto en dirección al cuerpo (11) de otra célula de carga (10), donde ingresa a través de un agujero (13a) y sale por un agujero opuesto (13b), entrando en un tercer cuerpo (11) de una célula (10) a través de un agujero (13a) y saliendo por otro agujero (13b) para conectarse a otro sensor de la misma tecnología o de tecnología diferente.

Alternativamente, la fibra óptica conteniendo redes de Bragg que entró por el agujero (13a) puede dejar el cuerpo (11) de la célula de carga (10), ser fijada en la posición externa "c" y continuar el trayecto en dirección al cuerpo (11) de otra célula de carga (10), etc.

La FIGURA 4B ilustra de modo esquemático otra modalidad de interligación de las redes de Bragg en las células de carga (10) conectadas en paralelo. En dicha modalidad, una fibra óptica (14a) conteniendo redes de Bragg se conecta a un acoplador (15) entra por el agujero (13) del cuerpo (11) de la célula (10), se fija en la posición interna "a" y en la posición interna "b" de dicha célula. De modo análogo, otras dos fibras ópticas (14b, 14c) conteniendo redes de Bragg y conectadas al mismo acoplador (15) son fijadas en las mismas posiciones respectivas del cuerpo (11) de las células de carga (10).

Aún una variante comprendida en el alcance de la invención es que se puede fijar una red de Bragg más, de la misma fibra óptica en la posición "a" frontal a la posición "a" donde ya está fijada una red de Bragg.

REIVINDICACIONES

1. Transductor de posición a fibra óptica para válvula de control de caudal a fibra óptica para válvula de control de caudal en pozos inteligentes, caracterizado porque comprende una pieza, fabricada o industrializada, incluyendo
 - 5 a) Por lo menos dos células de carga (10) donde por lo menos una de las referidas células (10) está instrumentada con una fibra óptica conteniendo redes de Bragg;
 - b) anillos (20a,20b) de sustentación de las referidas células de carga (10), y donde:
- 10 la instrumentación de la red de Bragg está destinada a medir el desplazamiento, en términos de abertura o cierre de la válvula, del resorte utilizad en la válvula tipo *sliding sleeve*, rotativa o *choke* del sistema de completación inteligente en función de la deformación producida en la célula (10) de modo a monitorear en tiempo real el porcentaje de abertura o cierre de
- 15 las válvulas de control de caudal de producción e inyección en pozos inteligentes.
2. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque dicho desplazamiento se monitorea a partir de la fuerza de restauración en el resorte medido por la célula de carga (10)
- 20 instrumentada.
3. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque comprende tres células de carga (10) donde por lo menos una se instrumenta con redes de Bragg.
4. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado
- 25 porque comprende cuatro células de carga (10) donde por lo menos una se instrumenta con redes de Bragg.
5. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el número de células de carga (10) es el máximo permitido por el espacio anular.
- 30 6. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la célula de carga (10) está compuesta de un cuerpo cuadrangular (11) con un orificio circular (12) en la región central y un agujero (13a) en

una de las laterales del cuerpo (11), dicho agujero está destinado a la entrada y pasaje de la fibra óptica (14) que contiene las redes de Bragg.

- 5 7. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado porque alternativamente la célula de carga (10) está también dotada de un agujero de salida (13b) de la fibra óptica (14).
8. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado porque el agujero (13a/13b) es tangente a la superficie del agujero (12) del cuerpo (11).
- 10 9. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado porque el agujero (13b) está desfasado con relación al agujero (13a).
10. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque los pivotes (14a, 14b) se destinan a transmitir carga al cuerpo (11).
11. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la fibra óptica (14) que contiene las redes de Bragg está insertada en dos o tres células de carga (10) colocadas en serie.
- 15 12. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado porque la fibra óptica que contiene redes de Bragg que entró por el agujero (13a) está fija en la posición "a" y en la posición "b" y deja el cuerpo (11) de la célula (10) a través del agujero (13b), y continúa el trayecto en dirección al cuerpo (11) de otra célula de carga (10), donde entra a través de un agujero (13b) y sale por un agujero opuesto (13a), entrando en un tercer cuerpo (11) de una célula (10) a través de un agujero (13a) y saliendo por un agujero (13b) para conectarse a otro sensor de la misma tecnología o de tecnología diferente.
- 20 13. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado porque alternativamente la fibra óptica conteniendo redes de Bragg que entró por el agujero (13a) deja el cuerpo (11) de la célula (10) a través del agujero (13b), se fija en la posición externa "c" y continúa el trayecto en dirección al cuerpo (11) de otra célula de carga (10), donde entra a través de un agujero (13b) y sale por un agujero opuesto (13a), entrando en un tercer cuerpo (11) de una célula (10) a través de un agujero (13a) y saliendo por un agujero (13b) para conectarse a otro sensor de la misma tecnología o de tecnología diferente.
- 25 30

14. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la fibra óptica (14) que contiene las redes de Bragg está insertada en dos o tres células de carga (10) colocadas en paralelo.
- 5 15. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 14, caracterizado porque una fibra óptica (14a) conteniendo redes de Bragg está ligada a un acoplador (15) entra por el agujero (13) del cuerpo (11) de la célula (10), se fija en la posición interna "a" y en la posición interna "b" de la referida célula, y de modo análogo, otras dos fibras ópticas (14b,14c) conteniendo redes de Bragg y conectadas al mismo acoplador (15) se fijan en las mismas
- 10 posiciones respectivas del cuerpo (11) de dichas células de carga (10).
16. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 15, caracterizado porque alternativamente más de una red de Bragg de la misma fibra óptica (14) se fija en la posición "a" frontal a la posición "a" donde ya se encuentra fijada una red de Bragg.
- 15 17. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque las redes de Bragg están fijadas en las posiciones "a" (interna, a la derecha e izquierda en la parte central del agujero (13a), "c" (externa, a la derecha e izquierda en la parte vertical del cuerpo (11)) y "b", en la región de un pivote (14b).
- 20 18. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque alternativamente una red de Bragg está fijada en la posición "c" externa y otra red de Bragg en la posición "a" interna del cuerpo (11) de la célula (10).
- 25 19. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la fibra óptica (14) conteniendo dos redes de Bragg está fijada en lugares de la célula de carga (10) sujetos a deformaciones de señales apuestos, correspondientes a tracción y compresión.
- 30 20. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque está construido con dimensiones y geometría tales de manera de no presentar aristas y permitir la inserción del mismo en el espacio anular de una válvula tipo *sliding sleeve* de un sistema de producción de petróleo.
21. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque permite monitorear en tiempo real el porcentaje de abertura o cierre

de las válvulas de control de caudal de producción e inyección en pozos inteligentes a partir de la fuerza de reacción en el resorte medida por la célula de carga (10) instrumentada con sensores de fibra óptica a redes de Bragg (FBG).

- 5 22. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por ser multiplexado a otros sensores para otros parámetros físicos en puntos específicos y a través de la misma fibra óptica.

RESUMEN

TRANSDUCTOR DE POSICIÓN A FIBRA ÓPTICA PARA VÁLVULA DE CONTROL DE CAUDAL EN POZOS INTELIGENTES

Se describe un transductor de posición (100) a fibra óptica para válvula de control de caudal en pozos inteligentes, que comprende por lo menos dos células de carga (10) instrumentadas con sensores a redes de Bragg (FBG) y sustentadas por anillos (20a, 20b). La célula (10) está formada de un cuerpo cuadrangular (11), dotada de orificio central (12) y orificio (13a/13b) para entrada/salida y pasaje de una fibra óptica (14) y pivotes (14a, 14b). La referida célula (10) mide el desplazamiento de un resorte utilizado en la válvula tipo *sliding sleeve*, rotativa o *choke* del sistema de completación inteligente, siendo que el desplazamiento (abertura o cierre) de la válvula se monitorea a partir de la fuerza de restauración en el resorte medido por la célula de carga (10) instrumentada. El transductor (100) está construido con dimensiones y geometría tales de manera de no presentar aristas y permitir la inserción del mismo en el espacio anular de una válvula tipo *sliding sleeve*, rotativa o *choke* de un sistema de producción de petróleo. Además de ello, la construcción del transductor (100) es tal que permite que sea multiplexado a otros tipos de sensores de pozo, a través de la misma fibra óptica.

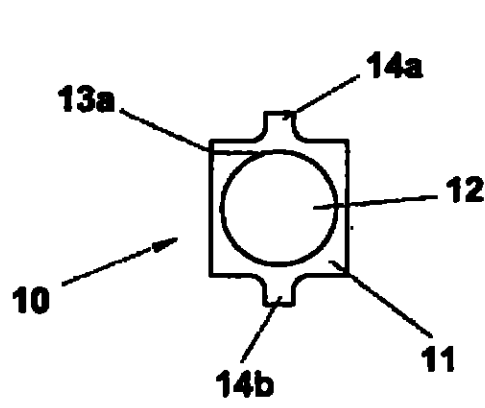


FIG. 1A

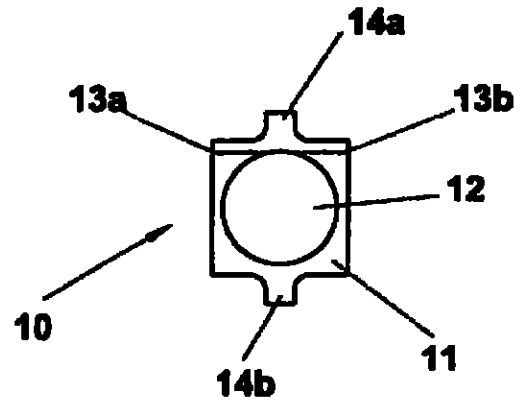


FIG. 1B

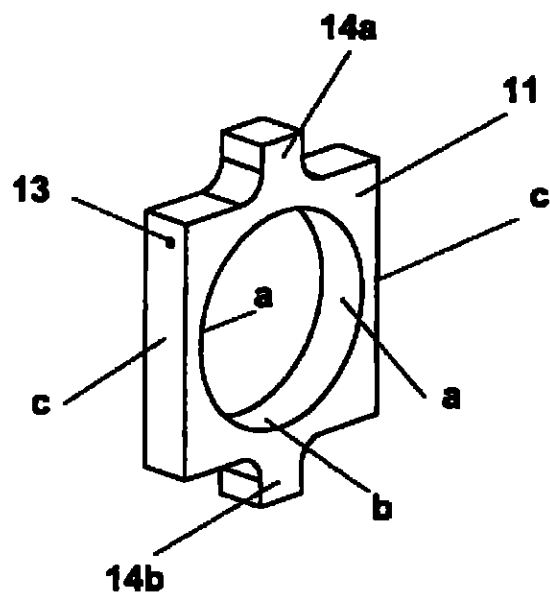


FIG. 2

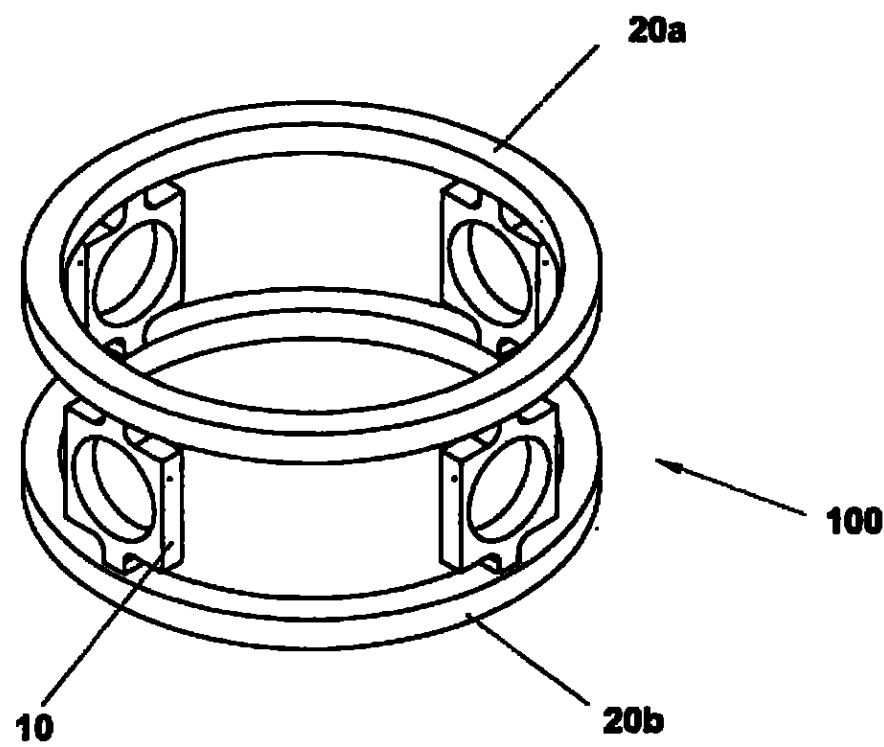


FIG. 3A

3P

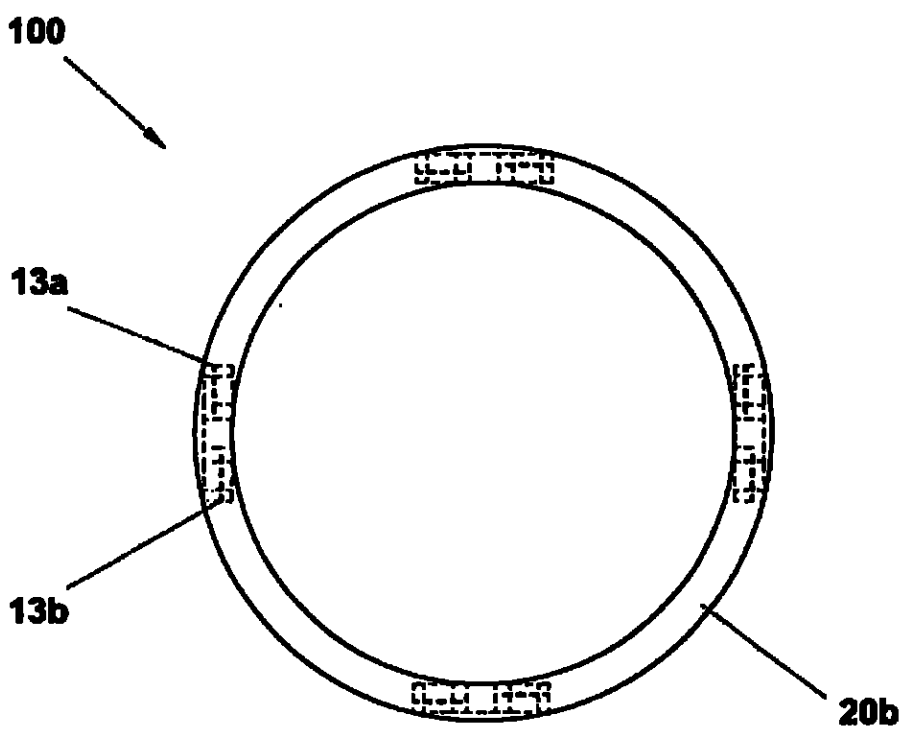


FIG. 3B

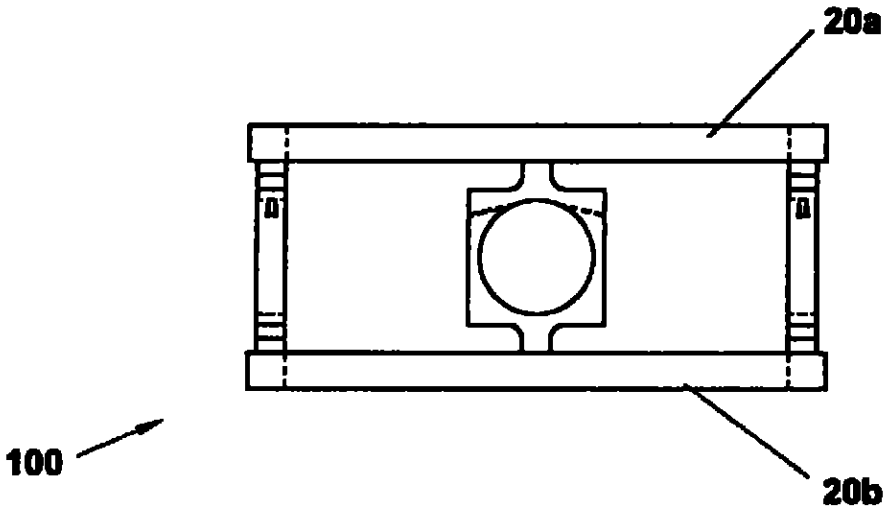
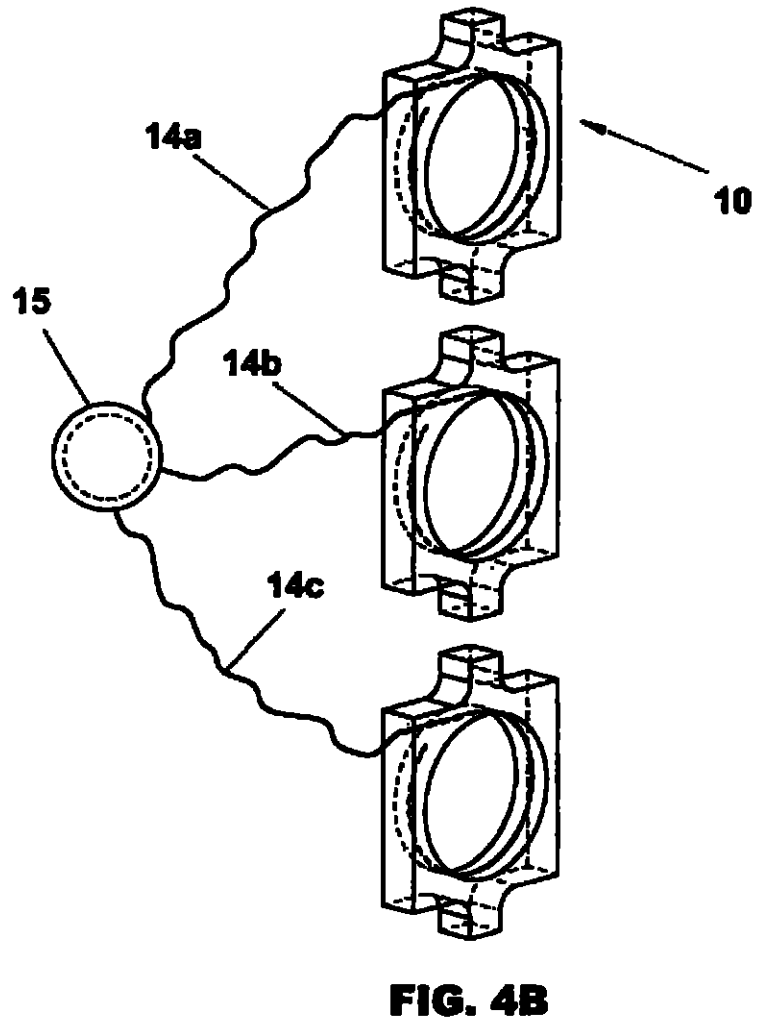
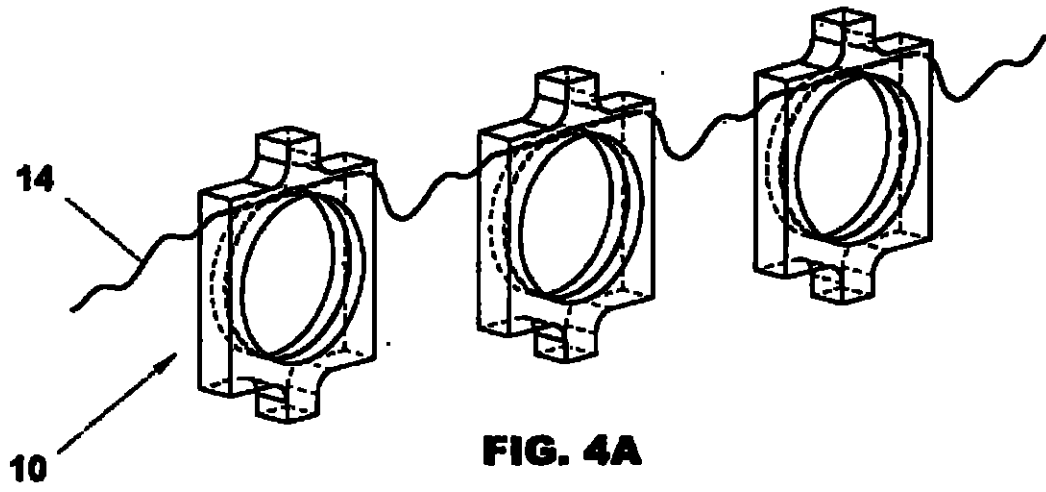
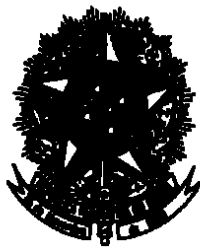


FIG. 3C





REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
Ministério do Desenvolvimento, da Indústria e Comércio Exterior.
Instituto Nacional da Propriedade Industrial
Diretoria de Patentes

CÓPIA OFICIAL
PARA EFEITO DE REIVINDICAÇÃO DE PRIORIDADE

O documento anexo é a cópia fiel de um
Pedido de Patente de Invenção.
Regularmente depositado no Instituto
Nacional da Propriedade Industrial, sob
Número PI 0404127-5 de 29/09/2004.

Rio de Janeiro, 02 de Setembro de 2005.



Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117



3 26
- NPRJ

29 SET 11 50 009913
Protocolo

Número (21)

DEPÓSITO

Pedido de Patente ou de
Certificado de Adição



PI0404127-5

depósito

/ /

(número e data de depósito)

Ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial:

O requerente solicita a concessão de uma patente na natureza e nas condições abaixo indicadas:

1. Depositante (71):

1.1 Nome: PETROLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS

1.2 Qualificação: INDÚSTRIA

1.3 CNPJ/CPF: 33.000.167/0819-42

1.4 Endereço completo: Av. República do Chile, 65 Centro Rio de Janeiro RJ BRASIL

1.5 Telefone: 3865-6023

FAX : 3865-6794

☐ continua em folha anexa

2. Natureza:

☒ 2.1 Invenção

☐ 2.1.1 Certificado de Adição

☐ 2.2 Modelo de Utilidade

Escreva, obrigatoriamente e por extenso, a Natureza desejada: INVENÇÃO

3. Título da Invenção, do Modelo de Utilidade ou do Certificado de Adição (54):

TRANSDUTOR DE POSIÇÃO A FIBRA ÓPTICA PARA VÁLVULA DE CONTROLE DE VAZÃO EM POÇOS INTELIGENTES

☐ continua em folha anexa

4. Pedido de Divisão do pedido nº.

, de / /

5. Prioridade Interna - O depositante reivindica a seguinte prioridade:

Nº de depósito

Data de Depósito 1 / 1 / (66)

6. Prioridade - O depositante reivindica a(s) seguinte(s) prioridade(s):

País ou organização de origem	Número do depósito	Data do depósito
		/ /
		/ /
		/ /

☐ continua em folha anexa

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**CERTIFICO, que a presente fotocópia, em número de uma,
Reproduz fielmente o documento arquivado neste Instituto**

Rio de Janeiro, 02 de Setembro 2005.



SHEILA KILINS GEHRT
Coordenadora Administrativa de Patentes
Mat: 449600 - DIRPA/CADPAT

7. Inventor (72):

() Assinale aqui se o(s) mesmo(s) requer(em) a não divulgação de seu(s) nome(s) (art. 6º § 4º da LPI e item 1.1 do Ato Normativo nº 127/97)

7.1 Nome: JOSE LUIZ ARIAS VIDAL

7.2 Qualificação: ENGENHEIRO ELETRÔNICO

7.3 Endereço: RUA CONDE DE BONFIM, 101, apto.1001 TIJUCA RIO DE JANEIRO RJ
BRASIL

7.4 CEP: 20520-050

7.5 Telefone

☒ continua em folha anexa

8. Declaração na forma do item 3.2 do Ato Normativo nº 127/97:

☒ em anexo

9. Declaração de divulgação anterior não prejudicial (Período de graça):

(art. 12 da LPI e item 2 do ato Normativo nº 127/97:

☒ em anexo

10. Procurador (74):

10.1 Nome e CPF/CGC: ANTÔNIO CLÁUDIO CORREA MEYER SANT'ANNA

098.506.001-87

10.2 Endereço: CIDADE UNIVERSITÁRIA, QUADRA 7, ILHA DO FUNDAÇÃO RIO
DE JANEIRO

10.3 CEP: 21949-900

10.4 Telefone

11. Documentos anexados (assinale e indique também o número de folhas):

(Deverá ser indicado o nº total de somente uma das vias de cada documento)

☒ 11.1 Guia de recolhimento	11 fls.	☒ 11.5 Relatório descritivo	15 fls.
☒ 11.2 Procuração	2 fls.	☒ 11.6 Reivindicações	3 fls.
☐ 11.3 Documentos de prioridade	0 fls.	☒ 11.7 Desenhos	4 fls.
☐ 11.4 Doc. de contrato de trabalho	10 fls.	☒ 11.8 Resumo	1 fls.
☐ 11.9 Outros (especificar):			10 fls.
☐ 11.10 Total de folhas anexadas:			26 fls.

12. Declaro, sob penas da Lei, que todas as informações acima prestadas são completas e verdadeiras

22/09/2004

Local e Data

ANTÔNIO CLÁUDIO CORREA MEYER SANT'ANNA
Gerente Administrativo e Jurídico
Patentes e Marcas Registradas

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**CERTIFICO, que a presente fotocópia, em número de uma,
Reproduz fielmente o documento arquivado neste Instituto**

Rio de Janeiro, 02 de Setembro 2005.



SHEILA KILINS GEHRT
Coordenadora Administrativa de Patentes
Mat: 449600 - DIRPA/ CADPAT

ANEX DE INVENTORES

Título: TRANSDUTOR DE POSIÇÃO A FIBRA ÓPTICA PARA VÁLVULA DE CONTROLE DE VAZÃO Pagina: 1 31

Nome: MANOEL FELICIANO DA SILVA JUNIOR

Qualificação: ENGENHEIRO

Endereço: RUA MAXWELL, 113/102 VILA ISABEL RIO DE JANEIRO RJ BRASIL /

Cep: 20541-100 Telefone: 3865-6538

Nac: BRASILEIRA

Dt. Nasc.: / /

Cpf: 420.335.864-72

Nome: RICARDO MUNOZ FREITAS

Qualificação: ENGENHEIRO ELETRÔNICO

Endereço: RUA URUGUAI, 246, apto.801 TIJUCA RIO DE JANEIRO RJ BRASIL /

Cep: 22441-030 Telefone:

Nac: BRASILEIRA

Dt. Nasc.: / /

Cpf: 610963777-72

Nome: ARTHUR MARTINS BARBOSA BRAGA

Qualificação: PROFESSOR

Endereço: RUA CUPERTINO DURÃO, 104/501 LEBLON RIO DE JANEIRO RJ BRASIL /

Cep: 22441-030 Telefone: 2259-5168

Nac: BRASILEIRA

Dt. Nasc.: / /

Cpf: 610.963.777-72

Nome: LUIZ CARLOS GUEDES VALENTE

Qualificação: FÍSICO

Endereço: RUA POMPEU LOUREIRO, 98/COB. 01 COPACABANA RIO DE JANEIRO RJ BRASIL /

Cep: 22061-000 Telefone: 3114-1786

Nac: BRASILEIRO

Dt. Nasc.: / /

Cpf: 628790817-34

Nome: ROBERTH WALDO ANGULO LLERENA

Qualificação: ENGENHEIRO MECÂNICO

Endereço: RUA BARATA RIBEIRO, 60 / 703 COPACABANA RIO DE JANEIRO RJ BRASIL /

Cep: 22011-000 Telefone:

Nac: PERUANA

Dt. Nasc.: / /

Cpf: 054397807-93

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**CERTIFICO, que a presente fotocópia, em número de uma,
Reproduz fielmente o documento arquivado neste Instituto**

Rio de janeiro, 02 de Setembro 2005.



**SHEILA KILINS GEHRT
Coordenadora Administrativa de Patentes
Mat: 449600 - DIRPA/ CADPAT**

**TRANSDUTOR DE POSIÇÃO A FIBRA ÓPTICA PARA VÁLVULA DE
CONTROLE DE VAZÃO EM POÇOS INTELIGENTES**

CAMPO DA INVENÇÃO

/

5 A presente invenção pertence ao campo dos transdutores a fibra óptica para monitoramento em tempo real de parâmetros de poço, mais especificamente, transdutores para monitorar o percentual de abertura ou fechamento de válvulas de controle de vazão de produção ou injeção em poços inteligentes.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

10 A partir das atividades de pesquisa voltadas para aplicações de fibras ópticas no setor de telecomunicações, esforços paralelos vêm sendo conduzidos para o desenvolvimento de técnicas de sensoriamento utilizando fibras ópticas para a medição das mais variadas grandezas físicas, químicas e mesmo biológicas. Tal interesse é motivado por algumas características inerentes às
15 fibras ópticas, como baixo peso, flexibilidade, longa distância de transmissão, baixa reatividade do material, isolamento elétrico e imunidade eletromagnética. Outro atrativo do sensoriamento a fibra óptica é a facilidade de se conseguir a multiplexação dos sinais de vários sensores ao longo da fibra, que podem inclusive estar medindo diferentes grandezas. Outra possibilidade é a realização
20 de medidas continuamente distribuídas ao longo de toda a fibra.

O setor de petróleo e gás (SPG) apresenta diversas oportunidades de aplicação para os sensores a fibra óptica (SFO). As características apontadas acima podem ser determinantes em diversas situações, seja nos segmentos de exploração, transporte, refino ou distribuição. Em muitos casos, tecnologias
25 convencionais são incapazes de atender aos anseios por medições mais precisas, contínuas e em maior número de pontos, sob as altas temperaturas e nos ambientes agressivos encontrados em aplicações nos diversos segmentos da cadeia de produção e distribuição de petróleo e derivados. Ao mesmo tempo, no que se refere aos custos de aplicação, os sensores a fibra óptica, que aproveitam
30 componentes optoeletrônicos regularmente utilizados em telecomunicações e beneficiam-se da escala de produção do enorme setor de fotônica, estão se tornando cada dia mais competitivos, especialmente em sistemas que incluam um grande número de pontos de medição.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**CERTIFICO, que a presente fotocópia, em número de uma,
Reproduz fielmente o documento arquivado neste Instituto**

Rio de Janeiro, 02 de Setembro 2005.



SHEILA KILINS GEHRT
Coordenadora Administrativa de Patentes
Mat: 449600 - DIRPA/CADPAT

As principais operadoras internacionais do setor de petróleo e gás (SPG), entre as quais a Requerente, identificaram a tecnologia de Sensores a Fibra Óptica (SFO) como um elemento chave para viabilizar, com toda a funcionalidade esperada, a instalação de sistemas de completação inteligente de poços de petróleo (produção ou injeção). O sensoriamento do poço permite obter, a qualquer momento, informações precisas sobre diversas grandezas, entre outras a pressão, temperatura, vazão, pH ou mesmo a posição de válvulas que controlam o fluxo através do poço. A monitoração em tempo real do poço é parte da estratégia de automação de todo o processo de produção dos poços de petróleo.

Este panorama fez com que, dentre as várias áreas de aplicação de sensores a fibra óptica, o SPG tenha sido palco dos movimentos mais intensos e de maior porte nos últimos anos. No entanto, poucos produtos estão comercialmente disponíveis e ainda faltam informações seguras sobre o desempenho dos mesmos.

A tecnologia de Redes de Bragg em Fibras FBG (Fiber Bragg Grating) apresenta vantagens em relação a outras alternativas também a fibra.

A completação inteligente pode ser definida como um sistema capaz de coletar, transmitir e analisar dados permitindo o acionamento remoto de dispositivos de controle de fluxo com o objetivo de conseguir sempre a produção do reservatório no ponto ótimo de escoamento. Um típico poço inteligente possui dispositivos de monitoração e atuação instalados em suas diferentes zonas de produção ou injeção. Neste tipo de implementação, busca-se aumentar a área de contato do poço com a formação produtora combinando a produção das diferentes zonas de forma ótima.

Um dos elementos principais do poço é o sistema de sensoriamento. Para que se avance na tecnologia de completação inteligente, ampliando-se o número de poços aonde este conceito venha a ser explorado, a *confiabilidade* dos sistemas de sensoriamento é a palavra chave. Sensores eletrônicos para monitoração permanente de fundo do poço já são conhecidos há vários anos no segmento *upstream* do setor de petróleo e gás. Entretanto, suas limitações e elevadas taxas de falha, principalmente quando operando em temperaturas

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**CERTIFICO, que a presente fotocópia, em número de uma,
Reproduz fielmente o documento arquivado neste Instituto**

Rio de Janeiro, 02 de Setembro 2005.



SHEILA KILINS GEHRT
Coordenadora Administrativa de Patentes
Mat: 449600 - DIRPA/ CADPAT

mesmo moderadamente elevadas, motivou as operadoras e empresas de serviço do setor a buscar alternativas na tecnologia de sensores a fibra óptica.

Foi ao longo da última metade dos anos 90 que o enorme potencial de um novo componente de sistemas de demultiplexação para telecomunicações através de fibras ópticas, as redes de Bragg, começou a ser explorado para o sensoramento de grandezas de fundo do poço.

J. Angel, no artigo "Intelligent Well System – Where we've been and where we're going", Wordl Oil Magazine, March 2003, Vol. 224 N°. 3, menciona que a evolução de três tecnologias da indústria do petróleo (medição no fundo do poço, válvulas *sliding sleeve* e o controle de válvulas de segurança na superfície) possibilitaram o desenvolvimento dos poços inteligentes. A primeira implementação de completação inteligente aparece no final dos anos 80, com a instalação de medidores de pressão-temperatura para fornecer leituras em tempo real das condições do fundo do poço. O controle do fluxo em tempo real sem intervenções não surgiu até o final dos anos 90. Antes disto, o fluxo numa zona só poderia ser modificado por uma intervenção na sonda ou por meio de um *squeeze* ou pela movimentação de uma válvula *sleeve*.

Atualmente, os sistemas de poços inteligentes são gerenciados mediante redes de comunicações que fornecem em tempo real monitoramento nos poços de produção ou injeção, dados de taxas/modelos e ação na forma de controle remoto do fluxo. Sistemas de poços inteligentes adquirem dados de parâmetros de sensores alocados no poço e permitem ao operador mudar as características de fluxo (produção ou injeção) sem a necessidade de fazer uma intervenção no poço. As medições são feitas nas zonas de interesse. Assim, sensores permanentes no poço contribuem para melhorar o entendimento de zonas específicas de produção e/ou injeção como também as características do reservatório em torno do poço.

A tecnologia de poços inteligentes abarca dois conceitos primários instantâneos: primeiro, a supervisão em tempo real, que se refere à habilidade para adquirir dados de fluxo no fundo do poço ou reservatório, e segundo o controle em tempo real, que é a capacidade para controlar remotamente o fluxo por meio do acionamento de qualquer dispositivo ou válvula de fechamento.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**CERTIFICO, que a presente fotocópia, em número de uma,
Reproduz fielmente o documento arquivado neste Instituto**

Rio de Janeiro, 02 de Setembro 2005.



SHEILA KILINS GEHRT
Coordenadora Administrativa de Patentes
Mat: 449600 - DIRPA/ CADPAT

L. A. Giangiaco e D. R. Hill no artigo "Optimizing Pumping Well Efficiency with Smart Fluid-Level Controller Technology" SPE 52210, SPE International, 1999, referem-se a um controlador de nível de fluido, possibilitando a automatização de uma bomba elétrica com dados de nível de fluido em tempo real. Além disso, a pressão no fundo do poço pode ser monitorada e seus valores otimizados para melhorar e tornar mais econômica a operação de diferentes técnicas de elevação artificial.

Sigurd M. Erlandsen, no artigo "Production Experience from Smart Wells in the Oseberg Field", SPE 62953, SPE International 2000, relata experiências feitas com poços inteligentes *off-shore* no campo de Oseberg na Noruega, a uma profundidade de 100 m. Os testes foram feitos em quatro poços com excessiva produção de gás; o objetivo era controlar remotamente a produção de gás. No primeiro poço foi instalada uma completação inteligente em combinação com válvulas *sliding-sleeve* convencionais. A finalidade era ser capaz de bloquear para trás a zona no caso de que gás irrompesse nela. No segundo poço, foram completadas quatro zonas com completação inteligente; uma zona por vez foi produzida por meio do *test separator* para não ter impurezas no *tubing* e estabelecer o índice de produtividade (PI), razão gás-óleo (RGO) e irrupção da água em cada zona independentemente. O terceiro poço, também foi completado com quatro zonas com completação inteligente. Ao iniciar a produção todos os sensores funcionaram normalmente; mas, logo após 40 dias de produção, a comunicação foi perdida depois da primeira zona, mas mesmo com essa ocorrência a produção não foi interrompida. O quarto poço foi completado em três zonas com completação inteligente, tecnicamente a operação das três zonas foi satisfatória, mas o poço experimentou problemas no início da produção porque acusou baixa resistência à pressão e problemas na elevação do óleo.

M. Thompson e E. D. Parker, no artigo "Predicting the Reservoir Response to Intelligent Wells", SPE 65143, SPE International 2000, realizaram a modelagem de um poço inteligente, cujo maior desafio foi desenvolver um modelo que prediria corretamente a distribuição do fluxo e da pressão na completação assim como na seção transversal do poço no reservatório para qualquer posição da válvula estranguladora, para logo poder ser aplicado como uma ferramenta para

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**CERTIFICO, que a presente fotocópia, em número de uma,
Reproduz fielmente o documento arquivado neste Instituto**

Rio de Janeiro, 02 de Setembro 2005.



SHEILA KILINS GEHRT
Coordenadora Administrativa de Patentes
Mat: 449600 - DIRPA/ CADPAT

gerenciamento de reservatórios. O desempenho do modelo é avaliado em meios homogêneos e heterogêneos simples para poder entender como o desenho da completação e o orifício da válvula estranguladora influenciam na distribuição da pressão e do fluxo dentro do poço e do reservatório; logo, o modelo é adaptado e introduzido em dois cenários de reservatórios desenvolvidos. Um dos cenários é um reservatório homogêneo com um poço inteligente vertical; o segundo é um reservatório com presença de falhas e dois ramais laterais, que incorpora uma válvula de estrangulamento variável. Os desempenhos dos campos desenvolvidos são comparados com poços com completação convencional.

10 G. Cobertt et al, no artigo "Fiber Optic Monitoring in Open hole Gravel Pack Completions", SPE 77682, SPE International 2002, apresentam um trabalho de completação inteligente em fibra óptica. O artigo descreve o desenvolvimento e aplicação de um sistema de *gravel pack* que incorpora um conduto para as fibras ópticas portadoras de sensores de temperatura distribuídos ou discretos ao longo do *gravel pack*. Para a montagem do sistema foi necessário adaptar um canal de avanço para o conduto, compatível com a ferramenta de passagem do *gravel*; logo, também foi necessário um método para restabelecer a conexão do *tubing* de produção ao *gravel pack packer* e estabelecer um conduto contínuo para a fibra óptica desde a superfície até o final da malha do *gravel*. É apresentada uma

15 tabela com os problemas encontrados durante os testes e as soluções implementadas foram resumidas nela; em outra tabela são estimados os tempos operacionais para colocar em funcionamento o sistema.

G. Brown et al, e M. Al-Asimi, no artigo "Monitoring Horizontal Producers and Injectors During Cleanup and Prediction using Fiber-Optic Distributed Temperature Measurements", SPE 84379, SPE International 2003, também apresentam um trabalho em fibras ópticas em completação inteligente. O trabalho descreve a aplicação de um sistema distribuído de temperatura em fibra óptica instalado em intervalos horizontais longos de completação aberta em poços de produção e injeção em Oman. O monitoramento da temperatura permitiu otimizar os métodos de completação e melhorar os conhecimentos do reservatório e seu desempenho. Os resultados demonstram que é possível monitorar continuamente

25

30

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**CERTIFICO, que a presente fotocópia, em número de uma,
Reproduz fielmente o documento arquivado neste Instituto**

Rio de Janeiro, 02 de Setembro 2005.



SHEILA KILINS GEHRT
Coordenadora Administrativa de Patentes
Mat: 449600 - DIRPA/ CADPAT

longos intervalos abertos durante a produção e limpeza do poço, sem a necessidade de múltiplas intervenções.

Uma rede de Bragg é um filtro óptico reflexivo com altíssima seletividade espectral. Sua construção se baseia em gerar uma modulação periódica no índice de refração do núcleo da fibra, esta estrutura reflete de forma eficiente o comprimento de onda λ_b que satisfaz a condição de Bragg em primeira ordem para incidência normal, ou seja:

$$\lambda_b = \Lambda / 2n$$

onde Λ é período espacial da modulação do índice e n o índice de refração da fibra.

A capacidade de sensoriamento de redes de Bragg está relacionada ao fato de que λ_b pode ser alterado por esforços mecânicos que modificam a periodicidade da estrutura, Λ , ou através de temperatura que modifica o índice de refração n . Estas dependências podem ser resumidas, de forma aproximada, na expressão.

$$\Delta\lambda_b / \lambda_b = 9 \times 10^{-6} \Delta T + 0,78 \varepsilon$$

onde ΔT é medido em $^{\circ}\text{C}$ e ε é adimensional (m/m). As constantes numéricas são características do material que compõe a fibra e, em particular a constante térmica, pode apresentar variações entre fibras. O grande atrativo do uso das redes de Bragg para sensores está no fato de a informação estar contida no espectro o que significa ser uma medida absoluta e fácil de ser multiplexada.

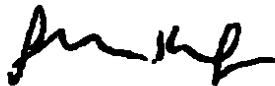
As letras LVDT são as iniciais de "Linear Variable Differential Transformer", um tipo comum de transdutor eletro-mecânico ou óptico que pode converter o movimento retilíneo de um objeto ao qual é acoplado mecanicamente em um sinal elétrico correspondente.

Muitas tecnologias podem ser aplicadas para os sensores de posição, sendo que a mais antiga destas consiste em um simples potenciômetro resistivo. A desvantagem desse equipamento é que existe um contato móvel deslizando em condutores fixos; isto causa ruído e propicia o rápido envelhecimento do sensor. Para uma boa exatidão e vida mais longa do sensor, é recomendável que não haja contato mecânico com o elemento sensor. Existem hoje quatro tecnologias de sensores que satisfazem este requisito:

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**CERTIFICO, que a presente fotocópia, em número de uma,
Reproduz fielmente o documento arquivado neste Instituto**

Rio de Janeiro, 02 de Setembro 2005.



SHEILA KILINS GEHRT
Coordenadora Administrativa de Patentes
Mat: 449600 - DIRPA/CADPAT

- Capacitivos;
- Ópticos;
- Indutivos; e a
- Fibra Óptica

23

- 5 – Capacitivos: Estes sensores permitem uma boa exatidão para medições, mas com faixa dinâmica reduzida. Outra desvantagem é sua sensibilidade a vibrações, umidade, e outros parâmetros.
- 10 – Ópticos: Estes sensores permitem uma boa exatidão e faixa de medição grande, em muitos casos os sinais que estes sensores fornecem são digitais. Estes sensores são extensivamente usados em máquinas ferramentas, mas eles devem ser protegidos do meio ambiente, especialmente de poeira. Em geral são soluções de alto custo e frágeis.
- 15 – Indutivos: Em algumas aplicações competem com os sensores ópticos em faixa de medição e exatidão. Além disso, sua grande vantagem com relação aos anteriores é sua capacidade de trabalhar em condições severas sem alterar seu desempenho. Na realidade, eles são insensíveis a partículas não magnéticas, umidade e vibrações.
- 20 – Fibra Óptica: Uma técnica de desenvolvimento mais recente é a que se baseia em fibras ópticas. Os sensores a fibra óptica apresentam simplicidade de construção e bom desempenho. Na realidade trata-se não de uma, mas de várias técnicas que possuem em comum o fato de se utilizarem fibras ópticas como guia da luz usada na medição.

25 Dentre as técnicas de sensoriamento que utilizam fibras ópticas estão as que se baseiam em Redes de Bragg (FBG), que até o momento ainda não vêm sendo aplicadas em sensores de posição. A fim de desenvolver um LVDT empregando FBG como elemento sensor, é determinado o estado da arte no que se refere a transdutores de posição LVDT em geral.

30 São conhecidas diversas técnicas de desenvolvimento para transdutores LVDT sendo a mais comum delas a que utiliza indução elétrica como princípio de funcionamento. Por ser a técnica predominante, apresenta-se a seguir seu princípio de funcionamento e algumas características típicas. São também apresentadas algumas possibilidades de medição empregando fibras ópticas.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**CERTIFICO, que a presente fotocópia, em número de uma,
Reproduz fielmente o documento arquivado neste Instituto**

Rio de Janeiro, 02 de Setembro 2005.



SHEILA KILINS GEHRT
Coordenadora Administrativa de Patentes
Mat: 449600 - DIRPA/CADPAT

A principal vantagem deste tipo de transdutor LVDT sobre outros tipos de transdutores de deslocamento é seu alto grau de robustez. Isto é derivado de seu princípio de funcionamento no qual não há contato físico com o elemento sensor, havendo assim desgaste zero deste elemento. Isto significa que os transdutores

5 LVDT podem ser feitos à prova de água e de forma adequada para as mais árduas aplicações.

Normalmente um transdutor LVDT deste tipo contém três bobinas, sendo uma de excitação (primário) e outras duas de captação (secundários). A primeira bobina é excitada com corrente alternada, normalmente na faixa de 1 kHz a 10 kHz com tensões entre 0,5 v a 10 v RMS. O enrolamento dos secundários é tal que quando um núcleo ferroso está posicionado na posição central as duas bobinas fornecem tensões da mesma amplitude, mas defasadas de π . O núcleo constitui a parte móvel do sistema de medição e está normalmente acoplado a uma haste não magnética que toca o ponto cujo deslocamento se deseja medir.

10
15 Vide a esse respeito o artigo por G. Duplain, C. Velleville, S.Bussiére e P.A.Bélangier: Absolute fiber-optic Linear Position and Displacement Sensor; 12th International Conference on Optical Fiber Sensors, Williamsburg, VA. 1997; pp 83 - 86.

Um outro tipo de transdutor de posição é aquele que utiliza fibra óptica.

20 Alguns fabricantes (Philtex, Fiso) têm desenvolvido transdutores de posição comercialmente, e também pesquisadores de universidades e laboratórios têm investigado diversos modelos.

25 Alguns transdutores se baseiam na intensidade luminosa enquanto outros são baseados em interferometria. Como já é sabido, a grande vantagem dos sensores e transdutores a fibra óptica é a ausência de sinais elétricos junto ao ponto de medição. Isto evita problemas de interferência eletromagnética, o que se torna crítico quando são requeridas longas distâncias, e torna os sensores a fibra óptica totalmente seguros em áreas com risco de explosões.

30 Apesar de todos os trabalhos anteriormente mencionados sobre LVDT, inclusive em fibra óptica, não foi encontrada nenhuma referência que seja baseada em FBG como elemento sensor. Considerando as vantagens de sensores baseados em FBG frente a outras possibilidades envolvendo fibras ópticas, busca-se uma forma de medição de posição que utilize esta tecnologia e,

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**CERTIFICO, que a presente fotocópia, em número de uma,
Reproduz fielmente o documento arquivado neste Instituto**

Rio de Janeiro, 02 de Setembro 2005.



SHEILA KILINS GEHRT
Coordenadora Administrativa de Patentes
Mat: 449600 - DIRPA/ CADPAT

simultaneamente, não exija contato direto entre o elemento móvel do transdutor e a FBG.

Por outro lado, pode ser encontrada no mercado uma infinidade de células de carga, baseadas em diferentes princípios de funcionamento. A maioria delas utiliza elementos sensores eletro-resistivos (extensômetros elétricos) convencionais. Ao que tudo indica, não se encontram, até o momento, células de carga fornecidas comercialmente que utilizem como princípio de medição sensores a fibra óptica.

A revista *Epsilonics* apresenta uma coletânea de artigos agrupados sob o título *Modern Strain Gage Transducers: Their Design and Construction*. Essa coletânea compreende os artigos de: October 1981, pp 5-7; March 1982, pp 5-6; July 1982, pp 6-8; December 1982, pp 5-7; April 1983, pp 5-7; August 1983, pp 6-7; December 1983, pp 7-9; April 1984, pp 5-7; October 1984, pp 6-11.

Nesta coletânea é apresentado um estudo detalhado referente ao desenho e construção de transdutores, enfatizando as células de carga. Este estudo descreve vários desenhos de células de carga para utilização com extensômetros elétricos convencionais (resistivos), bem como materiais para sua construção e as formas de instrumentá-las. São apresentadas as formas básicas de células de carga para diferentes usos: tração, compressão e cisalhamento, sob carregamentos estáticos ou dinâmicos.

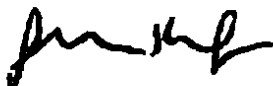
Outros autores como Bray A.; "The Role Of Stress Analysis In The Design Of Force-Standard Transducers," *Experimental Mechanics*, January 1981, pp 1-20 e Guindy S. S., "Force And Torque Measurement, A Technology Overview: Part I - Force," *Experimental Techniques*, June 1985, pp 28-33 e Guindy S. S., "Force And Torque Measurement, A Technology Overview: Part II - Torque," *Experimental Techniques*, July 1985, pp 9-15 entre outros, têm apresentado artigos e livros tratando amplamente das células de carga.

Assim, apesar dos desenvolvimentos existentes, a técnica ainda necessita de um transdutor de posição baseado no uso de uma célula de carga, instrumentada com sensores a rede de Bragg, dita célula medindo o deslocamento de uma mola utilizada na válvula tipo *sliding sleeve* do sistema de completação inteligente, a válvula sendo acionada por um sistema hidráulico ou

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**CERTIFICO, que a presente fotocópia, em número de uma,
Reproduz fielmente o documento arquivado neste Instituto**

Rio de Janeiro, 02 de Setembro 2005.



SHEILA KILINS GEHRT
Coordenadora Administrativa de Patentes
Mat: 449600 - DIRPA/ CADPAT

45

elétrico. Esta válvula descansa sobre uma mola, que trabalha sempre sob compressão, o que garante o retorno à sua posição de equilíbrio após cessada a ação do sistema de acionamento. O deslocamento (abertura ou fechamento) da válvula é monitorado a partir da força de restauração na mola medida pela célula de carga instrumentada com sensores a fibra óptica. Esse transdutor de posição é descrito e reivindicado no presente pedido.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

De um modo amplo, a invenção trata de um transdutor de posição a fibra óptica para válvula de controle de vazão em poços inteligentes, o transdutor compreendendo pelo menos duas células de carga instrumentadas com sensores a rede de Bragg, para medir o deslocamento da mola utilizada na válvula tipo *sliding sleeve*, rotativa ou *choke* do sistema de completação inteligente.

E o funcionamento do transdutor de posição descrito envolve prover uma célula de carga instrumentada com redes de Bragg no meio das superfícies interna vertical e horizontal da dita célula, acionar de modo hidráulico ou elétrico a válvula *sliding sleeve*, rotativa ou *choke* do sistema de completação de um poço de injeção ou produção e a mola sobre a qual repousa dita válvula, e monitorar o deslocamento (abertura ou fechamento) da válvula a partir da força de restauração na mola medida pela dita célula de carga instrumentada.

Assim, a invenção provê um transdutor de posição a fibra óptica para válvula de controle de vazão em poços inteligentes, o transdutor compreendendo uma célula de carga instrumentada com sensores a rede de Bragg.

A invenção provê ainda um transdutor de posição a fibra óptica para válvula de controle de vazão em poços inteligentes, o transdutor sendo capaz de quantificar um determinado deslocamento em função da deformação produzida na célula de carga óptica.

A invenção provê também o uso de uma célula de carga instrumentada com sensores a rede e Bragg para medir o deslocamento da mola utilizada na válvula tipo *sliding sleeve*, rotativa ou *choke*, do sistema de completação inteligente.

A invenção provê igualmente um transdutor de posição a fibra óptica para válvula de controle de vazão em poços inteligentes que permite monitorar em

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**CERTIFICO, que a presente fotocópia, em número de uma,
Reproduz fielmente o documento arquivado neste Instituto**

Rio de Janeiro, 02 de Setembro 2005.



SHEILA KILINS GEHRT
Coordenadora Administrativa de Patentes
Mat: 449600 - DIRPA/CADPAT

tempo real o percentual de abertura ou fechamento das válvulas de controle de vazão de produção e injeção em poços inteligentes.

5 A invenção provê ainda um transdutor de posição a fibra óptica para válvula de controle de vazão em poços inteligentes onde o monitoramento em tempo real do percentual de abertura ou fechamento das válvulas de controle de vazão é feito a partir da força de reação na mola medida pela célula de carga instrumentada com sensores a fibra óptica.

10 A invenção provê também um transdutor de posição a fibra óptica para válvula de controle de vazão em poços inteligentes que pode ser multiplexado a outros sensores de pressão, temperatura, vazão, posição, pH etc. em pontos específicos e através da mesma fibra óptica.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A FIGURA 1 anexa é uma vista esquemática de uma célula de carga para o transdutor da invenção.

15 A FIGURA 2 anexa é um diagrama esquemático das regiões de fixação das redes de Bragg na célula de carga.

A FIGURA 3A anexa é uma vista em perspectiva do transdutor da invenção com as células de carga.

A FIGURA 3B anexa é uma vista superior do transdutor.

20 A FIGURA 3C anexa é uma vista frontal do transdutor.

A FIGURA 4A anexa é um diagrama esquemático de uma modalidade de interligação das redes de Bragg na célula de carga.

A FIGURA 4B anexa é um diagrama esquemático de uma outra modalidade de interligação das redes de Bragg na célula de carga.

25 DESCRIÇÃO DETALHADA DA MODALIDADE PREFERIDA

Sob um aspecto, a invenção trata de um transdutor de posição a fibra óptica para válvula de controle de vazão em poços inteligentes, o transdutor compreendendo pelo menos duas células de carga instrumentadas com sensores a rede de Bragg para medir o deslocamento da mola utilizada na válvula tipo *sliding sleeve*, rotativa ou *choke* do sistema de completação inteligente.

30 O transdutor é capaz de quantificar um determinado deslocamento em função da deformação produzida na célula de carga óptica de modo que é

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**CERTIFICO, que a presente fotocópia, em número de uma,
Reproduz fielmente o documento arquivado neste Instituto**

Rio de Janeiro, 02 de Setembro 2005.



SHEILA KILINS GEHRT
Coordenadora Administrativa de Patentes
Mat: 449600 - DIRPA/ CADPAT

possível monitorar em tempo real o percentual de abertura ou fechamento das válvulas de controle de vazão de produção e injeção em poços inteligentes.

O transdutor de posição pode ser multiplexado a outros sensores de pressão, temperatura, vazão, posição, pH etc. em pontos específicos e através da mesma fibra óptica.

Conforme o conceito da invenção, a célula de carga instrumentada com sensores a rede de Bragg mede o deslocamento da mola utilizada na válvula tipo *sliding sleeve*, rotativa ou *choke* do sistema de completação inteligente. A válvula é acionada por um sistema hidráulico ou elétrico e descansa sobre uma mola, que trabalha sempre sob compressão, o que garante o retorno a sua posição de equilíbrio após cessada a ação do sistema hidráulico. O deslocamento, em termos de abertura ou fechamento da válvula, será monitorado a partir da força de restauração na mola medida pela célula de carga instrumentada.

De um modo geral a célula de carga a ser instrumentada com a fibra óptica contendo redes de Bragg é de formato quadrado, dotada de um furo central. O transdutor é formado por uma única peça usinada, com as células de carga e anéis de sustentação das mesmas. A fibra óptica contendo duas redes de Bragg é fixada em locais da célula de carga sujeitos a deformações de sinais opostos, correspondentes a tração e compressão. As redes de Bragg são fixadas nas paredes internas da célula de carga eqüidistantes de 90°.

O transdutor de posição utiliza pelo menos duas e até quatro ou mais células de carga (sensores) a fibra óptica contendo redes de Bragg eqüidistantes. O número máximo de células de carga depende do espaço anular disponível no transdutor. Em uma modalidade, as redes de Bragg estão fixadas em apenas uma célula de carga, no meio da superfície interna vertical e no meio da superfície interna horizontal da mesma. Após fixação, por qualquer dispositivo, das redes nas posições escolhidas, a fibra óptica contendo as redes de Bragg é conectada a um conector óptico.

Alternativamente, a fibra óptica contendo as redes de Bragg é inserida em duas ou três células de carga em série ou em paralelo, como mostrado a seguir nas Figuras 4A e 4B.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**CERTIFICO, que a presente fotocópia, em número de uma,
Reproduz fielmente o documento arquivado neste Instituto**

Rio de Janeiro, 02 de Setembro 2005.



SHEILA KILINS GEHRT
Coordenadora Administrativa de Patentes
Mat: 449600 - DIRPA/ CADPAT

Quanto ao funcionamento do transdutor, conforme já mencionado acima, a célula de carga instrumentada mede o deslocamento da mola utilizada na válvula tipo *sliding sleeve*, rotativa ou *choke* do sistema de completação inteligente. O atuador da válvula sofre a ação de duas forças em sentidos opostos: uma exercida pelo sistema hidráulico (ou elétrico) e outra pela reação da mola. Subentende-se que o movimento (abertura ou fechamento) do atuador da válvula é provocado propositalmente pela variação da pressão hidráulica exercida sobre ele, gerando o desequilíbrio de forças. Conseqüentemente, a mola irá se mover. A compressão ou relaxamento da mola irá provocar uma variação proporcional da intensidade da força de reação sobre a célula de carga óptica (sensor de posição), servindo como base para o cálculo da posição do atuador.

Sob um outro aspecto, a invenção trata de um transdutor de posição a fibra óptica para válvula de controle de vazão em poços inteligentes adaptado para ser colocado junto à válvula de controle de fluxo e constituído de uma célula de carga instrumentada com redes de Bragg e pelo menos mais uma e até três células de carga instrumentadas ou não. No caso de quatro células (10), elas estarão dispostas a 90° umas das outras.

A invenção será descrita a seguir em relação às Figuras anexas.

A Figura 1A ilustra uma vista esquemática da célula de carga (10) usada no transdutor da invenção, geralmente designado pelo numeral (100). A célula (10) é composta de um corpo quadrangular (11) com um furo circular (12) na região central e um furo (13a) numa das laterais do corpo (11), dito furo sendo destinado à passagem da fibra óptica (não representada) contendo as redes de Bragg, a ser fixada nas regiões determinadas. O furo (13a) é tangente à superfície do furo (12) do corpo (11). Pinos (14a, 14b) são encarregados de transmitir a carga ao corpo (11).

A Figura 1B ilustra uma vista esquemática de uma configuração alternativa da célula de carga (10) dotada de furos (13a) de entrada da fibra óptica e 13(b) de saída da fibra óptica, dito furo de saída estando em posição defasada em relação à região central da célula de carga (10).

A Figura 2 ilustra as posições dos sensores a rede de Bragg no corpo (11) da célula de carga (10), esses sensores sendo destinados a medir deformação.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**CERTIFICO, que a presente fotocópia, em número de uma,
Reproduz fielmente o documento arquivado neste Instituto**

Rio de Janeiro, 02 de Setembro 2005.



SHEILA KILINS GEHRT
Coordenadora Administrativa de Patentes
Mat: 449600 - DIRPA/ CADPAT

Conforme ilustrado na Figura 2, as redes de Bragg podem ser afixadas nas posições "a" (interna, à direita e esquerda na parte central do furo (13), "c" (externa, à direita e esquerda na parte vertical do corpo (11)) e "b", na região de um pino (14a/14b). Não é possível afixar uma rede de Bragg na outra posição "b" devido à presença do furo (13) destinado à passagem da fibra óptica (não representada).

Uma configuração possível é fixar uma rede de Bragg na posição "c" externa e outra rede de Bragg na posição "a" interna do corpo (11) da célula (10).

Quando o transdutor é carregado sob compressão, o comprimento de onda central da rede fixada em "c" deve aumentar, então o comprimento de onda do segundo sensor deverá se mover em direção oposta à do primeiro quando o transdutor de posição for carregado compressivamente pela mola. A diferença entre os dois comprimentos de onda ($\Delta\lambda$) será o parâmetro de interesse nas relações deformação-deslocamento..

A Figura 3A mostra uma vista em perspectiva do transdutor (100) de posição com a célula de carga (10). O transdutor (100) é constituído de uma única peça usinada, com pelo menos duas células de carga (10) que são sustentadas por anéis (20a;20b). As dimensões do transdutor (100) são tais que permitem a inserção do mesmo no espaço anular de uma válvula tipo *sliding sleeve* de um sistema de produção de petróleo.

A Figura 3B mostra que o transdutor (100) é construído de tal modo a não apresentar arestas. Isto é devido à necessidade de inserção do transdutor em um espaço anular em uma válvula *sliding sleeve*.

A Figura 3C é uma vista frontal do transdutor (100), com a célula de carga (10) e os anéis (20a,20b).

A Figura 4A ilustra de modo esquemático uma modalidade de interligação das redes de Bragg em células de carga (10) conectadas em série. Nessa modalidade o corpo (11) da célula (10) contém mais um furo (13b) por onde a fibra óptica contendo redes de Bragg que entrou pelo furo (13a) é fixada na posição interna "a" e na posição interna "b" da dita célula e pode deixar o corpo (11) da célula (10) através do furo (13b), e continuar o trajeto em direção ao corpo

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**CERTIFICO, que a presente fotocópia, em número de uma,
Reproduz fielmente o documento arquivado neste Instituto**

Rio de Janeiro, 02 de Setembro 2005.



SHEILA KILINS GEHRT
Coordenadora Administrativa de Patentes
Mat: 449600 - DIRPA/ CADPAT

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**CERTIFICO, que a presente fotocópia, em número de uma,
Reproduz fielmente o documento arquivado neste Instituto**

Rio de Janeiro, 02 de Setembro 2005.



SHEILA KILINS GEHRT
Coordenadora Administrativa de Patentes
Mat: 449600 - DIRPA/ CADPAT

REIVINDICAÇÕES

1. Transdutor de posição a fibra óptica para válvula de controle de vazão em poços inteligentes, caracterizado por que compreende uma única peça usinada, incluindo

5 a) pelo menos duas células de carga (10) onde pelo menos uma das ditas células (10) é instrumentada com uma fibra óptica contendo redes de Bragg;

b) anéis (20a,20b) de sustentação das ditas células de carga (10), e onde:

10 a instrumentação a rede de Bragg é destinada a medir o deslocamento, em termos de abertura ou fechamento da válvula, da mola utilizada na válvula tipo *sliding sleeve*, rotativa ou *choke* do sistema de completação inteligente em função da deformação produzida na célula (10) de modo a monitorar em tempo real o percentual de abertura ou fechamento das válvulas de controle de vazão de produção e injeção em poços inteligentes.

15 2. Transdutor de posição de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que dito deslocamento é monitorado a partir da força de restauração na mola medida pela célula de carga (10) instrumentada.

20 3. Transdutor de posição de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que compreende três células de carga (10) onde pelo menos uma é instrumentada com redes de Bragg.

4. Transdutor de posição de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que compreende quatro células de carga (10) onde pelo menos uma é instrumentada com redes de Bragg.

25 5. Transdutor de posição de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que o número de células de carga (10) é o máximo permitido pelo espaço anular.

30 6. Transdutor de posição de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que a célula de carga (10) é composta de um corpo quadrangular (11) com um furo circular (12) na região central e um furo (13a) numa das laterais do corpo (11), dito furo sendo destinado à entrada e passagem da fibra óptica (14) contendo as redes de Bragg.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**CERTIFICO, que a presente fotocópia, em número de uma,
Reproduz fielmente o documento arquivado neste Instituto**

Rio de Janeiro, 02 de Setembro 2005.



SHEILA KILINS GEHRT
Coordenadora Administrativa de Patentes
Mat: 449600 - DIRPA/CADPAT

7. Transdutor de posição de acordo com a reivindicação 6, caracterizado por que alternativamente a célula de carga (10) é também dotada de um furo de saída (13b) da fibra óptica (14).
8. Transdutor de posição de acordo com a reivindicação 7, caracterizado por que o furo (13a/13b) é tangente à superfície do furo (12) do corpo (11).
9. Transdutor de posição de acordo com a reivindicação 7, caracterizado por que o furo (13b) é defasado em relação ao furo (13a).
10. Transdutor de posição de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que pinos (14a, 14b) são destinados de transmitir carga ao corpo (11).
11. Transdutor de posição de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que a fibra óptica (14) contendo as redes de Bragg é inserida em duas ou três células de carga (10) colocadas em série.
12. Transdutor de posição de acordo com a reivindicação 11, caracterizado por que a fibra óptica contendo redes de Bragg que entrou pelo furo (13a) é fixada na posição "a" e na posição "b" e deixa o corpo (11) da célula (10) através do furo (13b), e continua o trajeto em direção ao corpo (11) de uma outra célula de carga (10), onde entra através de um furo (13b) e sai por um furo oposto (13a), entrando em um terceiro corpo (11) de uma célula (10) via um furo (13a) e saindo por um furo (13b) para se conectar a um outro sensor de mesma tecnologia ou de tecnologia diferente.
13. Transdutor de posição de acordo com a reivindicação 11, caracterizado por que alternativamente a fibra óptica contendo redes de Bragg que entrou pelo furo (13a) deixa o corpo (11) da célula (10) através do furo (13b), é fixada na posição externa "c" e continua o trajeto em direção ao corpo (11) de uma outra célula de carga (10), onde entra através de um furo (13b) e sai por um furo oposto (13a), entrando em um terceiro corpo (11) de uma célula (10) via um furo (13a) e saindo por um furo (13b) para se conectar a um outro sensor de mesma tecnologia ou de tecnologia diferente.
14. Transdutor de posição de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que a fibra óptica (14) contendo as redes de Bragg é inserida em duas ou três células de carga (10) colocadas em paralelo.
15. Transdutor de posição de acordo com a reivindicação 14, caracterizado por que uma fibra óptica (14a) contendo redes de Bragg e ligada a um acoplador

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**CERTIFICO, que a presente fotocópia, em número de uma,
Reproduz fielmente o documento arquivado neste Instituto**

Rio de Janeiro, 02 de Setembro 2005.



SHEILA KILINS GEHRT
Coordenadora Administrativa de Patentes
Mat: 449600 - DIRPA/ CADPAT

(15) entra pelo furo (13) do corpo (11) da célula (10), é afixada na posição interna "a" e na posição interna "b" da dita célula, e de modo análogo, outras duas fibras ópticas (14b,14c) contendo redes de Bragg e conectadas ao mesmo acoplador (15) são afixadas nas mesmas posições respectivas do corpo (11) de ditas células de carga (10).

16. Transdutor de posição de acordo com a reivindicação 15, caracterizado por que alternativamente mais uma rede de Bragg da mesma fibra óptica (14) é fixada na posição "a" frontal à posição "a" onde já está fixada uma rede de Bragg.

17. Transdutor de posição de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que as redes de Bragg são fixadas nas posições "a" (interna, à direita e esquerda na parte central do furo (13a), "c" (externa, à direita e esquerda na parte vertical do corpo (11)) e "b", na região de um pino (14b).

18. Transdutor de posição de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que alternativamente uma rede de Bragg é fixada na posição "c" externa e outra rede de Bragg na posição "a" interna do corpo (11) da célula (10).

19. Transdutor de posição de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que a fibra óptica (14) contendo duas redes de Bragg é fixada em locais da célula de carga (10) sujeitos a deformações de sinais opostos, correspondentes a tração e compressão.

20. Transdutor de posição de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que é construído com dimensões e geometria tais de modo a não apresentar arestas e permitir a inserção do mesmo no espaço anular de uma válvula tipo *sliding sleeve* de um sistema de produção de petróleo.

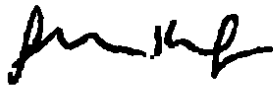
21. Transdutor de posição de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que permite monitorar em tempo real o percentual de abertura ou fechamento das válvulas de controle de vazão de produção e injeção em poços inteligentes a partir da força de reação na mola medida pela célula de carga (10) instrumentada com sensores de fibra óptica a redes de Bragg (FBG).

22. Transdutor de posição de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por ser multiplexado a outros sensores para outros parâmetros físicos em pontos específicos e através da mesma fibra óptica.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**CERTIFICO, que a presente fotocópia, em número de uma,
Reproduz fielmente o documento arquivado neste Instituto**

Rio de Janeiro, 02 de Setembro 2005.



SHEILA KILINS GEHRT
Coordenadora Administrativa de Patentes
Mat: 449600 - DIRPA/ CADPAT

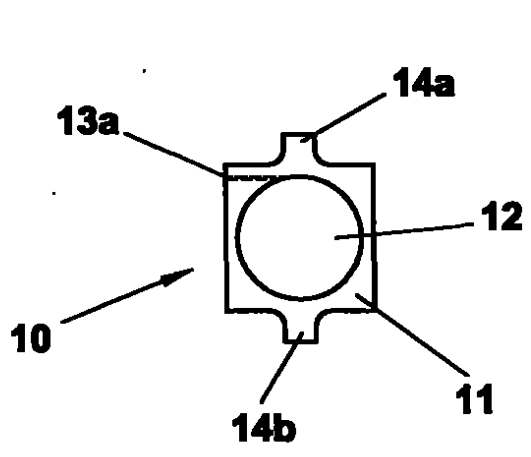


FIG. 1A

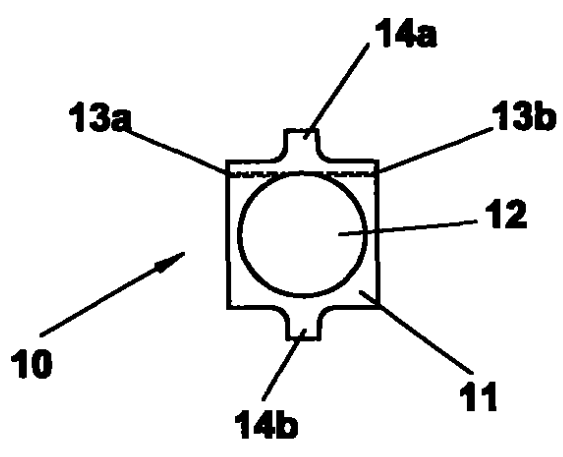


FIG. 1B

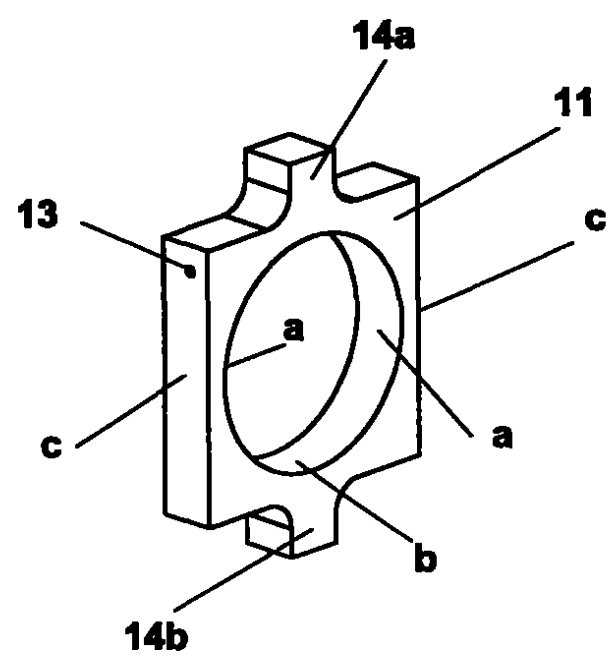


FIG. 2

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**CERTIFICO, que a presente fotocópia, em número de uma,
Reproduz fielmente o documento arquivado neste Instituto**

Rio de Janeiro, 02 de Setembro 2005.



SHEILA KILINS GEHRT
Coordenadora Administrativa de Patentes
Mat: 449600 - DIRPA/ CADPAT

55

26

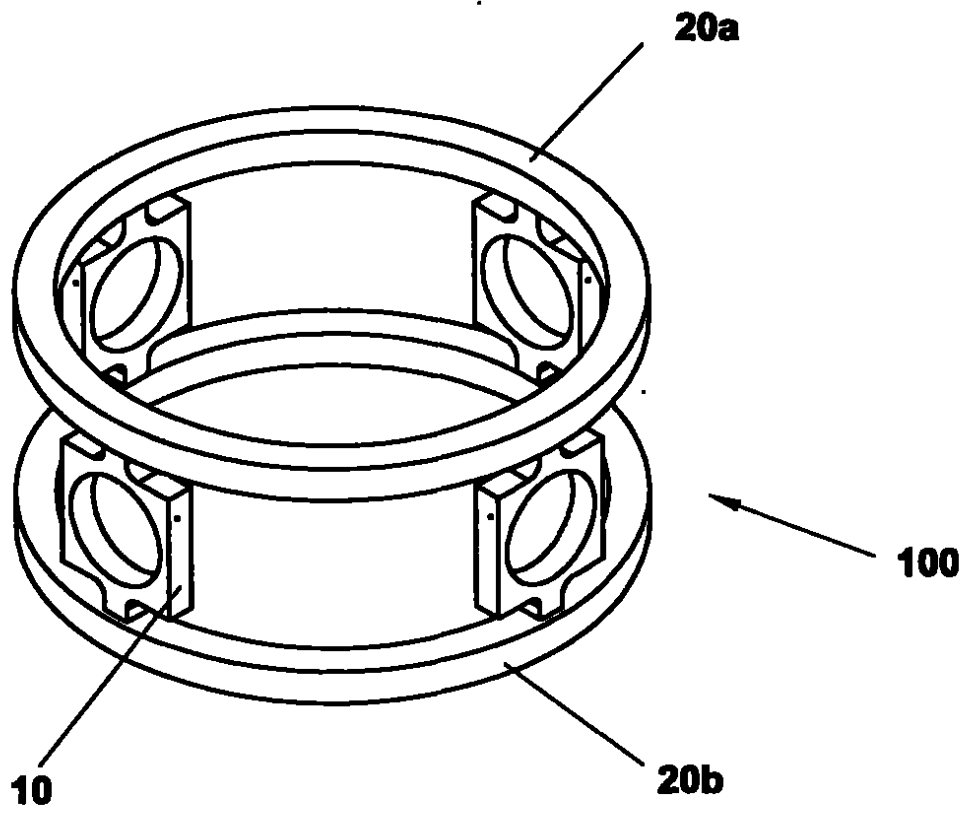


FIG. 3A

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**CERTIFICO, que a presente fotocópia, em número de uma,
Reproduz fielmente o documento arquivado neste Instituto**

Rio de Janeiro, 02 de Setembro 2005.



SHEILA KILINS GEHRT
Coordenadora Administrativa de Patentes
Mat: 449600 - DIRPA/ CADPAT

~~24~~

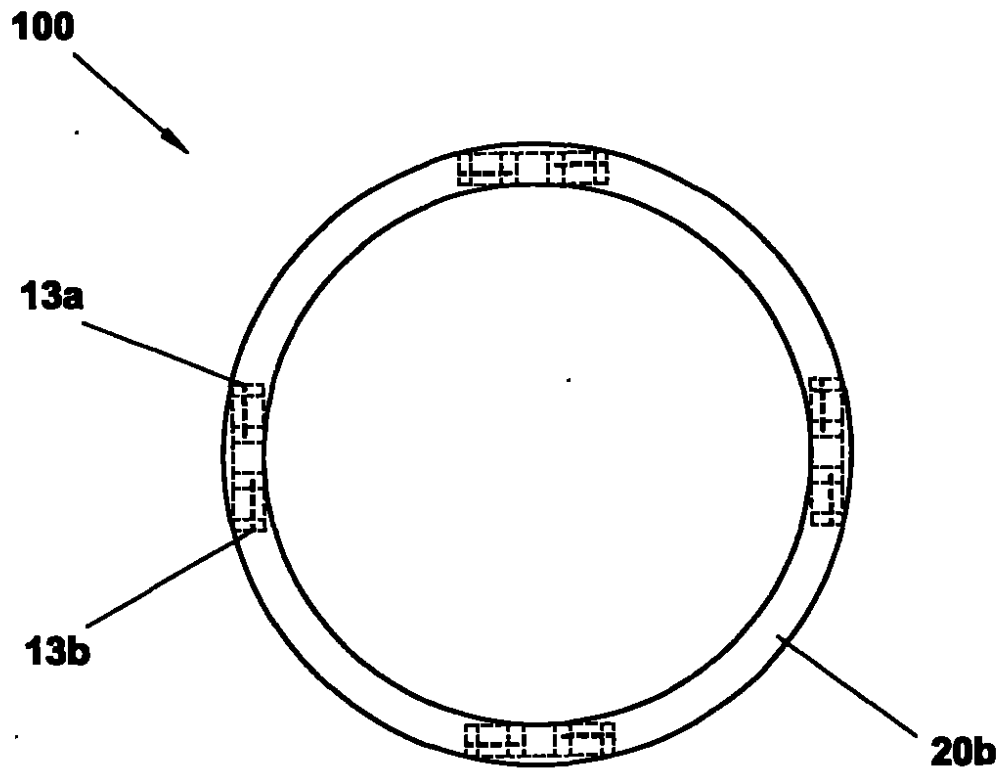


FIG. 3B

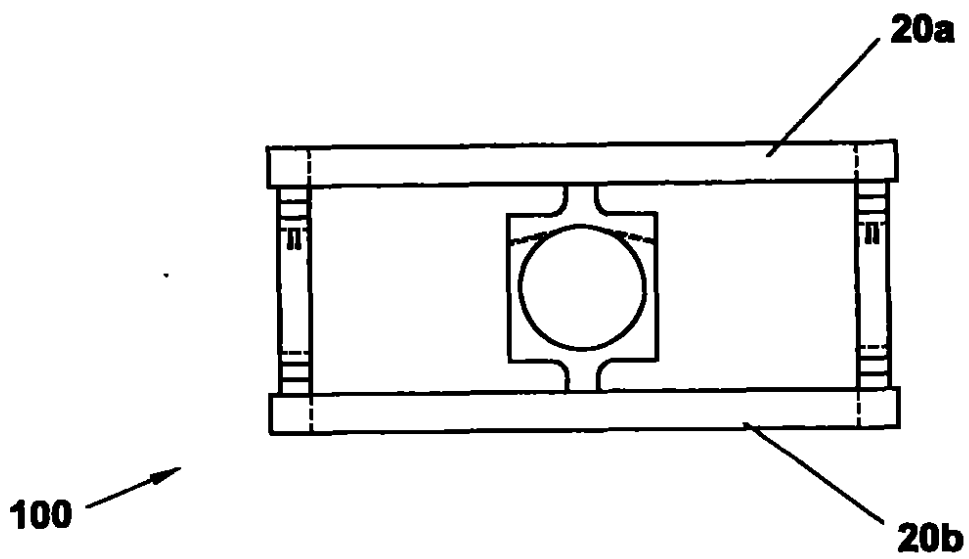


FIG. 3C

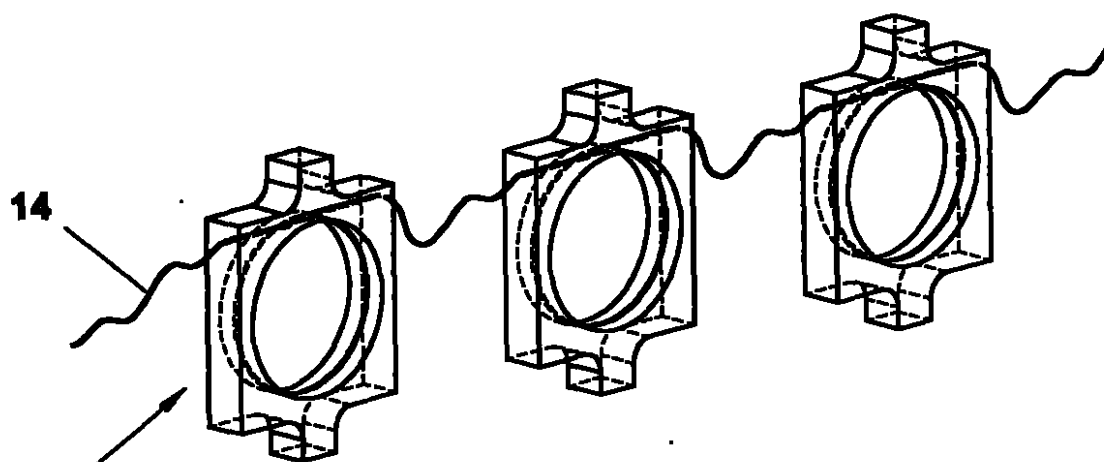
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**CERTIFICO, que a presente fotocópia, em número de uma,
Reproduz fielmente o documento arquivado neste Instituto**

Rio de janeiro, 02 de Setembro 2005.



SHEILA KILINS GEHRT
Coordenadora Administrativa de Patentes
Mat: 449600 - DIRPA/ CADPAT



28

FIG. 4A

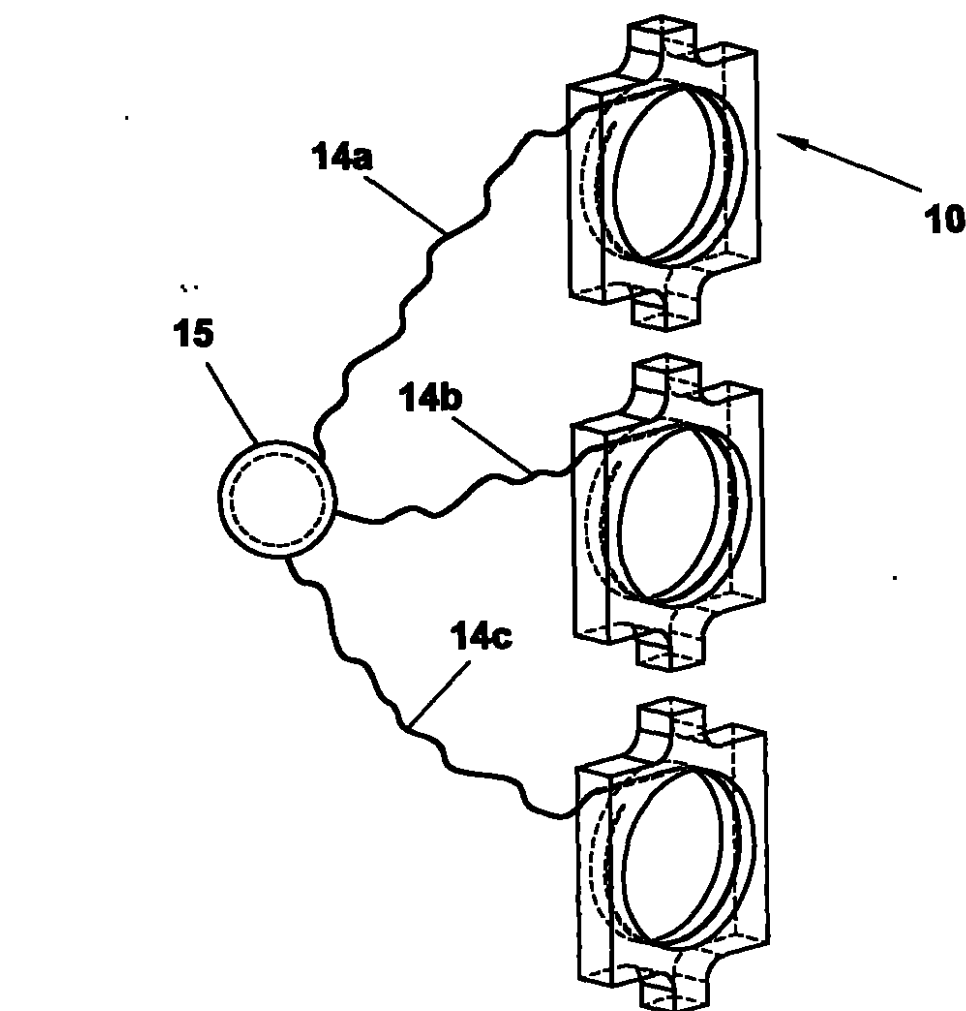


FIG. 4B

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**CERTIFICO, que a presente fotocópia, em número de uma,
Reproduz fielmente o documento arquivado neste Instituto**

Rio de Janeiro, 02 de Setembro 2005.



SHEILA KILINS GEHRT
Coordenadora Administrativa de Patentes
Mat: 449600 - DIRPA/ CADPAT

26

58

29

RESUMO

TRANSDUTOR DE POSIÇÃO A FIBRA ÓPTICA PARA VÁLVULA DE CONTROLE DE VAZÃO EM POÇOS INTELIGENTES

É descrito um transdutor de posição (100) a fibra óptica para válvula de
5 controle de vazão em poços inteligentes, que compreende pelo menos duas
células de carga (10) instrumentadas com sensores a redes de Bragg (FBG) e
sustentadas por anéis (20a, 20b). A célula (10) é formada de um corpo
quadrangular (11), dotada de orifício central (12) e orifício (13a/13b) para
entrada/saída e passagem de uma fibra óptica (14) e pinos (14a, 14b). A dita
10 célula (10) mede o deslocamento de uma mola utilizada na válvula tipo *sliding
sleeve*, rotativa ou *choke* do sistema de completação inteligente, o deslocamento
(abertura ou fechamento) da válvula sendo monitorado a partir da força de
restauração na mola medida pela célula de carga (10) instrumentada. O
transdutor (100) é construído com dimensões e geometria tais de modo a não
15 apresentar arestas e permitir a inserção do mesmo no espaço anular de uma
válvula tipo *sliding sleeve*, rotativa ou *choke* de um sistema de produção de
petróleo. Além disso, a construção do transdutor (100) é tal que permite que seja
multiplexado a outros tipos de sensores de poço, através da mesma fibra óptica.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**CERTIFICO, que a presente fotocópia, em número de uma,
Reproduz fielmente o documento arquivado neste Instituto**

Rio de Janeiro, 02 de Setembro 2005.



SHEILA KILINS GEHRT
Coordenadora Administrativa de Patentes
Mat: 449600 - DIRPA/ CADPAT

ESCUDO

REPUBLICA FEDERAL DEL BRASIL
MINISTERIO DE LA INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO
INSTITUTO NACIONAL DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

COPIA OFICIAL
PARA EFECTO DE REIVINDICACION DE PRIORIDAD

El documento anexo es una fiel copia de una solicitud de
Patente de Invención regularmente depositado en el
Instituto Nacional de la Propiedad Industrial, bajo el
número PI 0404127-5 Del 29/09/2004.

Rio de Janeiro, 02 de Septiembre de 2005.

Firmado:(Oscar Paulo Bueno)

Jefe de SEPDOC

Matricula 00449117

HAY UN SELLO EN RELIEVE

REIVINDICACIONES

1. Transductor de posición a fibra óptica para válvula de control de caudal a fibra óptica para válvula de control de caudal en pozos inteligentes, caracterizado porque comprende una pieza, fabricada o industrializada, incluyendo
 - 5 a) Por lo menos dos células de carga (10) donde por lo menos una de las referidas células (10) está instrumentada con una fibra óptica conteniendo redes de Bragg;
 - b) anillos (20a,20b) de sustentación de las referidas células de carga (10), y donde:
- 10 la instrumentación de la red de Bragg está destinada a medir el desplazamiento, en términos de abertura o cierre de la válvula, del resorte utilizad en la válvula tipo *sliding sleeve*, rotativa o *choke* del sistema de completación inteligente en función de la deformación producida en la célula (10) de modo a monitorear en tiempo real el porcentaje de abertura o cierre de
 - 15 las válvulas de control de caudal de producción e inyección en pozos inteligentes.
2. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque dicho desplazamiento se monitorea a partir de la fuerza de restauración en el resorte medido por la célula de carga (10)
 - 20 instrumentada.
3. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque comprende tres células de carga (10) donde por lo menos una se instrumenta con redes de Bragg.
4. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado
 - 25 porque comprende cuatro células de carga (10) donde por lo menos una se instrumenta con redes de Bragg.
5. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el número de células de carga (10) es el máximo permitido por el espacio anular.
- 30 6. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la célula de carga (10) está compuesta de un cuerpo cuadrangular (11) con un orificio circular (12) en la región central y un agujero (13a) en

una de las laterales del cuerpo (11), dicho agujero está destinado a la entrada y pasaje de la fibra óptica (14) que contiene las redes de Bragg.

- 5 7. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado porque alternativamente la célula de carga (10) está también dotada de un agujero de salida (13b) de la fibra óptica (14).
8. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado porque el agujero (13a/13b) es tangente a la superficie del agujero (12) del cuerpo (11).
- 10 9. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado porque el agujero (13b) está desfasado con relación al agujero (13a).
10. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque los pivotes (14a, 14b) se destinan a transmitir carga al cuerpo (11).
11. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la fibra óptica (14) que contiene las redes de Bragg está insertada en dos o tres células de carga (10) colocadas en serie.
- 15 12. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado porque la fibra óptica que contiene redes de Bragg que entró por el agujero (13a) está fija en la posición "a" y en la posición "b" y deja el cuerpo (11) de la célula (10) a través del agujero (13b), y continúa el trayecto en dirección al cuerpo (11) de otra célula de carga (10), donde entra a través de un agujero (13b) y sale por un agujero opuesto (13a), entrando en un tercer cuerpo (11) de una célula (10) a través de un agujero (13a) y saliendo por un agujero (13b) para conectarse a otro sensor de la misma tecnología o de tecnología diferente.
- 20 13. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado porque alternativamente la fibra óptica conteniendo redes de Bragg que entró por el agujero (13a) deja el cuerpo (11) de la célula (10) a través del agujero (13b), se fija en la posición externa "c" y continúa el trayecto en dirección al cuerpo (11) de otra célula de carga (10), donde entra a través de un agujero (13b) y sale por un agujero opuesto (13a), entrando en un tercer cuerpo (11) de una célula (10) a través de un agujero (13a) y saliendo por un agujero (13b) para conectarse a otro sensor de la misma tecnología o de tecnología diferente.
- 25 30

14. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la fibra óptica (14) que contiene las redes de Bragg está insertada en dos o tres células de carga (10) colocadas en paralelo.
- 5 15. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 14, caracterizado porque una fibra óptica (14a) conteniendo redes de Bragg está ligada a un acoplador (15) entra por el agujero (13) del cuerpo (11) de la célula (10), se fija en la posición interna "a" y en la posición interna "b" de la referida célula, y de modo análogo, otras dos fibras ópticas (14b,14c) conteniendo redes de Bragg y conectadas al mismo acoplador (15) se fijan en las mismas
- 10 posiciones respectivas del cuerpo (11) de dichas células de carga (10).
16. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 15, caracterizado porque alternativamente más de una red de Bragg de la misma fibra óptica (14) se fija en la posición "a" frontal a la posición "a" donde ya se encuentra fijada una red de Bragg.
- 15 17. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque las redes de Bragg están fijadas en las posiciones "a" (interna, a la derecha e izquierda en la parte central del agujero (13a), "c" (externa, a la derecha e izquierda en la parte vertical del cuerpo (11)) y "b", en la región de un pivote (14b).
- 20 18. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque alternativamente una red de Bragg está fijada en la posición "c" externa y otra red de Bragg en la posición "a" interna del cuerpo (11) de la célula (10).
- 25 19. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la fibra óptica (14) conteniendo dos redes de Bragg está fijada en lugares de la célula de carga (10) sujetos a deformaciones de señales apuestos, correspondientes a tracción y compresión.
- 30 20. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque está construido con dimensiones y geometría tales de manera de no presentar aristas y permitir la inserción del mismo en el espacio anular de una válvula tipo *sliding sleeve* de un sistema de producción de petróleo.
21. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque permite monitorear en tiempo real el porcentaje de abertura o cierre

de las válvulas de control de caudal de producción e inyección en pozos inteligentes a partir de la fuerza de reacción en el resorte medida por la célula de carga (10) instrumentada con sensores de fibra óptica a redes de Bragg (FBG).

- 5 22. Transductor de posición de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por ser multiplexado a otros sensores para otros parámetros físicos en puntos específicos y a través de la misma fibra óptica.

Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA		SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO DIVISION DE NUEVAS CREACIONES EXTRACTO PARA PUBLICACIÓN SOLICITUD DE PATENTE DE INVENCION	
(21) N° de solicitud:		(51) Int Cl: F15B 5/00	
22) Fecha de solicitud:		(71) Solicitante(s) PETROLEO BRASILEIRO S.A.- PETROBRAS	
(30) Prioridad	(31) No. Prioridad PI 0404127-5	(32) Fecha 29/08/04	(33) País BR
		(72) Inventor(es) Jose Luiz ARIAS VIDAL Manoel Feliciano DA SILVA JUNIOR Ricardo MUNOZ FREITAS Arthur Martins BARBOSA BRAGA Luiz Carlos GUEDES VALENTE Roberth Waldo ANGULO LLERENA	
		(74) Apoderado: EMILIO FERRERO	
(54) Título: TRANSDUCTOR DE POSICION A FIBRA OPTICA PARA VALVULA DE CONTROL DE CAUDAL EN POZOS INTELIGENTES			

Reivindicaciones

1. Transductor de presión a fibra óptica para válvula de control de caudal en pozos inteligentes, caracterizado porque comprende una pieza, fabricada o industrializada, incluyendo
- a) Por lo menos dos células de carga (10) donde por lo menos una de las referidas células (10) está instrumentada con fibra óptica conteniendo redes de Bragg;
 - b) Anillos (20^a, 20^b) de sustentación de las referidas células de carga (10), y donde:

La instrumentación de la red Bragg está destinada a medir el desplazamiento, en términos de abertura o cierre de la válvula, del resorte utilizado en la válvula tipo sliding sleeve, rotativa o choke del sistema de complementación inteligente en función de la deformación producida en la célula (10) de modo a monitorear en tiempo real el porcentaje de abertura o cierre de las válvulas de control de caudal de producción de Inyección en pozos inteligentes.

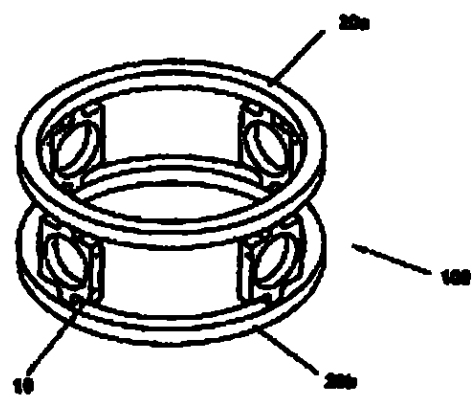


FIG. 3A



FORMATO DE DIGITALIZACI N
RELACION DE ANEXOS



Royal
Technologies S.A.
Servicio de Digitalizaci3n de Documentos

65

Expediente No		No de Follo
05098939.		
No de unidades		✓
1	CD	
2	DVD	
3	REVISTA	
4	LIBRO	
5	PERIODICO	
6	DISQUETES	
7	SOBRE DE MANILA	
8	SOBRE BLANCO TAMANO CARTA	
9	SOBRE BLANCO TAMANO OFICIO	✓
10	OTROS:	
Observaciones: alte final		

66
SUPERINTENDENCIA Y COMERCIO
Clasificación : 05090339 00000000 Foliros: 67
Fecha (FMD): 2005-07-29 17:35:27
Tramite : 002 PATENTES 0 1 REGISTRO/ 411 PATENTE
Dependencia: 2020 DIVISION DE MARCAS CREACIONES

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 900176089-2

RECIBO OFICIAL DE CAJA : 05 - 53,242
FECHA : JULIO 18 DE 2005

***** CONSIGNACION *****

DEPOSITANTE	TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	Vr. PAGO
CAVELIER ABOGADOS	CONSIGNACION	BANCO POPULAR	050-00110-6	31589394	18/07/2005	53,445.000.00

***** CONCEPTO *****

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	TOTAL CONCEPTO
1	50005-01-01	SOLICITUDES	
		02 INVOCACION DE UNA PRIORIDAD EN NU	124,000.00
		TOTAL :	\$ 124,000.00

SON: CIENTO VEINTICUATRO MIL PESOS

RESPONSABLE : 

RECIBO DE CAJA APLICADO AL EXPEDIENTE No. _____

060 00795-801-027-9

~~SECRET~~ ~~CONFIDENTIAL~~

Radicación : 86098339 86098339 Folios: 67
Fecha (MM): 2005-09-29 17:25:37
Tramite : 002 PREVENIO D 1 REINSTRUM 411 PRESENTAL
Dependencia: 2000 DIVISION DE PLANEACION

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

MIT : 800174089-2

RECIBO OFICIAL DE CAJA : 05 - 72,312
FECHA : SEPTIEMBRE 19 DE 2005

CONSIGNACION

DEPOSITANTE	TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PGO	Vr. PAGO
CAVELIER ABOGADOS	CONSIGNACION	BANCO POPULAR	050-00110-6	31556011	19/09/2005	33,981,560.00

***** C O N C E P T D *****

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	TOTAL CONCEPTO
1	50005-01-01	SOLICITUDES	
		1	TRAMITES DE SOL. DE PATENTE DE IM
			443,000.00
		TOTAL :	\$ 443,000.00

SON: CUATROCIENTOS CUARENTA Y TRES MIL PESOS

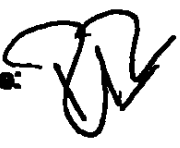
RESPONSABLE :

RECIBO DE CAJA APLICADO AL EXPEDIENTE N°.

Colo 00795-801-027-9

**REQUISITOS NECESARIOS PARA PRESENTACION Y AGILIZACION DEL
TRAMITE**

		USUARIO	RADICADOR
PATENTE DE INVENCION	MODELO DE UTILIDAD	()	()
- Indicación de que se solicita la concesión de una patente.		()	()
- Datos de identificación del solicitante o de la persona que se presenta la solicitud.		()	()
- Descripción de la invención.		()	()
- Dibujos de ser estos pertinentes.		()	()
- Comprobante de Pago de las tasas establecidas.		()	()
COMPLETA ()	INCOMPLETA ()	()	()
DISEÑO INDUSTRIAL ()			
- Indicación de que se solicita el registro de Diseño Industrial		()	()
- Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud.		()	()
- Representación gráfica o 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 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 de trazado		()	()
- Comprobante de pago de las tasas establecidas.		()	()
COMPLETA ()	INCOMPLETA ()	()	()

Firma Responsable: 

Fecha:

69

REPUBLICA DE COLOMBIA
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

Bogotá,
2020

Doctor(a)
FERRERO EMILIO
Apoderado(a) y/o Representante de
PETROLEO BRASILEIRO S.A PETROBRAS

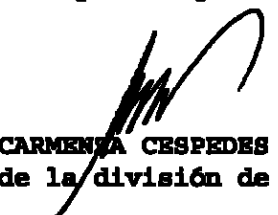
REFERENCIA	Radicación No. 5 98939
	Trámite 2
	Evento 1
	Actuación 430
	Oficio N.º 9955

Como resultado del examen de forma, realizado con fundamento en el artículo 38 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, se le comunica que:

1. Debe allegar copia del documento en que consta la cesión del derecho a la patente otorgado por el(los) inventor(s) al(los) solicitante(s) o a su(s) causante(s) (art. 26-k, Dec 486/2000).
2. Para efectos de la publicación en la gaceta se recomienda allegar el extracto diligenciado.

En cumplimiento del artículo 39 de la Decisión 486, se le requiere para que dentro del término de dos (2) meses siguientes a la fecha de notificación del presente oficio, complete los requisitos anteriormente enunciados. En caso de no dar cumplimiento al presente requerimiento, la solicitud se considerará abandonada y perderá su prelación.

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


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

El anterior requerimiento fue notificado por fijación en lista de
fecha 27 OCT. 2005
adpal