

Señores

DIVISION DE NUEVAS CREACIONES

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y CO

Santafé de Bogotá, D.C.

SUPERINDUSTRIA Y COMERCIO

Radicación : 0067783 00000002

Folios: 36

Fecha (AMD): 2000-10-24 10:50:19

Trámite : 002 PATENTES D 1 REGISTRO/ 444 REPUESTA

Dependencia: 2000 DIVISION DE NUEVAS CREACIONES

02-01-444-

Re.: Expediente No. 00 - 67.783

Solicitud de Patente

En relación con la última providencia recaída en este expediente, le manifiesto lo siguiente:

- 1.- La copia oficial de la solicitud de patente básica estadounidense No. 09/393.559, debidamente traducida, ya fué acompañada con mi escrito del 28 de Septiembre del 2000.
- 2.- Acompaño el arte final por triplicado.
- 3.- Se acompaña la descripción, reivindicaciones, resumen y dibujos en papel tamaño oficio.
- 4.- Nuevamente debo manifestar mi inconformidad ante el hecho de que el Señor Examinador no precisa cuales son los errores de transcripción, redacción y/o traducción que aparecen, según él, en el texto presentado.

No me explico cómo pueda calificarse una materia de manera

tan vaga e imprecisa !

Por ello y actuando por puro radar, le comento

- Donde se encuentre la unidad "ohmio-m", debe entenderse como "ohmio-metro", p.ej., 0,2 ohmio-m debe leerse como 0,2 ohmio-metro;
- Las unidades de las páginas 8, 9, 13 y 14 fueron cambiadas a sistema métrico;
- Es indistinto hablar de "pozo de sondeo" que de "agujero de sondeo"

- 5.- Se adicionó la reivindicación 11 y las 12 a 19 se redefinieron de acuerdo al encabezamiento de la reivindicación 11.

Este aparato de las reivindicaciones 12 a 19 corresponde a un computador y un dispositivo de almacenamiento según las figuras. Los medios reclamados en la reivindicación corresponden con las entradas/salidas del computador y su capacidad de resolución, que se describen y definen en la modificación introducida en la reivindicación 11.

- 6.- Se acompaña nuevo extracto.

Le solicito darle trámite a esta petición.

Página No. 3

Expediente No. 00 - 67.783

De Ustedes atentamente,

GERMAN CASTILLO GRAU

T.P. No. 2978 del C.S.J.

Expediente No		00 067 783	No de Folio
Item		No de unidades	
1	CD		
2	DVD		
3	REVISTA		
4	LIBRO		
5	PERIODICO		
6	DISQUETES		
7	SOBRE DE MANILA		
8	SOBRE BLANCO TAMAÑO CARTA		
9	SOBRE BLANCO TAMAÑO OFICIO	4	
10	OTROS:		

Observaciones:
 arch final

93

SISTEMA Y MÉTODO PARA DETERMINAR UNA CARACTERÍSTICA DE UNA FORMACIÓN TERRESTRE Y/O DE UN POZO DE SONDEO QUE ATRAVIESA LA FORMACIÓN

1. ANTECEDENTES DE LA INVENCION

1.1 Campo de la invención

Esta invención se relaciona generalmente a un método y aparato para medir un pozo de sondeo y las formaciones terrestres circundantes y, en forma más particular, a una técnica para calcular el diámetro de un pozo de sondeo y/o la resistividad de la formación a partir de mediciones electromagnéticas ("EM") obtenidas con una herramienta para pozos. La invención es de aplicación general en el campo de los registros de pozos, pero es particularmente útil para medir durante la perforación.

1.2 Descripción de la tecnología asociada

Para mejorar las operaciones de perforación y producción de petróleo y gas, es necesario recopilar la mayor cantidad de información posible acerca de las propiedades de la formación subterránea y del medio ambiente en el cual se realiza la perforación. Dichas propiedades incluyen características de las formaciones terrestres atravesadas por un pozo de sondeo, además de datos acerca del tamaño y configuración del pozo de sondeo mismo. Entre las características de la formación terrestre de interés para los perforadores y petrofísicos está la resistividad de la roca o los estratos que rodean al pozo de sondeo. Sin embargo, los procesos a menudo empleados para medir estas características están sujetos a errores significativos a menos que la información acerca del tamaño y configuración del pozo de sondeo también se tome en consideración en la determinación de las mismas. Los conocimientos acerca del tamaño del pozo de sondeo también son útiles para estimar el volumen del agujero, el cual, a su vez, se utiliza para estimar el volumen de cemento necesario para fijar la tubería de revestimiento o cuando la estabilidad del agujero sea una preocupación durante la perforación.

La recolección de información en el interior del pozo también se denomina registro y se realiza de varias maneras. Una herramienta para pozos, compuesta por dispositivos de transmisión y detección para medir varios parámetros, puede bajarse al pozo de sondeo en el extremo de una línea o cable de acero. El cable, el cual está conectado a un cierto tipo de centro de procesamiento móvil en la superficie, es el medio por el cual los datos de los parámetros son

94 97
transmitidos a la superficie. Con este tipo de registro con cable de acero, es posible medir parámetros del pozo de sondeo y de la formación en función de la profundidad; es decir, mientras la herramienta se está halando pozo arriba.

Un mejoramiento con respecto a las técnicas de registro con cable de acero es la recolección de datos en condiciones pozo abajo durante el proceso de perforación. Al recolectar y procesar dicha información durante el proceso de perforación, el perforador puede modificar o corregir pasos clave de la operación para optimizar el rendimiento y evitar problemas financieros debido a daños al pozo tales como un derrumbe o la pérdida de fluido. La información de la formación recolectada durante la perforación también tiende a verse menos afectada por los procesos de invasión de fluido de lodo u otras influencias indeseadas como resultado de la penetración del pozo de sondeo y, por lo tanto, se asemejan más a las propiedades de la formación virgen.

A los esquemas para recolectar datos de las condiciones pozo abajo y del movimiento del conjunto de perforación durante la operación de perforación se les llama técnicas de medición durante la perforación ("MWD"). A las técnicas similares que se concentran más en la medición de parámetros de la formación que en el movimiento del conjunto de perforación se las llama registro durante la perforación ("LWD"). Sin embargo, los términos "medición durante la perforación" y "registro durante la perforación" a menudo se utilizan indistintamente y el uso de cualquiera de estos términos en esta divulgación debe interpretarse como que incluye tanto la recolección de información de la formación y pozo de sondeo como la recolección de datos acerca del movimiento del conjunto de perforación.

La medición del diámetro de pozo de sondeo, también llamado calibre, es un hecho conocido en la industria para corregir las medidas de la formación que sean sensibles al tamaño o la distancia. Estas correcciones son necesarias para evaluar en forma precisa la formación. La patente N° 4,407,157 de los Estados Unidos describe una técnica para medir el calibre de un pozo de sondeo incorporando un aparato mecánico con brazos de contacto de extensión que se fuerzan contra la pared lateral del pozo de sondeo. Esta técnica tiene limitaciones prácticas. Para insertar el aparato en el pozo de sondeo hay que remover la sarta de perforación, lo cual significa un costo adicional y tiempo de paro para el perforador. Dichos aparatos mecánicos también están limitados en el intervalo de medición de diámetro que ofrecen.



Debido a que los calibradores mecánicos son inadecuados para las operaciones de perforación, se han propuesto técnicas indirectas para determinar el calibre del pozo de sondeo. Las técnicas de medición de calibre tradicionales incluyen transductores acústicos que transmiten señales ultrasónicas a la pared del pozo de sondeo. La patente N° 5,469,736 describe un aparato para medir el calibre de un pozo de sondeo transmitiendo señales ultrasónicas durante una operación de perforación. La patente N° 5,397,893 de los Estados Unidos describe un método para analizar los datos de una formación de una herramienta de medición durante la perforación que incorpora un calibrador acústico. La patente N° 5,886,303 de los Estados Unidos describe una herramienta de registro que incluye un transmisor acústico para obtener el calibre del pozo de sondeo durante la perforación. Sin embargo, las técnicas propuestas con calibradores acústicos incluyen mediciones que emplean cálculos de distancia y tiempo de viaje, produciendo datos de precisión limitada. Las reflexiones de las ondas sonoras en las formaciones blandas también podrían ser demasiado débiles para detectarse con exactitud, resultando en una pérdida de señales.

La patente N° 4,899,112 de los Estados Unidos (asignada a la cesionaria de esta invención) divulga una técnica para determinar el calibre de un pozo de sondeo y las resistividades de las formaciones a partir de las mediciones en el interior del pozo obtenidas con una herramienta para pozos. Esta técnica determina el calibre del pozo de sondeo y la resistividad de la formación calculando las diferencias de fase y los niveles de atenuación a partir de los datos medidos. La patente N° 5,900,733 de los Estados Unidos (asignada a la cesionaria de esta invención) divulga una técnica para determinar las resistividades de los fluidos y los diámetros del pozo de sondeo examinando el desplazamiento de fase, el promedio de fase y la atenuación de señales desde las ubicaciones de varios transmisores y receptores vía propagación de ondas electromagnéticas. Sin embargo, la técnica divulgada está limitada a una herramienta para pozos del tipo de propagación de ondas que incorpora varios transmisores con condiciones específicas de espaciamiento. La técnica divulgada también es de aplicación limitada a pozos de sondeo de diámetros limitados.

Una aplicación emergente de mediciones de calibre del pozo de sondeo, la cual no está orientada hacia la evaluación de formaciones, es el monitoreo de la estabilidad del pozo de sondeo durante la perforación. Mantener un registro del desarrollo dinámico del pozo de sondeo es crítico para la finalización exitosa de un pozo cuando la estabilidad del mismo sea importante.

En algunos casos, han habido derrumbamientos serios del pozo de sondeo con diámetros de más de setenta pulgadas. Esto requiere una técnica de medición del calibre del pozo de sondeo que funcione para una amplia variedad de tamaños del agujero. La medición de calibre no sólo debe indicar un agujero grande cuando ocurre un derrumbamiento significativo, sino que además debe estimar con exactitud el volumen de cemento requerido para la tubería de revestimiento una vez finalizado el pozo.

Es conveniente obtener un método y un sistema simplificados para determinar con exactitud el calibre de un pozo de sondeo y la resistividad de la formación circundante utilizando mediciones electromagnéticas con una herramienta para pozos. Aún más, es conveniente implementar una técnica de cálculo del calibre del pozo de sondeo y la resistividad de la formación que funcione para una amplia variedad de tamaños de pozo de sondeo.

2. RESUMEN DE LA INVENCION

Se presenta un método para determinar una característica de una formación terrestre y/o de un pozo de sondeo que atraviesa la formación utilizando una herramienta para pozos situada en el pozo de sondeo. El método se caracteriza por: modelado de las respuestas de la herramienta a diferentes parámetros de la formación y del pozo de sondeo; determinación de un parámetro de fluido de pozo de sondeo conocido; transmisión de energía electromagnética al pozo de sondeo desde una estación sobre la herramienta; recepción de energía electromagnética en estaciones arbitrarias de varios sensores sobre la herramienta; producción de datos de señales asociadas con la energía recibida desde la herramienta; y correspondencia de los datos de señales y del parámetro de fluido de pozo de sondeo conocido con respecto a las respuestas modeladas para determinar la característica de la formación y/o del pozo de sondeo.

no compor.

Se presenta un sistema para determinar una característica de una formación terrestre y/o de un pozo de sondeo que atraviesa la formación. El sistema incluye una herramienta para pozos de varios sensores y un aparato adaptado para transmitir energía electromagnética al interior de la formación desde una estación de la herramienta y para recibir energía electromagnética en estaciones arbitrarias de varios sensores; el aparato está adaptado para responder a datos de señales producidas por la herramienta y asociadas con la energía recibida para determinar la característica de la formación y/o del pozo de sondeo; el aparato se caracteriza por: un medio para recibir los datos de señales, un medio para recibir un parámetro de fluido de pozo de sondeo

97-100
CM

conocido, un medio para almacenar los datos de la respuesta modelada de la herramienta para pozos y un medio para procesar los datos de señales, el parámetro de fluido conocido y los datos de la respuesta modelada para determinar el calibre del pozo de sondeo.

3. BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Otros aspectos y ventajas de la invención serán inmediatamente aparentes al leer la siguiente descripción detallada y hacer referencia a los dibujos en los cuales:

La Figura 1 es una vista transversal de la representación de una herramienta para pozos, tal como se describe en la patente N° 5,339,037, la cual puede utilizarse para implementar esta invención.

La Figura 2 es una representación del tipo de configuración de corriente obtenida con la representación de la herramienta de la Figura 1 y la parte inferior de una sarta de perforación a la cual se conecta la herramienta para pozos cuando se energiza la bobina transmisora.

La Figura 3 es un gráfico de una respuesta calculada de la herramienta en forma de resistividades aparentes vs. diámetro del pozo de sondeo para una formación fija y la resistividad del pozo de sondeo para cinco mediciones de sensores desde una representación de la herramienta. La extensión de las curvas indica la profundidad de medición obtenible con la aplicación de esta invención.

La Figura 4 es un organigrama de un método para determinar el calibre de un pozo de sondeo en formaciones terrestres y/o la resistividad de las formaciones de acuerdo con esta invención.

La Figura 5 muestra un sistema de cálculo del calibre del pozo de sondeo / resistividad de la formación que incluye una herramienta para pozos y una computadora de acuerdo con esta invención.

La Figura 6 es un gráfico cruzado calculado de mediciones de resistividad obtenidas de dos sensores de la herramienta para pozos de acuerdo con esta invención. El calibre y la resistividad de la formación pueden leerse de la tabla dadas dos mediciones.

La Figura 7 es otro gráfico cruzado calculado de mediciones de resistividad obtenidas de otros dos sensores de la herramienta para pozos de acuerdo con esta invención. El calibre y la resistividad de la formación pueden leerse de la tabla dadas dos mediciones.

5

98 ~~100~~

La Figura 8 es una ilustración gráfica del calibre del pozo de sondeo y la resistividad de la formación calculados, obtenidos aplicando esta invención. El panel izquierdo presenta la resistividad aparente de una herramienta para pozos en una configuración de la formación modelada. El panel del medio presenta el valor de calibre resultante de la aplicación de esta invención. El panel derecho presenta la resistividad de la formación. Los parámetros de entrada se muestran como curvas punteadas y el resultado de la aplicación de esta invención se presenta como curvas sólidas.

La Figura 9 es una ilustración gráfica del calibre del pozo de sondeo y la resistividad de la formación calculados, aplicados a un pozo de sondeo cónico, obtenidos con la aplicación de esta invención. Las indicaciones de las curvas son las mismas que las curvas de la Figura 8.

4. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE REPRESENTACIONES ESPECÍFICAS

Para mayor claridad, no se describen todos los atributos de implementación real en esta especificación. Se reconocerá que a pesar de que el desarrollo de dicha implementación real podría ser complejo y demoroso, sería una tarea de rutina para aquellas personas con experiencia común en la industria, dado el beneficio de esta divulgación.

Esta invención utiliza mediciones electromagnéticas para calcular el calibre de un pozo de sondeo extendiéndose a una amplia variedad de diámetros y la resistividad de las formaciones circundantes. Las patentes N° 5,235,285, 5,339,036, 5,339,037 y 5,463,320 (todas ellas asignadas a la cesionaria de esta invención) divulgan representaciones de herramientas para pozos que pueden utilizarse para implementar esta invención en la manera de operación descrita en la patente respectiva. La Figura 1 es representativa de dichas representaciones de herramientas.

Tal como se observa en la Figura 1, una representación de la herramienta 10 incluye una sección de lastrabarrenas tubular 12 sobre el cual va montada una antena transmisora 14, una antena receptora 16, sensores redondos receptores 18, 20, 22 y un sensor anular 24. [En esta divulgación, cualquier referencia a un sensor incluye un electrodo y viceversa.] En el aparato ilustrado, la antena transmisora 14 comprende una antena toroidal que vueltas de bobina enrolladas sobre un núcleo toroidal ferromagnético que es axialmente coincidente con el eje del lastrabarrenas 12. El propósito de este transmisor toroidal es inducir una tensión a lo largo del lastrabarrenas 12 entre las secciones arriba y abajo del transmisor 14. La corriente resultante

no existe

99. 10
viaja en una trayectoria que incluye la sarta de perforación (no se muestra) y las formaciones (además del fluido del pozo de sondeo, el cual se asume que tiene una conductividad substancial). Se entenderá que esta invención puede implementarse con una herramienta para pozos 10 con más o menos sensores, receptores o transmisores que los que se muestran en la representación de la Figura 1.

Con la herramienta 10 dispuesta en el pozo de sondeo terrestre, la bobina transmisora 14 induce una tensión en el lastrabarrenas 12. La tensión produce un flujo de corriente a través de la formación. La Figura 2 ilustra una representación general del tipo conocido de configuración de corriente producida al energizar la bobina transmisora 14 en un pozo que se está perforando con lodo de conductividad substancial, tal como se describe por ejemplo en la patente N° 5,235,285 de los Estados Unidos. Por supuesto, la configuración dependerá de las conductividades y configuraciones de los estratos de las formaciones; el ejemplo en la Figura 2 representa el caso simplificado de conductividad uniforme.

La corriente producida viaja en una trayectoria que incluye la barrena de perforación 25 (acoplada al lastrabarrenas 12) y las formaciones terrestres alrededor de dicha barrena. Los sensores 18, 20, 22, 24 pueden situarse en estaciones arbitrarias en la herramienta 10 y se utilizan para detectar y recibir corrientes transmitidas por la bobina transmisora 14 que regresan vía las formaciones y el pozo de sondeo. Los sensores 18, 20, 22, 24 proporcionan mediciones múltiples de resistividad, conteniendo aportes diferentes de la conducción de corriente a través del fluido de pozo de sondeo y la formación. Consulte S. Bonner et al., *A New Generation of Electrode Resistivity Measurements for Formation Evaluation While Drilling* (Una nueva generación de mediciones de resistividad con electrodos para evaluar la formación durante la perforación), SPWLA, TRIGÉSIMO QUINTO SIMPOSIO ANUAL DE REGISTRO, junio de 1994.

Las representaciones de herramientas mencionadas contienen circuitos internos (no se muestran) para implementar las mediciones divulgadas, tal como se describen en la patente N° 5,339,037 de los Estados Unidos. Cada uno de los sensores redondos 18, 20, 22, el sensor anular 24 y la(s) bobina(s) receptora(s) 16 está acoplado vía circuitos de detección y amplificación a un multiplexor (no se muestra). La salida producida por los circuitos es datos de señales en forma de valores de resistividad eléctrica correspondientes a las corrientes recibidas en los sensores.

100
X 22/03

Las mediciones de resistividad pueden concentrarse en la formación y pueden obtenerse diferentes profundidades de investigación con transmisores adicionales situados en la herramienta 10 a distintas distancias de los sensores. Si se aumenta la separación entre los sensores transmisores, se producirán respuestas que son relativamente profundas, mientras que la poca separación entre los sensores producirá respuestas relativamente poco profundas. Examinando la diferencia en las respuestas de los sensores se puede derivar una estimación del calibre del pozo de sondeo y la resistividad de la formación.

Esta invención requiere la determinación de un parámetro de fluido de pozo de sondeo conocido. La resistividad del lodo del pozo de sondeo se utiliza como parámetro de entrada. La resistividad del lodo puede determinarse tomando una muestra de lodo en la superficie. Se pueden hacer correcciones a la resistividad medida del lodo por factores en el interior del pozo tales como temperatura, utilizando fórmulas conocidas en la industria. La resistividad del lodo también puede medirse directamente en el interior del pozo con un medio adecuado. La medición precisa de la resistividad del lodo en el interior del pozo mejorará la exactitud de esta invención.

La Figura 3 ilustra el intervalo de medición del diámetro D_h del pozo de sondeo extendido proporcionado por esta invención. La Figura 3 muestra una respuesta calculada de la herramienta (utilizando una de las representaciones de la herramienta 10 a la que se hizo referencia), representando la profundidad de las mediciones obtenibles con la técnica divulgada.

El gráfico muestra la respuesta de los sensores de la herramienta a las mediciones de resistividad en diámetros D_h variables del pozo de sondeo con condiciones subterráneas de 0,2 ohmio-m de resistividad R_m del lodo y 2,0 ohmio-m de resistividad R_t de la formación. La medición se corrige de acuerdo con el pozo de sondeo asumiendo el uso de una barrena de perforación de 31,11 cms. Todas las mediciones comienzan con la resistividad R_t de la formación de 2,0 ohmio-m y un diámetro común D_h del pozo de sondeo de 31,11 cms y terminan con una resistividad R_m del lodo de 0,2 ohmio-m con diámetros D_h grandes del pozo de sondeo. Si el diámetro D_h del pozo de sondeo fuese infinito, los sensores sólo medirían lodo, de manera que la medición debería reflejar una resistividad R_m del lodo. Para un pozo de sondeo pequeño, debe medirse la resistividad R_t de la formación. Así, mientras mayor sea el diámetro del pozo de sondeo, más marcado será el efecto de la resistividad del lodo en la medición. Observando los

cambios efectivos de las mediciones vs. el diámetro D_h del pozo de sondeo, se puede determinar el calibre D_h del pozo de sondeo y la resistividad R_t de la formación.

Tal como se observa en la Figura 3, existe una jerarquía de mediciones que se extiende más y más profundo en la formación, y la medición de la barrena proporciona la profundidad máxima de investigación. La resistividad medida en la barrena es significativamente diferente de la resistividad R_m del lodo. Aún con un diámetro D_h del pozo de sondeo de 254 cmts la medición de la barrera todavía es sensible a la resistividad R_t de la formación; por lo tanto, aún es sensible a pozos de sondeo de hasta 305 cmts.

La implementación de esta invención incluye el modelado o précalculo de respuestas de herramientas teóricas correspondientes a diámetros variables del pozo de sondeo y a las resistividades de fluido de la formación y del pozo de sondeo. Para una medición de registro lateral a baja frecuencia, el tamaño del pozo de sondeo y el contraste de resistividad entre la resistividad de la formación y del lodo controlan la desviación de la resistividad aparente de la medición con respecto a la resistividad verdadera de la formación. También puede aplicarse una transformada de resistividad, si es necesario, para eliminar el efecto superficial en la resistividad aparente. Tal como se sabe en la industria, los datos de respuesta pueden modelarse o calcularse para una representación de herramienta particular utilizando cualquier algoritmo de computación adecuado (por ejemplo, la codificación del modelo de elementos finitos) para calcular el flujo teórico de corriente para los sensores y convertir los datos a valores de resistividad. Los datos de la respuesta modelada pueden generarse y almacenarse en un medio de registro adecuado antes o después de instalar la herramienta en el pozo de sondeo.

Tal como se describió arriba, la resistividad R_m del lodo en el interior del pozo ya sea se mide directamente con un sensor de lodo o se estima a partir de la medición de una muestra en la superficie. La resistividad R_t de la formación varía y es desconocida. La implementación efectiva de esta invención utiliza al menos dos mediciones diferentes de los sensores 18, 20, 22, 24 para determinar el calibre D_h del pozo de sondeo y la resistividad R_t de la formación. Se pueden seleccionar dos (o más) mediciones cualquiera de los sensores de la herramienta 10. Sin embargo, la exactitud de los resultados podría depender de los sensores seleccionados.

Una vez que se realicen las mediciones y que la herramienta 10 produzca los datos de señales, estos últimos y el valor de resistividad R_m conocida del lodo se pueden comparar con los datos modelados para encontrar una coincidencia. La mejor coincidencia determina el calibre

102

Dh del pozo de sondeo y la resistividad R_t de la formación. El calibre del pozo de sondeo y la resistividad de la formación se determinan para cada par de mediciones graficando dicho par. Se puede obtener una mayor exactitud utilizando una técnica de mínimos cuadrados para hacer corresponder los datos de señales y el valor de resistividad R_m del lodo con los datos modelados.

5 Con más de dos mediciones de los sensores 18, 20, 22, 24 disponibles, un método más preciso y más estable es formular una tabla de consulta para todas las respuestas de sensores modeladas de la representación particular de la herramienta 10 y luego identificar el par del calibre Dh del pozo de sondeo y la resistividad R_t de la formación que produzca la mejor correspondencia entre los datos de señales medidos, la resistividad R_m conocida del lodo y los
10 datos modelados. Es aceptable interpolar los valores tabulados para mejorar la estimación. Se puede obtener aún más exactitud con las respuestas precalculadas de la herramienta considerando en los cálculos la posición de los sensores en relación a la cara de la barrena. Esto es útil ya que en las técnicas de medición durante la perforación hay varios dispositivos de detección situados arriba de la barrena de perforación en una sarta de herramientas en el interior del pozo. Por lo
15 tanto, la medición de la barrena podría depender de cuán alejada está la herramienta de la cara de la barrena ya que la medición de la barrena utiliza el cuerpo completo de la herramienta por debajo del sensor o monitor para conducir corriente eléctrica.

20 La Figura 4 ilustra el organigrama de un método 100 para determinar el calibre de un pozo de sondeo en una formación terrestre y/o la resistividad de la formación utilizando una herramienta para pozos dispuesta en el pozo de sondeo. El método comprende el modelado de las respuestas de la herramienta a diferentes parámetros de la formación y del pozo de sondeo
105; determinación de un parámetro de fluido de pozo de sondeo conocido 110; transmisión de energía electromagnética al pozo de sondeo desde una estación sobre la herramienta 115; recepción de energía electromagnética en estaciones arbitrarias de varios sensores sobre la
25 herramienta 120; producción de datos de señales asociadas con la energía recibida desde la herramienta 125; y correspondencia de los datos de señales y del parámetro de fluido de pozo de sondeo conocido con respecto a las respuestas modeladas para determinar el calibre del pozo de sondeo y/o la resistividad de la formación 130.

103
103

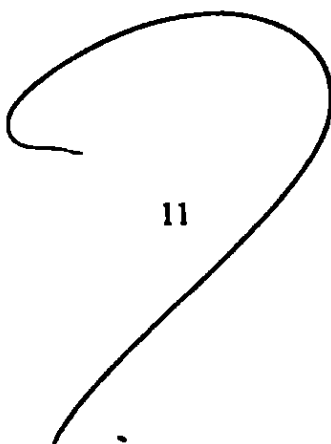
4.1 Dispositivo de almacenaje de programas

Será aparente para aquellas personas con experiencia común que cuenten con el beneficio de esta divulgación que esta invención puede implementarse programando una o más computadoras de uso general que tengan el hardware apropiado. La programación puede lograrse mediante el uso de uno o más dispositivos de almacenaje de programas que puedan ser leídos por el procesador de la computadora y la codificación de uno o más programas de instrucciones ejecutables por la computadora para realizar las operaciones descritas arriba. El dispositivo de almacenaje de programas puede ser uno o más discos flexibles, un CD ROM u otro disco óptico, una cinta magnética, un microcircuito de memoria de lectura únicamente (ROM) u otros dispositivos similares conocidos en la industria o desarrollados posteriormente. El programa de instrucciones puede ser un "código objeto"; es decir, una forma binaria que es ejecutable más o menos directamente por la computadora, un "código fuente" que requiere compilación o interpretación antes de su ejecución o alguna forma intermedia tal como un código parcialmente compilado. Las formas precisas del dispositivo de almacenaje de programas y de la codificación de instrucciones son inmateriales para los fines de este documento.

4.2 Sistema de cálculo del calibre del pozo de sondeo / resistividad de la formación

Tal como se muestra en la Figura 5, esta invención puede implementarse en un sistema de cálculo de calibre del pozo de sondeo / resistividad de la formación 200 con una herramienta para pozos con sensores múltiples 210 y un aparato (tal como la computadora de uso general y el dispositivo de almacenaje de programas descritos arriba) 212 conectado a la herramienta 210. Para mayor claridad de ilustración, ciertos detalles convencionales se omiten en la Figura 5.

Aquellas personas con experiencia en la industria reconocerán que esta invención puede implementarse en operaciones de registro durante la perforación u operaciones con cable de acero (sin la sarta de perforación) con cualquier herramienta 210 capaz de realizar mediciones de resistividad mediante un conjunto de electrodos. Así, a pesar de que la Figura 5 muestra una herramienta 210 suspendida sobre una plataforma, tal como se utiliza en una operación de registro durante la perforación, los principios de la invención también corresponden a los sistemas de cable de acero conocidos en la industria.

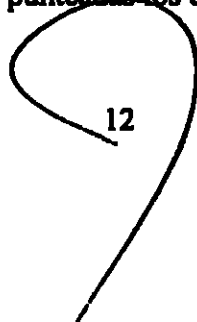


El calibre del pozo de sondeo y/o la resistividad de la formación pueden determinarse en tiempo real enviando los datos medidos de las señales de resistividad desde la herramienta 210 a la superficie a medida que se adquieren mediante un sistema de telemetría o desde un modo registrado registrando los datos de señales en un medio de almacenaje adecuado (no se muestra) incluido en el circuito de la herramienta 210, tal como se describe en la patente '037. Como alternativa, parte o todo el procesamiento puede realizarse en el interior del pozo y los resultados enviarse a la superficie. Los datos de señales pueden enviarse a una computadora 212 en la superficie mediante telemetría de medición durante la perforación o mediante un cable de acero conocido en la industria. Se entenderá que pueden emplearse medios alternos para comunicar los datos adquiridos a la superficie, ya que la forma precisa de comunicación es inmaterial para la implementación de esta invención.

La computadora 212 en la superficie puede programarse para recibir los datos de señales de resistividad y el valor de resistividad R_m del lodo como entradas. También podría ser capaz de generar y/o almacenar los datos de la respuesta modelada de la herramienta 210. La computadora 212 también puede programarse para procesar los datos de señales, la resistividad R_m del lodo del pozo de sondeo y los datos modelados para determinar el calibre D_h del pozo de sondeo y/o la resistividad R_t de la formación de acuerdo con las técnicas divulgadas. Una vez determinados, el calibre D_h del pozo de sondeo y/o la resistividad R_t de la formación pueden registrarse en un medio de almacenaje adecuado o procesarse adicionalmente de acuerdo a los deseos del usuario para producir un perfil de calibre del pozo de sondeo o de resistividad de la formación.

4.3 Ejemplos graficados

En esta sección se presentan gráficos cruzados de las mediciones de resistividad mediante sensores y del resultado de los cálculos de calibre del pozo de sondeo y resistividad de la formación derivados de acuerdo con esta invención. La Figura 6 muestra un gráfico cruzado calculado de mediciones de resistividad obtenidas de un sensor anular y un sensor redondo central de la herramienta. Tal como se describió arriba, se pueden seleccionar las mediciones de dos sensores cualquiera. Los sensores anular y central se seleccionaron aquí como ejemplo. Observando el gráfico cruzado de la Figura 6, las curvas sólidas representan las resistividades R_t constantes de la formación y las curvas punteadas los calibres constantes del pozo de sondeo. Se



✓

105
puede determinar un calibre del pozo de sondeo y resistividad de la formación a partir del gráfico cruzado introduciendo dos mediciones. Es decir, un diámetro D_h del pozo de sondeo y una resistividad R_t de la formación pueden derivarse a partir de una resistividad R_m conocida del lodo y dos valores de resistividad medidos dados.

5 La Figura 7 muestra otro gráfico cruzado de resistividad calculada que ilustra las distintas sensibilidades obtenibles al seleccionar mediciones de corriente obtenidas de sensores en estaciones diferentes de la herramienta. Para el gráfico cruzado en la Figura 7 se seleccionaron mediciones del sensor anular y la barrena. Como puede observarse al comparar las Figuras 6 y 7, se obtienen intervalos de sensibilidad distintos al medir desde estaciones de sensores diferentes.
10 Dependiendo de cuáles mediciones de sensores se seleccionen, se puede cometer un error mayor cuando se determina el calibre del pozo de sondeo desde las áreas de sensibilidad más baja, tal como lo indica la multitud de las líneas en los gráficos cruzados.

15 La Figura 8 ilustra los resultados del calibre D_h calculado del pozo de sondeo y la resistividad R_t de la formación, obtenidos aplicando las técnicas de esta invención. El panel izquierdo es el registro de resistividad calculada que se utilizó como datos de señales de entrada. Cada curva representa una medición de resistividad de un sensor diferente. Se agregó un factor de ruido blanco del 5% a las entradas de resistividad. La resistividad R_m del lodo de entrada se ajustó en 0,2 ohmio-m. El pozo de sondeo está ampliado a 152,4 emts. en el intervalo (-61 cm., 61 cm.)

20 Observando los paneles del medio y de la derecha de la Figura 8, el diámetro D_h del pozo de sondeo y las resistividades R_t de la formación de entrada respectivos se muestran como curvas punteadas. Tal como se observa en el panel del medio, se obtienen los calibres D_h del pozo de sondeo correctos, con excepción del borde donde los estratos de los bordes comienzan a afectar las lecturas de los registros. La salida de resistividad R_t de la formación también es muy
25 cercana, presentando menos exactitud para los pozos de sondeo más grandes debido a la insensibilidad de la resistividad aparente a la resistividad de la formación. La línea punteada marcada "Di" en el panel del medio representa una invasión de filtrado de lodo. El filtrado incluye fluidos que penetran la formación rocosa bajo las condiciones de alta presión existentes en el interior del pozo. Tal como se muestra en el resultado, si la invasión es demasiado grande
30 (aquí es del orden de 50,8 cmts.), las técnicas divulgadas permiten obtener los valores correctos del calibre D_h del pozo de sondeo y la resistividad R_t de la formación.

La Figura 9 ilustra los resultados del calibre Dh calculado del pozo de sondeo y la resistividad R_t de la formación, obtenidos aplicando las técnicas de esta invención correspondientes a un pozo de sondeo cónico. Tal como se observa en los paneles, los calibres Dh del pozo de sondeo nuevamente se obtuvieron en forma correcta, con excepción del borde superior donde el estrato comenzó a afectar la respuesta de la herramienta.

Se calculó la exactitud de las técnicas divulgadas de cálculo de calibre y resistividad de la formación para distintos valores de contrastes de R_t/R_m y diferentes diámetros del pozo de sondeo. Asumiendo una exactitud de medición de los sensores de más o menos 5%, los calibres del pozo de sondeo y las resistividades de la formación pueden determinarse dentro de una exactitud del 10% para pozos de sondeo que se extienden hasta 254 cmts. de diámetro. Se puede cometer un error adicional debido a la incertidumbre de la resistividad del lodo en los entornos del interior del pozo.

Para los fines de esta especificación, quedará claramente entendido que la palabra "comprendiendo" significa "incluyendo pero sin limitarse a" y que la palabra "comprende" tiene un significado correspondiente.

A pesar de que los métodos y aparatos de esta invención se han descrito como representaciones específicas, será aparente para aquellas personas con experiencia en la industria que pueden aplicarse variaciones a las estructuras y en los pasos o en la secuencia de pasos de los métodos descritos en este documento sin desviarse del concepto y alcance de la invención. Se considera que todas las variaciones similares aparentes para aquellas personas con experiencia en la industria se encuentran dentro de este concepto y alcance de la invención, tal como lo definen las reivindicaciones adjuntas.

?

10/2/07

REIVINDICACIONES

1.- Un método para determinar una característica de una formación terrestre y/o de un pozo de sondeo que atraviesa la formación utilizando una herramienta para pozos [(10, 210)] situada en el agujero; dicho método se caracteriza por:

- a) modelando respuestas de la herramienta [/(10, 210)] a diferentes parámetros del pozo de sondeo y de la formación;
- b) determinación de un parámetro de fluido conocido del pozo de sondeo;
- c) transmisión de energía electromagnética al pozo de sondeo desde una estación [(14)] en la herramienta [(10, 210)];
- d) recepción de energía electromagnética en estaciones arbitrarias de sensores múltiples [(16, 18, 20, 22, 24)] en la herramienta [(10, 210)];
- e) producción de datos de señales, asociados con la energía recibida desde la herramienta [(10, 210)]; y
- f) Correspondencia de los datos de señales y del parámetro de fluido del pozo de sondeo conocido con respecto a las respuestas modeladas para determinar la característica de la formación y/o del pozo de

sondeo.

2.- El método de la reivindicación 1, donde se aplica el método durante o después de perforar el pozo de sondeo.

3.- El método de la reivindicación 1, donde el parámetro del fluido del pozo de sondeo conocido comprende un valor de resistividad del lodo.

4.- El método de la reivindicación 1, donde los datos de señales producidos comprenden valores de resistividad eléctrica.

5.- El método de la reivindicación 1, caracterizado adicionalmente por el registro de la característica determinada de la formación y/o pozo de sondeo en un medio de registro de salida.

6.- El método de la reivindicación 1, donde el paso (f) incluye aplicar una técnica de minimización de mínimos cuadrados para hacer corresponder los datos de señales generadas y el parámetro del fluido conocido con las respuestas modeladas.

7.- El método de la reivindicación 1, donde el paso (a) comprende establecer una tabla de respuestas de modelo teórico de la herramienta para pozos para distintos diámetros del pozo de sondeo, resistividades del fluido del pozo de sondeo y resistividades de la formación.

8.- El método de la reivindicación 1, donde el paso (e)

109
[Handwritten signature]

comprende enviar los datos de señales desde la herramienta [(10, 210)] a una superficie de la formación.

9.- El método de la reivindicación 1, donde el paso (e) comprende registrar los datos de señales en un medio de almacenaje contenido en la herramienta [(10, 210)].

10.- El método de la reivindicación 1, donde la característica determinada es el diámetro del pozo de sondeo o la resistividad de la formación.

11.- Método según la reivindicación 1 desarrollado mediante un aparato adaptado para conectarse a una herramienta para pozos, el aparato formando parte de un sistema para determinar una característica de una formación terrestre y/o de un pozo de sondeo que atraviesa la formación; el sistema incluye una herramienta para pozos [(10, 210)] de varios sensores [(16, 18, 20, 22, 24)] y un aparato (212) adaptado para conectarse a la herramienta para pozos y situada en el pozo de sondeo en la formación terrestre y adaptado para transmitir energía electromagnética al interior de la formación desde una estación de la herramienta [(14)] y para recibir energía electromagnética en estaciones arbitrarias de varios sensores [(16, 18, 20, 22, 24)]; el aparato está adaptado para responder a datos de señales producidas por la herramienta y asociadas con la energía recibida para determinar la característica de la formación y/o del pozo de sondeo, el aparato se caracteriza por:

un medio para recibir los datos de señales;

[Handwritten signature]
SIN
sustent
al. 8. 11.

[Handwritten signature]
SIN
sustent
al. 8. 11.

un medio para recibir un parámetro de fluido de pozo de sondeo conocido;

un medio para almacenar datos modelados de respuestas de la herramienta para pozos; y

un medio para procesar los datos de señales, el parámetro de fluido conocido y los datos de las respuestas modeladas para determinar el diámetro del pozo de sondeo.

12.- Aparato según la reivindicación 11, donde la herramienta para pozos [(10, 210)] transmite y recibe la energía electromagnética y produce datos de señales durante una operación de medición durante la perforación u operación con cable de acero.

13.- Aparato según la reivindicación 11, donde el parámetro del fluido [de pozo de sondeo] conocido comprende un valor de resistividad de lodo.

14.- Aparato según la reivindicación 11, donde los datos de señales producidas comprenden valores de resistividad eléctrica.

15.- Aparato según la reivindicación 11, donde el aparato (212) se caracteriza adicionalmente por la capacidad para registrar la característica determinada de la formación y/o del pozo de sondeo en un medio de registro de salida.

16.- Aparato según la reivindicación 11, el medio para

7

111

incompleto

2

almacenar los datos de respuestas de la herramienta modelada [(10, 210)] caracterizado adicionalmente a través de un medio para establecer una tabla de respuestas de modelo teórico de la herramienta para pozos para distintos diámetros del pozo de sondeo, resistividades del fluido del pozo de sondeo y resistividades de la formación.

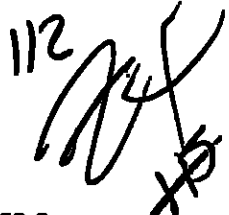
17.- Aparato según la reivindicación 11, el medio de procesamiento caracterizado adicionalmente a través de una manera para hacer corresponder los datos de señales y el parámetro del fluido conocido con los datos de las respuestas modeladas para determinar la característica de la formación y/o del pozo de sondeo.

18.- Aparato según la reivindicación 11, el medio de procesamiento caracterizado adicionalmente a través de una manera para aplicar una técnica de minimización de mínimos cuadrados para hacer corresponder los datos de señales y el parámetro de fluido conocido con los datos de las respuestas modeladas para determinar la característica de la formación y/o del pozo de sondeo.

19.- Aparato según la reivindicación 11, donde la característica determinada es el diámetro del pozo de sondeo o la resistividad de la formación.

1

RESUMEN

112 

Un sistema y método para determinar el tamaño o diámetro de pozos de sondeo extendiéndose a una amplio rango de dimensiones y/o la resistividad de las formaciones terrestres circundantes utilizando una herramienta para pozos (10, 210) dispuesta en el pozo de sondeo. El método involucra generar datos de modelo representativos de las respuestas de la herramienta para pozos a diferentes diámetros del pozo de sondeo contrastados con valores de resistividad de la formación y del fluido del pozo de sondeo, determinar la resistividad del fluido del pozo de sondeo, transmitir energía electromagnética a la formación, medir la energía emitida de regreso al pozo de sondeo en estaciones arbitrarias de sensores (16, 18, 20, 22, 24) en la herramienta y producir datos de señales asociadas con la energía medida, y hacer corresponder los datos de señales y la resistividad del fluido con respecto a los datos de la respuesta modelada para determinar el calibre del pozo de sondeo y/o la resistividad de la formación. Un sistema para calcular el calibre de un pozo de sondeo y/o la resistividad de las formaciones circundantes que comprende un aparato (212) conectado a una herramienta para pozos (10, 210) de sensores múltiples (16, 18, 20, 22, 24) y adaptado para responder a los datos de señales producidas por la herramienta. El aparato (212) adaptado adicionalmente con un medio para recibir los datos de señales; para recibir un parámetro de fluido de pozo de sondeo conocido; para almacenar los datos de respuesta de la herramienta para pozos modelada y para procesar los datos de señales, el parámetro del fluido y los datos modelados para determinar el calibre del pozo de sondeo y/o la resistividad de la formación.

2016
113

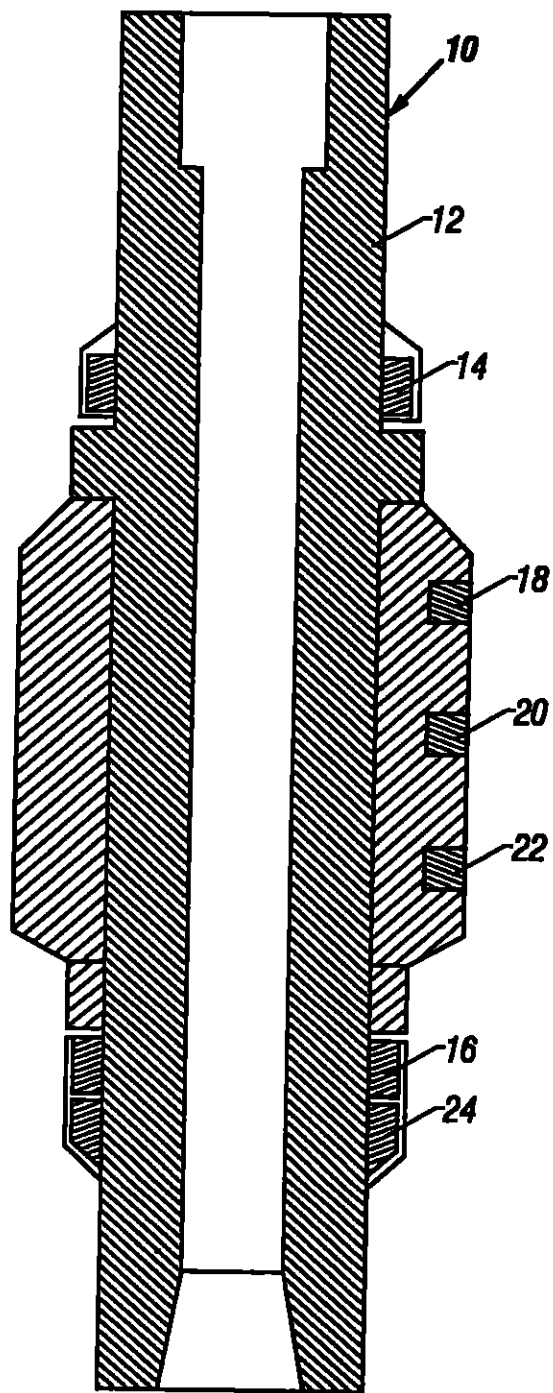


FIG. 1

26-217
114

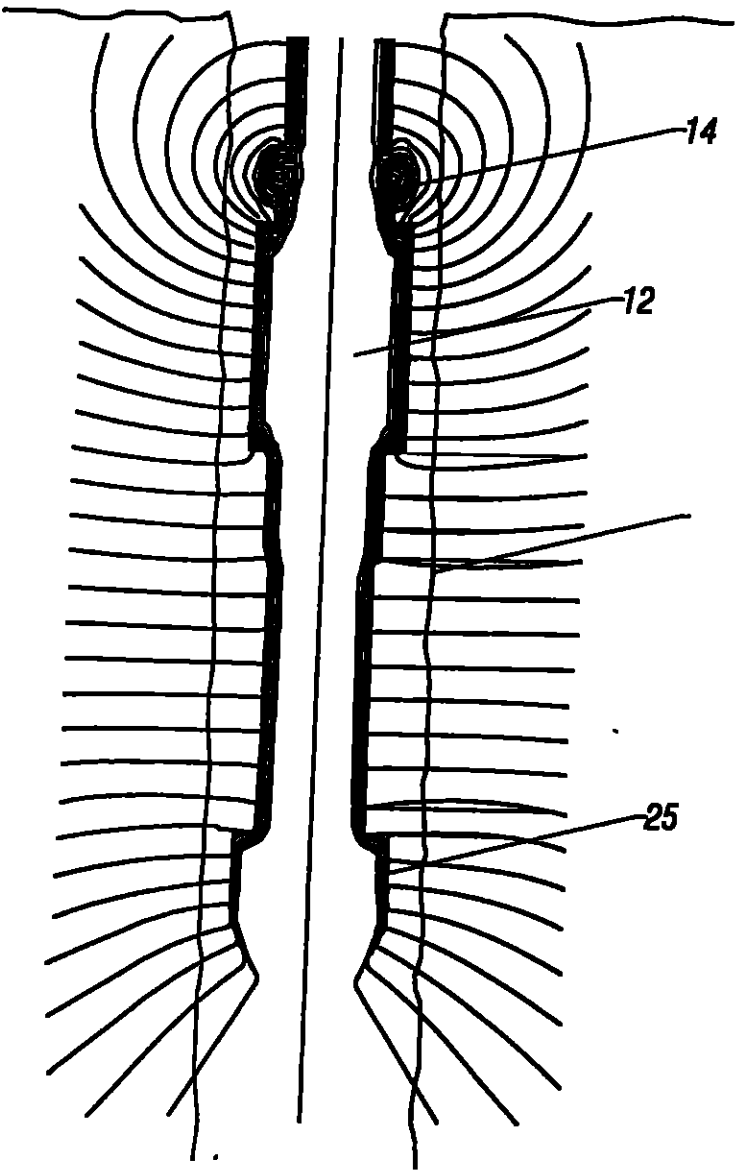


FIG. 2

115
2/12

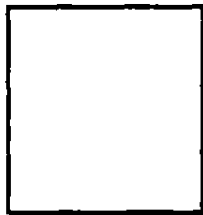
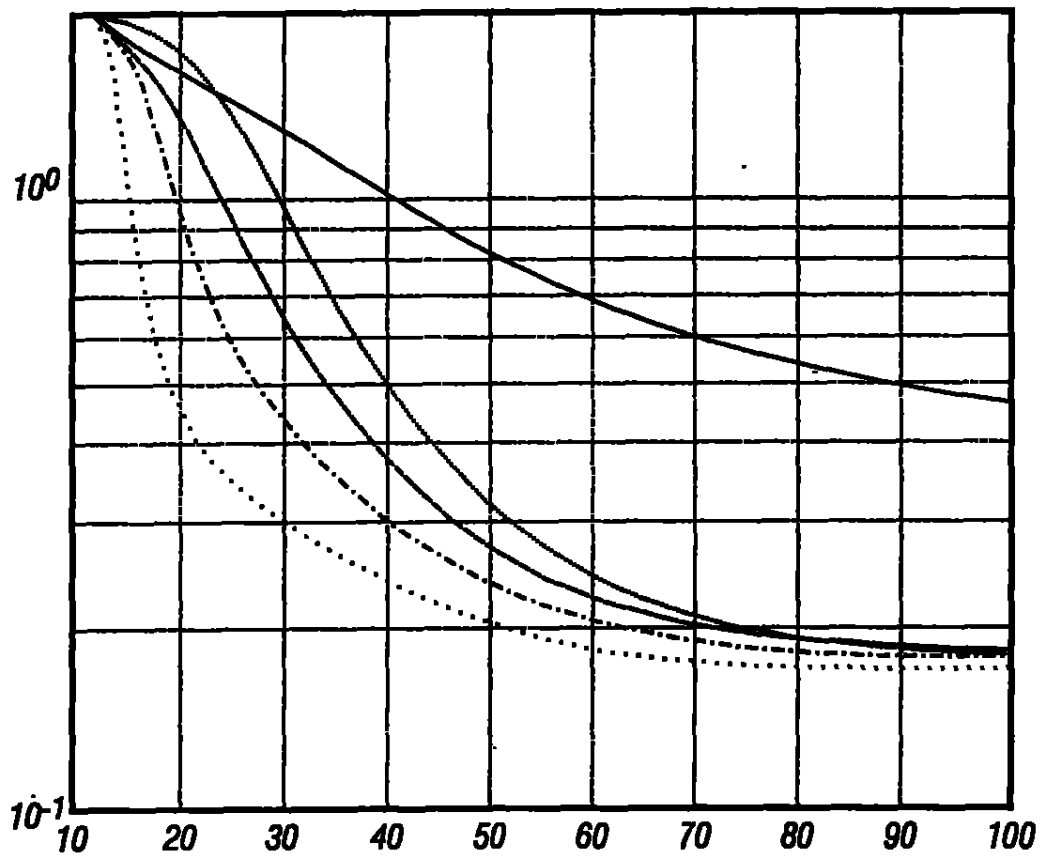


FIG. 3

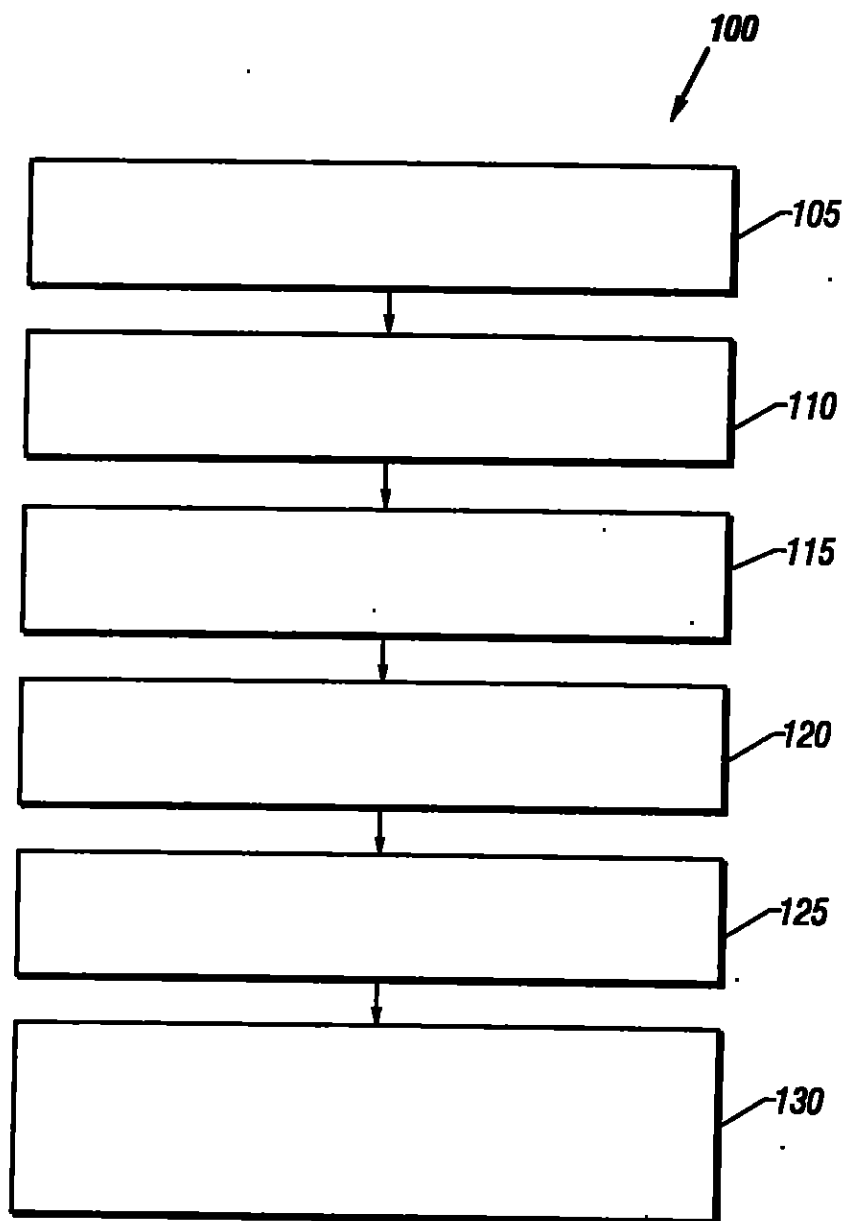


FIG. 4

2600
11.7

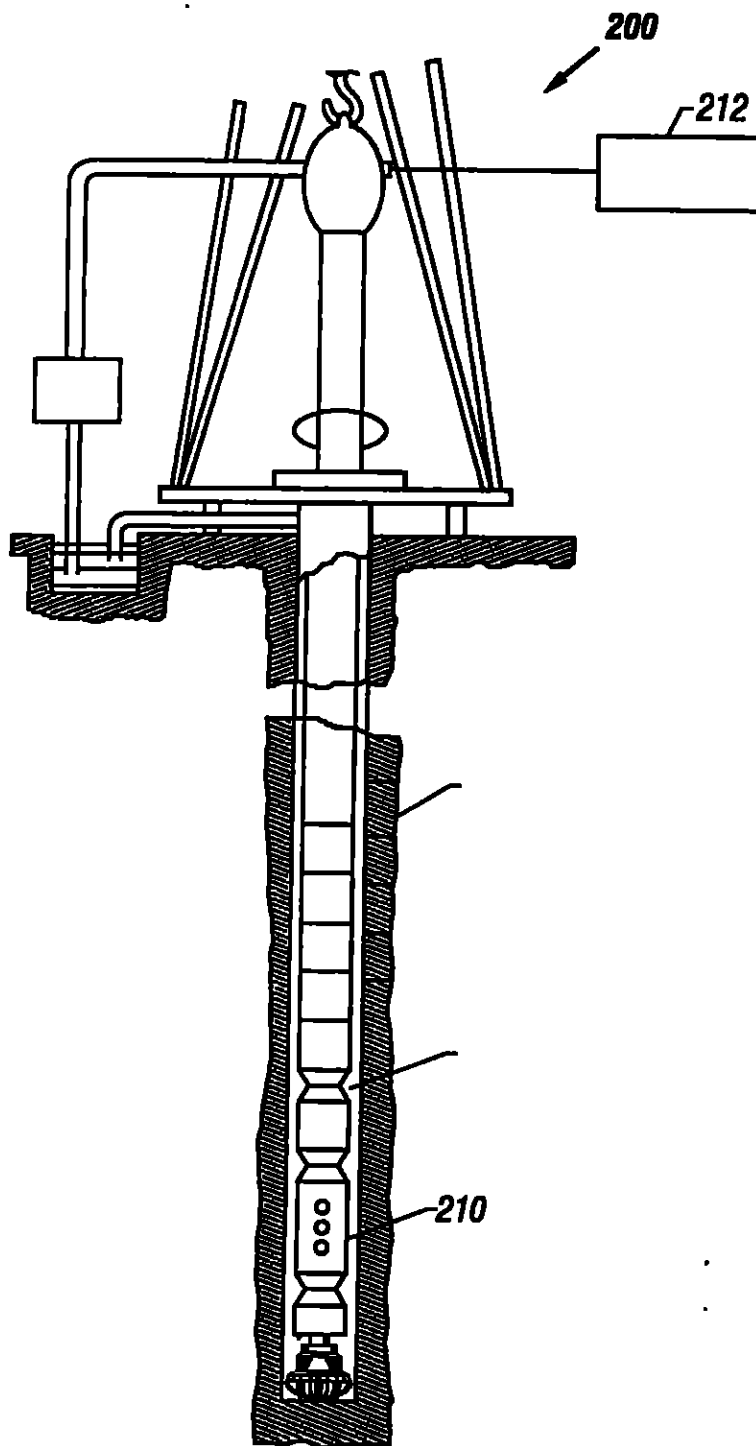


FIG. 5

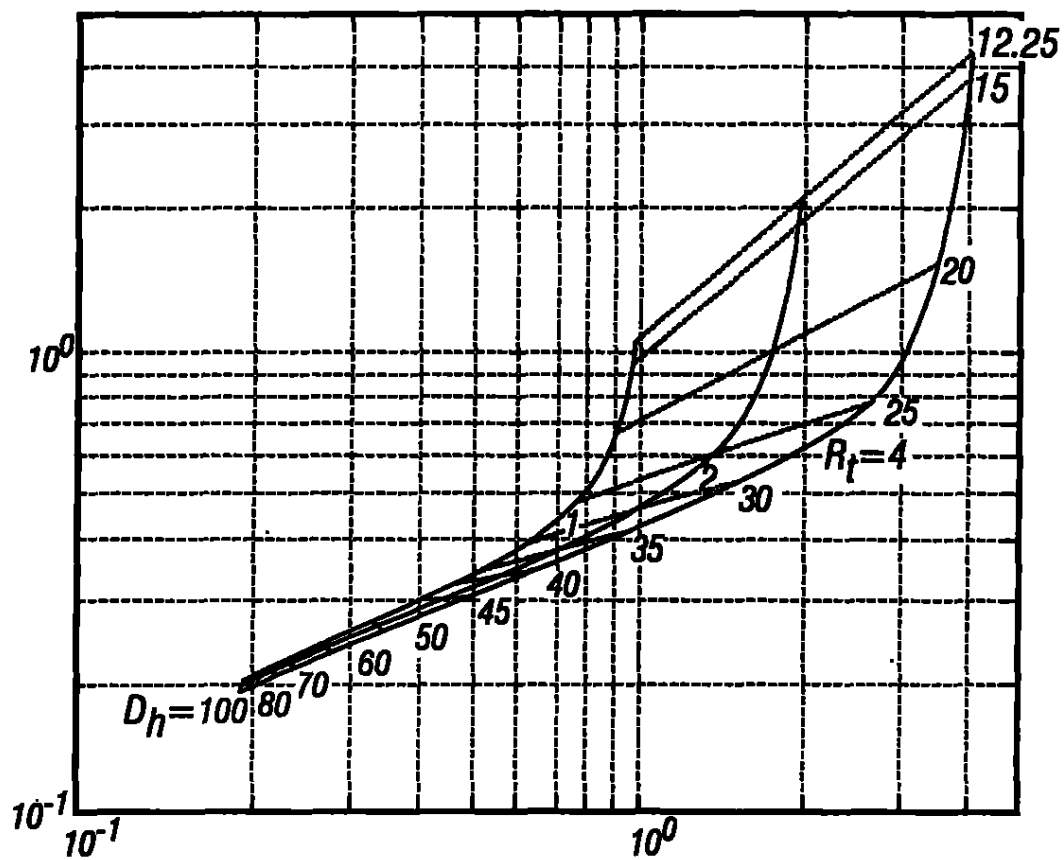
20-01
118

FIG. 6

12/19

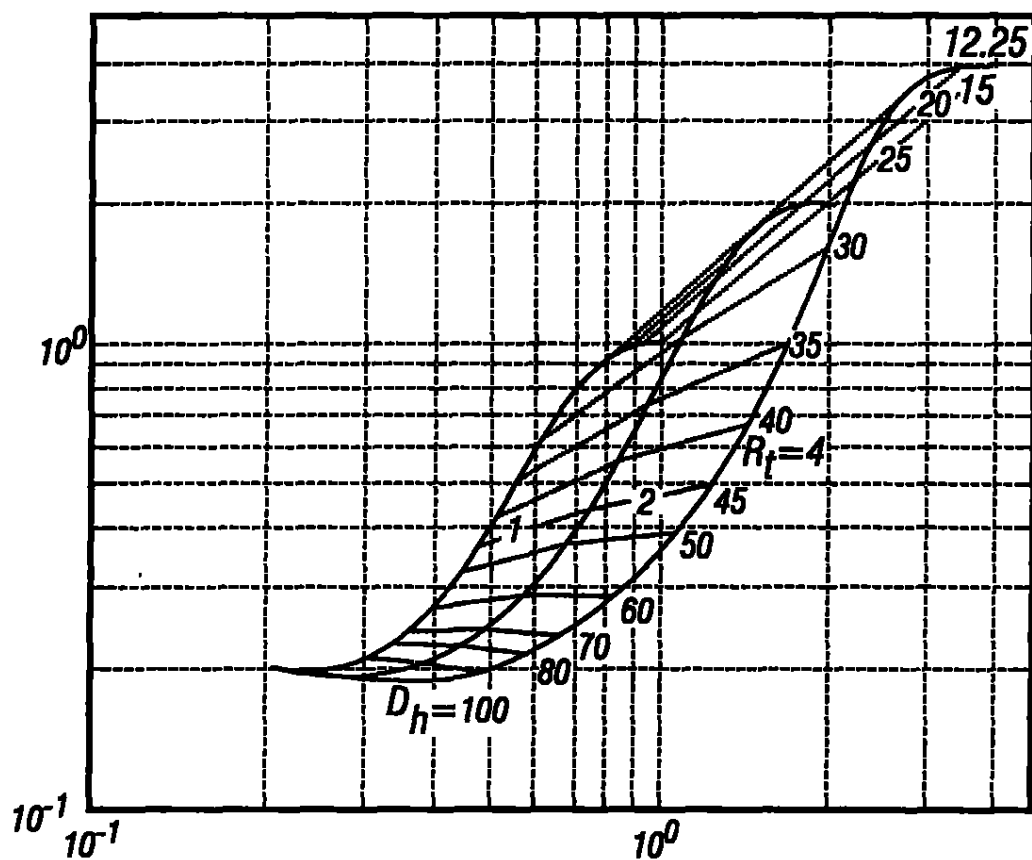


FIG. 7

2/28
120

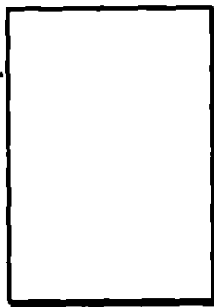
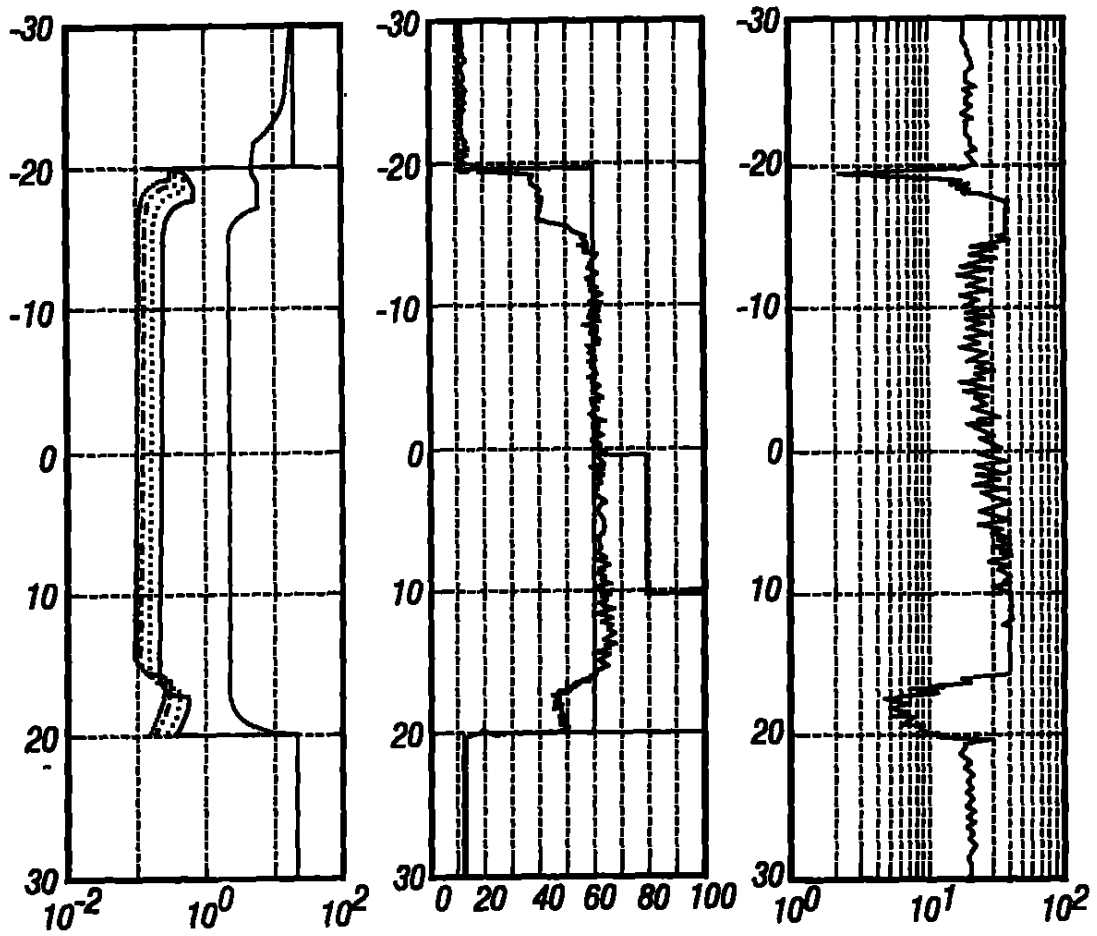


FIG. 8

121

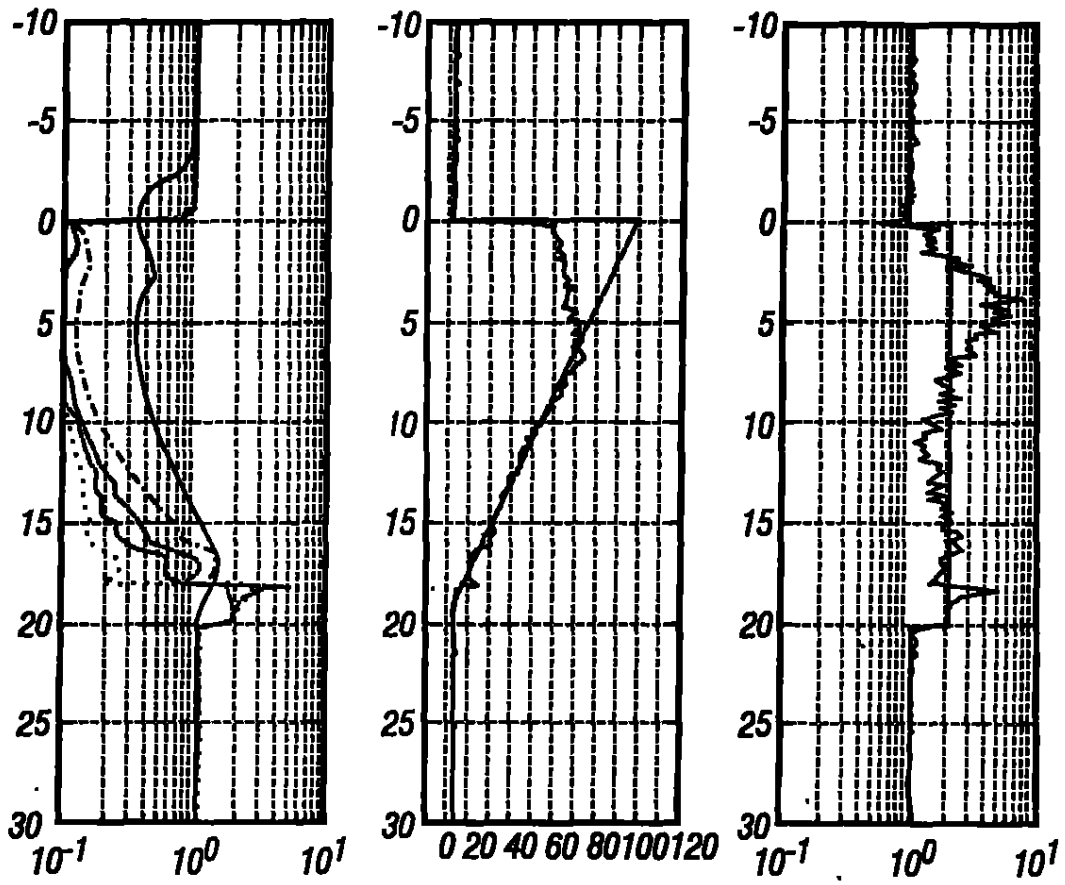


FIG. 9

Johns 125-127
Exhibit 202030
Feb 7 2003



2do. EXAMEN DE FORMA PATENTE DE INVENCION

Folio 125

Radicación no 00-67783

Concepto Técnico no 0323

Clasificación Internacional de Patentes: G01V3/38

Practicado el examen de acuerdo a lo establecido en el Art. 38 de la Decisión 486 se determinó que esta solicitud de Patente de Invención:

- SI [☒] NO [☐] Contiene un resumen de la invención (Art26-e).
- SI [☒] NO [☐] Contiene el título o nombre de la invención (Art27-d).
- SI [☒] NO [☐] Contiene la descripción de la invención (Art26-b).
- SI [☒] NO [☐] NO ES APLICABLE [☐] Contiene los dibujos necesarios para comprender la invención (Art26-d)
- SI [☒] NO [☐] Contiene una o más reivindicaciones. (Art26-c).
- SI [☐] NO [☐] NO ES APLICABLE [☒] Han sido desarrollados los productos y/o procedimientos a partir de recursos genéticos o de sus productos derivados de los que cualquiera de los Países Miembros es país de origen. (Art 26- h).
- SI [☐] NO [☐] NO ES APLICABLE [☒] Los productos y/o procedimientos han sido obtenidos o desarrollados a partir de los conocimientos tradicionales de las comunidades indígenas, afroamericanas, o locales de los países miembros, de acuerdo a lo establecido en la Decisión 391 y sus modificaciones y reglamentaciones vigentes.(Art26-i).
- SI [☐] NO [☒] La invención se refiere a un producto relativo a un material biológico. (Art26-J).
- SI [☒] NO [☐] La prioridad coincide con la materia reivindicada.
- SI [☒] NO [☐] **CUMPLE LOS REQUISITOS TÉCNICOS**

OBSERVACIONES Y OTROS: SI [☒] NO [☐] ver hoja(s) anexa(s)

- Las aclaraciones del capítulo reivindicatorio, en respuesta al concepto técnico 1505, se hacen en los folios 92 y 93

EXAMINADOR TÉCNICO
202050

Bogotá D. C., Febrero 10 del 2003.

Carrera 13 No. 27-00 Flao 5 y 10
Conmutador: 334 12 21-2-3-4
Fax: 281 31 26 e-mail: info@dic.gov.co
Santa Fe de Bogotá D.C. - Colombia



Folio: 126

2020
Bogotá DC

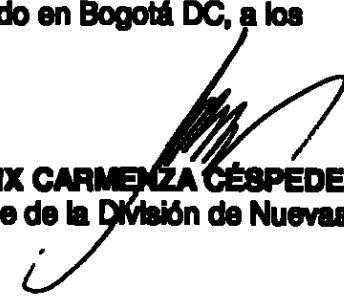
Doctor
GERMAN CASTILLO GRAU
Apoderado

REFERENCIA:	Radicación No.	00-67783
	Trámite	002
	Evento	001
	Actuación	416
	Oficio No.	0250
	Folios	001

Teniendo en cuenta que la solicitud de privilegio de patente que se tramita bajo el expediente indicado en la referencia, reúne los requisitos de forma establecidos en los artículos 26 y 27 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, y en las demás disposiciones vigentes sobre la materia, se envía el extracto de la solicitud a la Oficina de Comunicaciones para efecto de su publicación en la Gaceta de Propiedad Industrial, conforme lo establece el artículo 40 de la misma Decisión.

Cúmplase
Dado en Bogotá DC, a los

13 FEB 2003


ALIX CARMENZA CÉSPEDES DE VERGEL
Jefe de la División de Nuevas Creaciones

202050

Bogotá D.C., ABRIL DE 2005

REPÚBLICA DE COLOMBIA



Industria y Comercio

SUPERINTENDENCIA

PUBLICACIÓN DE RECTIFICACIÓN

EXPEDIENTE No. 00-67.783

De acuerdo a la solicitud de fecha Julio/2003

Se publicó en la Sección de Rectificaciones de la Gaceta
No. 530 de fecha 31/07/2003