

P - 11.032

File 2-62.62

209523



7. 1953

27 MAY. 1953

209523

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar

P A T E N T E   D E   I N V E N C I O N

en

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de SCHLUMBERGER WELL SURVEYING CORPORATION, entidad norteamericana, establecida en 2720 Leeland Avenue, Houston, Harris, Tejas, Estados Unidos de América, por:

"UN APARATO DE REGISTRO DE POZOS"

- 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 -

5 El presente invento se refiere a métodos y aparatos de registro de pozos y más en particular se refiere a nuevos métodos y aparatos para obtener indicaciones de la resistividad eléctrica de las formaciones atravesadas por un barrenado que contenga líquido de perforar conductivo.

Los métodos convencionales de registro de

27



209523

la resistividad eléctrica de los tipos revelados en las anteriores patentes de los Estados Unidos No. 1,819,923 y No. 1,394,328 concedidas a Conrad Schlumberger se emplean extensamente con gran éxito para poner en correlación las formaciones atravesadas por un barreno con las mismas formaciones atravesadas por otros barrenos y para apreciar las resistividades reales del material de formación que rodea a un barreno por las indicaciones de resistividad aparente obtenidas.

En las solicitudes de Patentes españolas Nos. 198.176, 201.171, 201.172 y 203.837, se han descrito métodos altamente eficaces y aparatos para obtener registros de resistividad eléctrica aún más detallados. Estos registros indican más exactamente las resistividades verdaderas que se trata de medir, como por ejemplo, las resistividades verdaderas de formación o la resistividad de las zonas en formaciones permeables invadidas por filtrado de líquido de perforación. Cada uno de estos métodos y aparatos novedosos confina la corriente emitida por un electrodo principal que pase a través de un barreno, a una trayectoria predeterminada a través del material de la formación por lo cual las mediciones de potencial hechas en la vecindad del electrodo principal son indicativas de la resistividad del material de formación en la trayectoria o sonda predeterminada. La forma de esta sonda es predeterminada y mantenida substancialmente constante durante una operación de registro emitiendo una corriente auxiliar en la cercanía de dicho electrodo de corriente principal y controlando o regulando la amplitud y fase de

27



209523

polaridad de la corriente auxiliar de conformidad con las diferencias de potencial creadas en el líquido de perforación por el flujo de la corriente principal.

5 Un objeto principal del presente invento es proveer métodos y aparatos novedosos para obtener indicaciones de las resistividades del material de formación en una trayectoria o senda predeterminada sin confinar una corriente a esta trayectoria o senda.

10 Este objeto del invento, y otros, se logran emitiendo en el barreno por lo menos dos corrientes de carácter tan distinto que las diferencias de potencial creadas por el flujo de una de las dos corrientes puedan ser separadas fácilmente, es decir, por discernimiento de tiempo o de frecuencia, de las  
15 diferencias de potencial creadas por el flujo de la otra de las corrientes. Por lo menos dos diferencias de potencial distintas creadas por el flujo de cada corriente son alimentadas a un calculador que combina estas diferencias de potencial automáticamente, de las cuales hay por lo menos cuatro, para dar una indicación de la resistividad del material de formación  
20 en una senda predeterminada. Los métodos y aparatos noveles del presente invento podrán emplearse, por ejemplo, conjuntamente con cualquiera de los grupos de electrodos revelados en las peticiones mencionadas antes, y las indicaciones de resistividad obtenidas serán substancialmente iguales que si se hiciera  
25 pasar corriente por la senda en particular predeterminada de

27 MAY 1966



209523

acuerdo con las revelaciones de cada petición de patente.

En una aplicación en particular del invento se provee un grupo de electrodos adaptado para pasarlo a través de un barreno, que tiene un primer electrodo emisor de corriente separado por dos electrodos intermedios medidores de potencial, de un segundo electrodo emisor de corriente. Se abastece al primer electrodo una corriente que tenga, preferible pero no necesariamente, una intensidad constante, y se abastece al segundo electrodo una corriente auxiliar que tenga una ocurrencia de tiempo o de frecuencia diferente de la de la corriente primaria para que la diferencia de potencial cuasada por ello pueda ser separada de las diferencias de potencial cuasadas por la corriente primaria. Los potenciales relativos entre los dos electrodos intermedios causados por las corrientes primaria y auxiliar son medidos separadamente. De igual manera los potenciales absolutos entre uno de los electrodos intermedios y un potencial de referencia, tal como potencial de tierra, causados por las corrientes primaria y auxiliar, son medidos separadamente.

Asumiendo emisión de corriente de intensidad constante del primer electrodo, el valor de resistividad es derivado de las cuatro mediciones de potencial y es proporcional a la suma de dichos dos potenciales absolutos después de corregir uno de dichos potenciales por un factor proporcional a la relación de dichos dos potenciales relativos. Si la corriente primaria no



27  
209523

es de intensidad constante, el valor derivado puede ser dividido por una cantidad proporcional a la corriente para rendir el valor de resistividad independiente de la intensidad de la corriente primaria.

5           Es preferible, aunque no necesario, que el grupo de electrodos se haga simétrico alrededor del primer electrodo mediante la adición de otros electrodos correspondientes a los electrodos intermedios y al segundo electrodo, respectivamente, colocados en posiciones correspondientes en el lado  
10 opuesto del primer electrodo, y conectados eléctricamente para formar pares de electrodos simétricos. En otras aplicaciones del invento, las posiciones relativas de los electrodos emisores de corriente y de los electrodos medidores de potencial en el grupo pueden ser transpuestos.

15           El invento se podrá comprender mejor mediante la descripción detallada a continuación, conjuntamente con los dibujos anexos, en los cuales:

La Figura 1 es un diagrama esquemático de uno de los grupos de electrodos de registro eléctrico descritos en la  
20 antes mencionada solicitud de patente No. 198.176, acoplados a un circuito para obtener indicaciones de resistividad de conformidad con el presente invento;

Las figuras 1A, 1B, y 1C muestran diagramas esquemáticos de grupos de electrodos según se revelan en las  
25 solicitudes de patentes españolas Nos. 201.171, 201.172 y 203.837.



209523

respectivamente, que pueden ser empleados de conformidad con el presente invento;

La figura 2 es un diagrama de circuito de un calculador apropiado para obtener indicaciones de resistividad eléctrica en el registro de pozos, altamente eficaces, de conformidad con el presente invento;

La Fig. 3 es un diagrama de circuito de una modificación del sistema de registro mostrado en la Fig. 2;

La Fig. 4 es un diagrama de circuito de otra modificación de un sistema de registro de resistividad eléctrica de conformidad con el invento; y

La Fig. 5 es un diagrama de circuito de una forma alternativa de calculador apropiado para usarlo con cualquiera de los grupos de electrodos ilustrados en las Figs. 1, 1A, 1B o 1C.

En la Fig. 1 un barreno 11 que contiene líquido de perforación 12 conductor eléctricamente, atraviesa una pluralidad de formaciones terrestres 13. Un grupo de electrodos 14, que, por ejemplo, puede disponerse de conformidad con los principios revelados en la susodicha solicitud de patente española No. 198.176, comprende un electrodo central  $A_0$ , pares intermedios de electrodos  $M_1$  y  $M_2$  y  $M_1'$  y  $M_2'$ , respectivamente, puestos en corto circuito, y electrodos exteriores  $A_1$  y  $A_2$  puestos en corto circuito. El grupo de electrodos 14 puede pasarse por el barreno por medio de un malacate corriente y un cable (no mostrados).



200523

La corriente eléctrica procedente de una fuente 15 situada fuera del barreno 11 es transmitida por un conductor aislado 16 al electrodo  $A_0$  en el barreno, desde el cual es emitida. Esta corriente fluye dentro y a través de la formación 13 yendo a un electrodo B en un potencial de referencia. El circuito es completado por un conductor 17 que conecta con el borne de potencial bajo de la fuente 15. La corriente que pasa entre el electrodo  $A_0$  y el electrodo B preferiblemente es de intensidad constante, y la fuente 15 podrá comprender, por ejemplo, la bien conocida combinación de un generador de voltaje constante 18 en serie con una alta impedancia 19.

La corriente auxiliar procedente de una fuente 21 es transmitida por un cable conductor aislado 22 a los electrodos  $A_1$ ,  $A_2$ . La corriente auxiliar pasa por vía de las formaciones terrestres y/o el líquido de perforación conductor 12 a un punto 23 en un potencial de referencia y regresa al borne de potencial bajo de la fuente 21 por un conductor 24.

Las corrientes primaria y auxiliar que fluyen desde los electrodos  $A_0$  y  $A_1$ ,  $A_2$ , respectivamente, crean potenciales en los electrodos  $M_1$ ,  $M_2$  y  $M_1'$  y  $M_2'$ . Para distinguir entre los potenciales causados por las corrientes primaria y auxiliar, la fuente 15 puede abastecer corriente en una frecuencia  $f_1$  y la fuente 21 puede abastecer corriente en una frecuencia diferente  $f_2$ . Es de entenderse que cualquiera de estas frecuencias puede ser cero, es decir, una de las corrientes puede ser unidireccional. Alternativamente, las



7 MAY. 1953

209523

fuentes 15 y 21 pueden abastecer corriente bien en la misma frecuencia alterna o corriente continua pero durante intervalos alternados con el resultado de que las corrientes son capaces de separación de tiempo.

5                    En el aparato en particular de la Fig. 1, la corriente primaria en la frecuencia  $f_1$  emitida desde el electrodo  $A_0$  crea una diferencia de potencial  $e_1$  en la frecuencia  $f_1$  entre los electrodos  $M_1$ ,  $M_2$  y un punto de potencial de referencia, es decir, potencial de tierra. Una diferencia de potencial  
10 correspondiente  $e_2$  en la frecuencia  $f_2$  es causada por la corriente auxiliar en la frecuencia  $f_2$ . Además, diferencias de potencial  $e_1'$  y  $e_2'$  en las frecuencias  $f_1$  y  $f_2$ , respectivamente, aparecen entre los electrodos  $M_1$ ,  $M_2$  y  $M_1'$ ,  $M_2'$ . Estos cuatro potenciales pueden ser separados por cualquier medio  
15 conveniente y aplicarse a un calculador 37. Por ejemplo, un cable conductor aislado 25 es conectado con los electrodos  $M_1$ ,  $M_2$  y aplica el potencial que aparece allí a un filtro 26 el cual está adaptado para transmitir la frecuencia  $f_1$  y rechazar la frecuencia  $f_2$  y a un filtro 27 el cual está  
20 adaptado para transmitir la frecuencia  $f_2$  y rechazar la frecuencia  $f_1$ . Las cargas de alta impedancia 28 y 29 se conectan entre los bornes de salida de los filtros 26 y 27, respectivamente, y un punto 31 en un potencial de referencia. Esta disposición de circuito da por resultado la reproducción  
25 de las diferencias de potencial  $e_1$  y  $e_2$  a través de las



1955

209523

impedancias 28 y 29 respectivamente.

Los potenciales que aparecen en los electrodos  $M_1'$ ,  $M_2'$  son transmitidos fuera del barreno 11 por medio de un cable conductor aislado 32. Las diferencias de potencial  $e_1'$  y  $e_2'$  correspondientes al descenso de potencial entre los electrodos  $M_1$ ,  $M_2$  y  $M_1'$ ,  $M_2'$  en las frecuencias  $f_1$  y  $f_2$ , respectivamente, son separadas por los filtros 33 y 34, respectivamente, conectados a través de los cables conductores 25 y 32. Los filtros 33 y 34 son semejantes a los filtros 28 y 27, respectivamente. Las diferencias de potencial  $e_1'$  y  $e_2'$  aparecen a través de las cargas de alta impedancia 35 y 36, respectivamente, acopladas a los bornes de salida de los filtros 33 y 34, respectivamente.

Cada una de las diferencias de potencial  $e_1$ ,  $e_2$ ,  $e_1'$  y  $e_2'$  tomadas separadamente representa una señal convencional de registro de resistividad eléctrica, es decir, los potenciales  $e_1$  y  $e_2$  son señales "normales" para corriente que pasa desde los electrodos  $A_0$  y  $A_1$ ,  $A_2$ , respectivamente, y los potenciales  $e_1'$  y  $e_2'$  son señales "inversas" de las mismas corrientes, respectivamente. Empero, he descubierto una relación entre estos voltajes que permite la combinación de los mismos de una manera tal que den la misma indicación que si la corriente del electrodo  $A_0$  fuese forzada realmente dentro de las formaciones en una trayectoria o senda predeterminada de conformidad con los métodos y aparatos descritos en la



209523

solicitud de patente No. 198.176. Esta relación es como sigue:

$$R \propto e_1 + \frac{(e_2)(e_1')}{(e_2')} \quad (1)$$

en la cual R es un valor de resistividad substancialmente  
proporcional al obtenido de conformidad con dicha petición  
5 y en la cual  $e_1$ ,  $e_1'$ ,  $e_2$  y  $e_2'$  son las magnitudes de los  
cuatro potenciales medidos. Así, asumiendo un flujo de  
corriente positivo desde los electrodos  $A_0$  y  $A_1$ ,  $A_2$ , los  
potenciales  $e_1$ ,  $e_2$  y  $e_1'$  son positivos y el potencial  $e_2'$   
es negativo. De acuerdo con el presente invento los poten-  
10 ciales que aparecen a través de las impedancias 28, 29, 35 y  
36, rectificadas si se desea, pueden ser aplicados a un cir-  
cuito de calculador electrónico o electromecánico 37 que pro-  
duce una señal de salida proporcional a la resistividad R de  
conformidad con la relación (1) susodicha. La señal de salida  
15 preferiblemente es registrada de una manera convencional por  
un instrumento 38 como una función de la profundidad del grupo  
de electrodos 14 en el barreno 11.

La resistividad del material de formación en una  
sena confinada aun más puede obtenerse, bajo ciertas circuns-  
20 tancias, resolviendo la relación:

$$R \propto e_1 + K \frac{(e_2)(e_1')}{(e_2')} \quad (2)$$

en la cual K es una constante mayor que uno. La indicación  
de resistividad obtenida de conformidad con la relación (2)



209523

será substancialmente igual a las obtenibles de conformidad con la antes mencionada solicitud de patente española No. 198.176 cuando la corriente auxiliar de los electrodos  $A_1$ ,  $A_2$  es aumentada más allá del valor necesario para reducir la diferencia de potencial entre los electrodos  $M_1$ ,  $M_2$  y  $M_1'$ ,  $M_2'$  a cero. En la descripción de un calculador apropiado, se trata acerca de la relación (1). Sin embargo, la relación (2) puede emplearse sencillamente introduciendo el factor K al sumar los dos términos de la relación (1).

En lugar del grupo de electrodos 14 mostrado en la Fig. 1, cualquiera de los grupos mostrados en las antes mencionadas solicitudes de patentes españolas Nos. 201.171, 201.172 y 203.837 pueden ser empleado, según se muestra, por ejemplo, en las Figs. 1A, 1B y 1C en las que se aplican caracteres de referencia iguales, a elementos semejantes.

En la Fig. 2 se revela una forma preferida del calculador 37 y puede ser utilizado, por ejemplo, con cualquiera de los grupos de electrodos revelados en relación con la Fig. 1. En la Fig. 2 el calculador está conectado con el grupo de electrodos mostrado en la Fig. 1B. El calculador puede estar en la superficie de la tierra o en una envoltura resistente a la presión 39 adaptada para pasar a través del barreno con el grupo de electrodos. Un generador de frecuencia constante 41 se adapta para abastecer corriente constante preferiblemente en la frecuencia  $f_1$  al electrodo central  $A_0$  por medio de una



209523

alta impedancia 42 y conductor aislado 16'. El borne de impedancia baja del generador 41 es conectado por un conductor 17' con el electrodo de tierra B el cual puede estar, por ejemplo, en el exterior de la envoltura 39. Un segundo generador 43 se adapta para abastecer corriente en la frecuencia  $f_2$  al electrodo exterior  $A_1$  por un conductor 22'. En consecuencia, entre los electrodos  $M_1$  y  $M_1'$  existe una diferencia de potencial  $e_1'$  en la frecuencia  $f_2$ . Entre el electrodo  $M_1$  y tierra existe una diferencia de potencial  $e_1$  en la frecuencia  $f_1$  y diferencia de potencial  $e_2$  en la frecuencia  $f_2$ . Tomando el electrodo  $M_1$  como un punto de referencia, la fase o polaridad del potencial  $e_2'$  es opuesta o negativa a la del potencial  $e_2$ , mientras que el potencial  $e_1'$  será de fase o polaridad igual con el potencial  $e_1$ .

La relación (1), que combina las diferencias de potencial  $e_1$ ,  $e_2$ ,  $e_1'$  y  $e_2'$  para proveer un potencial  $R$  más cercanamente proporcional a la resistividad de la formación, se deriva por medio de un amplificador 44 de amplificación variable cuya amplificación total  $G$  es controlada o regulada de acuerdo con la diferencia entre el voltaje que aparece a través de los arrollamientos primarios 45 y 46 de un transformador 47 por la acción de una disposición de realimentación o reacción que comprende un amplificador 48, un filtro 49, otro amplificador 51 y un detector 52 conectados en serie. Las diferencias de potencial  $e_1'$  y  $e_2'$  son abastecidas por



2  
209523

un transformador de aislamiento 53 a la entrada del amplificador de amplificación variable 44. El arrollamiento primario 45 del transformador 47 está conectado en el circuito de salida del amplificador 44. El arrollamiento primario 46 del transformador 47 está conectado entre tierra y el electrodo  $M_1$  por medio de los conductores 54 y 25' lo que da por resultado que los potenciales  $e_1$  y  $e_2$  aparecen a través del arrollamiento 46 en adición algebraica a las señales de salida  $Ge_1'$  y  $Ge_2'$  del amplificador de amplificación variable que son señaladas en el arrollamiento 45. Los potenciales  $e_1$  y  $e_2$  pueden obtenerse del electrodo  $M_1'$ , si se desea, sin cambiar el valor de resistividad calculado subsiguientemente.

En lo que concierne a la frecuencia  $f_2$ , la señal combinada aplicada al amplificador 48 por medio de un arrollamiento secundario 50 del transformador 47 es proporcional a  $e_2 - Ge_2'$ , visto que  $e_2'$  es negativo. Esta señal es transmitida por el filtro 49 que substancialmente elimina señales de la frecuencia  $f_1$ . La señal filtrada es amplificada en el amplificador 51 y rectificada en el detector 52 el cual preferiblemente se hace sensitivo de fase a la frecuencia  $f_2$  aplicando un potencial de referencia de la misma frecuencia desde el generador 43 por un conductor 55. Un potencial directo proporcional a  $e_2 - Ge_2'$  es aplicado a los circuitos de control de amplificación del amplificador 44 con una polaridad tal que tienda a cancelar la señal combinada de la



2

209523

frecuencia  $f_2$  aplicada al amplificador 48. Esto causa que el potencial  $e_2'$  a través del arrollamiento 45 sea igual al potencial  $e_2$  a través del arrollamiento 46. En consecuencia, la amplificación  $G$  del amplificador de amplificación variable 44 será continuamente igual a  $\frac{e_2}{e_2'}$ .

El amplificador de amplificación variable 44 debe construirse para que tenga una amplificación en la frecuencia  $f_1$  que sea proporcional a la amplificación en la frecuencia  $f_2$ . Específicamente, el factor de proporcionalidad debe ser  $K$  para satisfacer la relación (2) y unidad para satisfacer la relación (1). Con esta amplificación igual a  $\frac{e_2}{e_2'}$ , considérese ahora el efecto de la corriente de la frecuencia  $f_1$  en el circuito del calculador. La señal aplicada a través del arrollamiento 46 será igual a  $e_1$ , y la señal aplicada a través del arrollamiento 45 será igual a  $Ge_1'$ . Así, la señal en la entrada del amplificador 48 será proporcional continuamente a la suma algebraica de las dos señales o el  $+ Ge_1'$ . Visto que  $G = \frac{e_2}{e_2'}$  la señal aplicada al amplificador 48 se hace proporcional continuamente a  $e_1 + \left(\frac{e_2}{e_2'}\right)e_1'$ , que es igual a la antes mencionada relación (1). Así, en vista de que las señales de la frecuencia  $f_2$  son substancialmente eliminadas, la señal de salida del amplificador 48 es un potencial de la frecuencia  $f_1$ , que es substancialmente lo mismo que el potencial medido de conformidad con la antes mencionada solicitud de



209523

patente española No. 201.172, y por tanto es proporcional  
a la resistividad de material de formación en una sonda  
predeterminada, aunque ni la corriente de la frecuencia  
 $f_1$  ni de la frecuencia  $f_2$  está confinada a esta trayectoria o  
5 sonda.

La señal de salida del amplificador 48 puede apli-  
carse al detector lineal 56 por medio de un filtro dejando  
pasar solamente la frecuencia  $f_1$ , si se desea. El voltaje  
descubierto puede enviarse a la superficie de la tierra por  
10 medio de cables conductores aislados 57 y 58 a un galvanóme-  
tro registrador de alta impedancia 59 el cual preferiblemente  
hace un registro de la resistividad R como una función de la  
profundidad del grupo de electrodos en el barreno. El detec-  
tor 56 preferiblemente se hace selectivo de fase con la  
15 inserción de un potencial de referencia en la frecuencia  
 $f_1$  aplicado por un conductor 61 desde el generador 41.

Si se desea, se podrá obtener simultáneamente con  
la medición de R, una o más mediciones de resistividad repre-  
sentativas de profundidades más cortas de investigación de  
20 conformidad con las descripciones contenidas en las solicitudes  
de patentes españolas Nos. 198.582 y 201.172. Para este fin  
puede conectarse un conductor 62 desde el electrodo  $M_1$  con un  
filtro 63 que transmite corriente solamente en la frecuencia



209523

$f_1$ . Diferencias de potencial de la frecuencia  $f_1$  entre el electrodo  $M_1$  y tierra son aplicadas a un detector 64 conectado con la salida del filtro 63. La señal detectada puede ser enviada a la superficie de la tierra por medio de conductores aislados 65 y 66, donde se pueden registrar valores de resistividad en un galvanómetro de alta impedancia 67. Toda la energía eléctrica necesaria para accionar el equipo electrónico en la envoltura 39, podrá ser abastecida, por ejemplo, por un generador de voltaje alterno 68 en la superficie de la tierra por medio de conductores aislados 69 y 71 a un abasto de energía de tipo convencional 72.

La aplicación mostrada en la Fig. 2 funciona sobre una base de separación de frecuencia. Según se menciona antes el invento es aplicable a métodos de separación de tiempo y el aparato calculador revelado en relación con la Fig. 2 se adapta muy bien a los mismos. En la Fig. 3 el grupo de electrodos puede ser, por ejemplo, igual al mostrado en la Fig. 1, y esta aplicación será descrita en relación con el grupo de electrodos construido de acuerdo con la antes mencionada solicitud de patente española No. 198.176, a pesar de que se podrá emplear cualquier grupo de electrodos revelado en las



1950

209523

otras peticiones copendientes, si se desea.

En la Fig. 3 un conmutador rotatorio 73 accionado por motor 74, tal como un motor eléctrico, controla e regula la ilación de funcionamiento del calculador de resistividad para generar y detectar cuatro potenciales significativos que se combinan para producir una señal sencilla resultante indicadora de la medición de resistividad deseada. El conmutador 73 se ilustra comprendiendo una pluralidad de discos o chapas conductivas 75-81 que hacen conexión corrediza continua o intermitente con brazos de contacto elásticos rozadores, tales como el brazo de contacto 82. Los discos están montados en y aislados de un eje común que los hace girar simultáneamente.

Los discos de conmutador 75 y 76 están adaptados para abastecer entre el electrodo  $A_0$  y el electrodo a tierra B una corriente de polaridad alterna durante cuartos de ciclos o períodos alternados del conmutador 73, desde una fuente de corriente continua 83. Durante los cuartos de ciclos intermedios los discos de conmutador 77 y 78 están adaptados para abastecer una corriente de polaridad alterna entre los electrodos  $A_1$ ,  $A_2$  y el potencial de tierra, desde una fuente de corriente continua 84.

Los conductores 25 y 32 desde los electrodos  $M_1$ ,  $M_2$  y  $M_1'$ ,  $M_2'$ , respectivamente, están conectados con un



1953

209523

transformador de aislamiento 85, cuyo arrollamiento secundario está conectado a través de la entrada de un amplificador de amplificación variable 86 semejante al amplificador 44 de la Fig. 2. Durante cuartos de ciclos alternados se aplican potenciales iguales a  $e_1'$  y  $e_2'$ , al amplificador 86, y la señal amplificada es abastecida a un arrollamiento primario 87 de un transformador 88. El transformador 88 corresponde al transformador 47 de la Fig. 2 e incluye otro arrollamiento primario 89 a través del cual potenciales iguales a  $e_1$  y  $e_2$  alternados. Durante cuartos de ciclos son aplicados durante cuartos de ciclos/pares un potencial proporcional a  $e_1 - Ge_1'$  y durante cuartos de ciclos nones un potencial proporcional a  $e_2 - Ge_2'$  aparece a través del arrollamiento secundario 91 del transformador 88.

El arrollamiento secundario 91 está conectado con la entrada de un amplificador 92 y con el disco de conmutador 80. El circuito de salida del amplificador 92 está equilibrado con respecto a tierra y provee dos conductores de salida 90 y 90' en los cuales aparecen las señales de salida con polaridad opuesta. Los conductores 90 y 90' están conectados alternadamente con un disco de conmutador 79 que aplica un potencial de control rectificado por un cable 93 al circuito de control de amplificación del amplificador 86 únicamente durante los cuartos de ciclos nones. La amplificación  $G$  del amplificador 86 en consecuencia se hace substancialmente igual a  $\frac{e_2}{e_2'}$ , y el circuito de control tiene demora de tiempo



209523

suficiente para mantener esta amplificación inalterada durante los cuartos de ciclos pares cuando se esté aplicando el' al amplificador 86.

5 Los discos de conmutador 80 y 81 sirven para abastecer una señal rectificadora a un contador 94 únicamente durante los cuartos de ciclos pares. Así se observa que un potencial directo proporcional a la relación (1) antes mencionada puede ser registrado continuamente por el contador 94 como función de la profundidad del grupo de electrodos en el  
10 barrenado.

Para los peritos en el arte será evidente que el presente invento puede emplearse para obtener una pluralidad de indicaciones de resistividad, cada una representativa de una senda o trayectoria de corriente efectiva diferente de  
15 forma predeterminada de los tipos revelados, por ejemplo, en la antes mencionada solicitud de patente española No. 203.837. Para lograr este resultado se puede emplear una pluralidad de frecuencias separables, dos para cada medición de resistividad a lo largo de una senda o trayectoria dada predeterminada.  
20 Alternativamente, por supuesto, puede usarse separación de tiempo fácilmente.

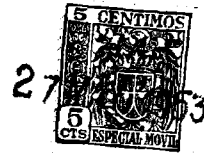
El invento puede emplearse también para obtener indicaciones de resistividad equivalentes a aquellas obtenibles de conformidad con la solicitud de patente americana  
25 No. 282.579, según se muestra, por ejemplo, en la Fig. 4.



27 3  
209523

La Fig. 4 es un diagrama de circuito de una modificación del invento para obtener una pluralidad de indicaciones de resistividad, cada una indicativa de la resistividad a lo largo de sondas diferentes a través de las formaciones. Un grupo de electrodos 95 puede comprender un electrodo central  $M_0$  y pares de electrodos puestos en corto circuito  $A_3$  y  $A_4$ ,  $A_5$  y  $A_6$ ,  $M_1$  y  $M_2$ , y  $M_3$  y  $M_4$ . Corriente de intensidad constante de frecuencia  $f_1$  es abastecida desde un oscilador 96 entre los electrodos  $A_3$ ,  $A_5$ ,  $A_4$ ,  $A_6$  y el potencial de tierra. Corriente de la frecuencia  $f_2$  es abastecida desde un oscilador 97 entre los electrodos  $A_3$  y  $A_5$  y entre  $A_4$  y  $A_6$ .

Señales  $E_1$  y  $E_2$  correspondientes a las diferencias de potencial a las frecuencias  $f_1$  y  $f_2$ , respectivamente, entre el electrodo  $M_0$  y un punto 98 en potencial de tierra son aplicadas a través de un arrollamiento primario 99 de un transformador 101. Señales correspondientes a los potenciales entre los electrodos  $M_1$ ,  $M_2$  y potencial de tierra son suministradas a la entrada de un amplificador 102 que tenga una amplificación variable  $G$ . Estos potenciales pueden llamarse  $E_1'$  y  $E_2'$  en las frecuencias  $f_1$  y  $f_2$ , respectivamente. Después de la amplificación, los potenciales  $GE_1'$  y  $GE_2'$  son aplicados a un arrollamiento primario 103 adicional del transformador 101, cuyo arrollamiento actúa en adición



209523

algebráica al arrollamiento 99. La salida del transformador  
101 es conectada a un amplificador 103 de amplificación fija.  
El amplificador 103 actúa a través de un filtro 104 que re-  
pulsas la frecuencia  $f_1$ , un amplificador 105 adicional y un  
5 detector 106 para controlar o regular la amplificación del  
amplificador de amplificación variable 102 substancialmente de  
la misma manera que el amplificador 44 es controlado o regula-  
do en el aparato de la Fig. 2. En consecuencia, la amplifica-  
ción  $G$  del amplificador 102 es mantenida igual a la relación  
10 de  $E_2:E_2'$ . Un detector 107 es conectado a la salida del  
amplificador 103 y abastece una señal a un galvanómetro regis-  
trador 108 correspondiente a una resistividad  $R'$  que tiene  
substancialmente el mismo significado que la medición obtenida  
de acuerdo con las antes mencionadas solicitudes de patentes  
15 españolas N<sup>o</sup> 198.176 y americana N<sup>o</sup> 282.579.

Simultáneamente, señales correspondientes al poten-  
cial entre el electrodo  $M_0$  y los electrodos  $M_3$ ,  $M_4$  en las  
frecuencias  $f_1$  y  $f_2$ , respectivamente, son aplicadas a un  
arrollamiento primario 109 de un transformador 111. Señales  
20 correspondientes a los potenciales entre los electrodos  $M_1$ ,  $M_2$   
y  $M_3$ ,  $M_4$  en las frecuencias  $f_1$  y  $f_2$ , respectivamente, son apli-  
cadas a la entrada de un amplificador de amplificación va-  
riable adicional 112, la salida del cual está conectada a otro  
arrollamiento primario 113 del transformador 111, cuyo  
25 arrollamiento actúa en oposición al arrollamiento 109. Un

27



209523

amplificador 114 semejante al amplificador 103 está conectado con la salida del transformador 111. Un filtro 115 que repulsa la frecuencia  $f_1$ , un amplificador 116 y un detector 117 sirven para acoplar la salida del amplificador 114 con el circuito de control de amplificación del amplificador 112. La amplificación del amplificador 112 por consiguiente es controlada automáticamente en la forma antes relatada con el resultado que la señal disponible en la salida del amplificador 114 es proporcional a la resistividad  $R^m$  teniendo substancialmente el mismo significado que en las antes mencionadas solicitudes de patentes española No. 203.837 y americana No. 262.579. Esta señal puede ser rectificada por un detector 118 e indicada por un galvanómetro de alta impedancia 119.

Si ninguna de las frecuencias  $f_1$  o  $f_2$  es cero, una medición de potencial espontáneo se podrá obtener simultáneamente entre los electrodos  $M_0$  y el potencial de tierra por medio de un galvanómetro registrador de alta impedancia 121 el cual está aislado de las corrientes alternas por una bobina de reacción 122.

La figura 5 muestra un calculador 37 del tipo electro-mecánico el cual puede emplearse en el sistema de registro de pozos de la Fig. 1. El calculador 37 puede ser construido como sigue:



209523

Los potenciales  $e_1$ ,  $e_2$ ,  $e_1'$  y  $e_2'$  presentes a través de las resistencias 28, 29, 35 y 36, respectivamente, pueden ser convertidos en voltajes continuos mediante el funcionamiento de detectores 123, 124, 125 y 126, respectivamente.

5 En el calculador 37 la señal de salida rectificadora del detector 125 es aplicada a través de un divisor o partidor de tensión 217 con el resultado de que un potencial proporcional a  $e_1'$  aparece entre un contacto amovible 128 y tierra. La señal de salida del detector 126 es aplicada al divisor de

10 tensión 129 que tiene un contacto amovible 131 el cual es controlado o regulado mecánicamente por un eje 132 accionado por medio de engranajes reductores 133 por un servomotor 134. El contacto 131 está conectado eléctricamente con la entrada de un servoamplificador de control 135 con el cual está conectado

15 también el contacto 128 en el divisor de tensión 127.

El potencial en el brazo de contacto 131 es igual a  $b e_2'$  en que "b" representa la fracción variable de la resistencia total del divisor de tensión 129 entre el brazo 131 y tierra. La suma algebraica de los dos potenciales aplicada al servoamplificador de control 135 es proporcional a

20  $e_1' - b e_2'$ , teniendo en cuenta que  $e_2'$  es negativo. Un voltaje correspondiente a esta cantidad es empleado como una señal de error para controlar o regular la dirección y velocidad de rotación del servomotor 134. Cuando la señal de

25 error llega a ser substancialmente cero, el eje 132 ha movido

209523



1930

el brazo de contacto 131 a una posición tal que  $b$  es proporcional a la relación  $\frac{e_1'}{e_2'}$ .

5 Se provee otro divisor de tensión 136 que tiene un brazo de contacto amovible 137 engranado con el eje 132 con el resultado que el brazo de contacto 137 reproduce la posición del brazo de contacto 131 y un potencial aplicado al divisor de tensión 136 es multiplicado por la fracción  $b$ . La señal de salida del detector 124 es abastecida al divisor de tensión 136; en consecuencia, el potencial que aparece en el  
10 brazo de contacto 137 es proporcional a  $b e_2$  o  $\frac{(e_2)(e_1')}{(e_2')}$ . Este voltaje es amplificado en un amplificador 138 y agregado en una red de resistencia 139 a la salida del detector 123 para proveer un voltaje a través de una resistencia 141 que es proporcional a  $R$  de conformidad con las relaciones (1) o (2)  
15 expuestas anteriormente. Este voltaje es indicado por el indicador 38.

Como cuestión práctica, la relación  $\frac{e_1'}{e_2'}$  será, en general, mayor que la unidad. Por ejemplo, si la corriente emitida por el electrodo  $A_0$  es 1 miliamperio y la corriente  
20 desde los electrodos  $A_1, A_2$  es 100 miliamperios, la relación de potencial podrá exceder la unidad bajo ciertas condiciones, pero normalmente nunca será mayor que un factor dado, por ejemplo, 10. Para entenderse con esta condición, el contacto 128 en el divisor de tensión 127 puede ser dispuesto para  
25 reducir el potencial  $e_1'$  por un factor de 10 y la entrada al



209523

amplificador 138 aumentada por este mismo factor ajustando adecuadamente la amplificación del amplificador 138.

5 Se entenderá que el calculador para combinar los potenciales obtenidos del barreno podrá tener muchas formas conocidas por aquellos expertos en la concepción de calculadores análogos. Debe tenerse presente que las relaciones (1) y (2) podrán ser manipuladas matemáticamente para cambiar su aspecto sin alterar su equivalencia. En consecuencia, el aparato ilustrado es ejemplar solamente y no se debe interpretar como que limita el invento definido en las reivindicaciones anexas.

10





209523

1           3. Un aparato para registro eléctrico según se describe  
 2 en la reivindicación 2, en el que las diferencias de poten-  
 3 cial  $e_1$  y  $e_2$  corresponden a diferencias de potencial entre un  
 4 electrodo en el barreno y tierra, y las diferencias de poten-  
 5 cial  $e_{1'}$  y  $e_{2'}$ , corresponden a la caída de potencial entre  
 6 electrodos estrechamente espaciados o separados en la cercanía  
 7 de dicho electrodo.

1           4. Un aparato para registro eléctrico según se describe  
 2 en las reivindicaciones anteriores, inclusive medios para  
 3 crear dicho segundo campo eléctrico en un segundo punto en el  
 4 barreno.

5. Un aparato de registro de pozos.

MADRID

27 MAY. 1953  
 Alberto de HERRERA  
 Por Fedea  
*Arbe*



209523

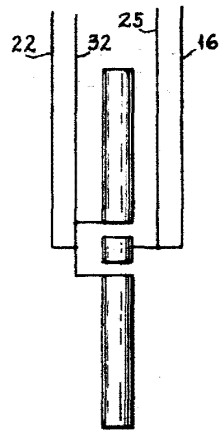
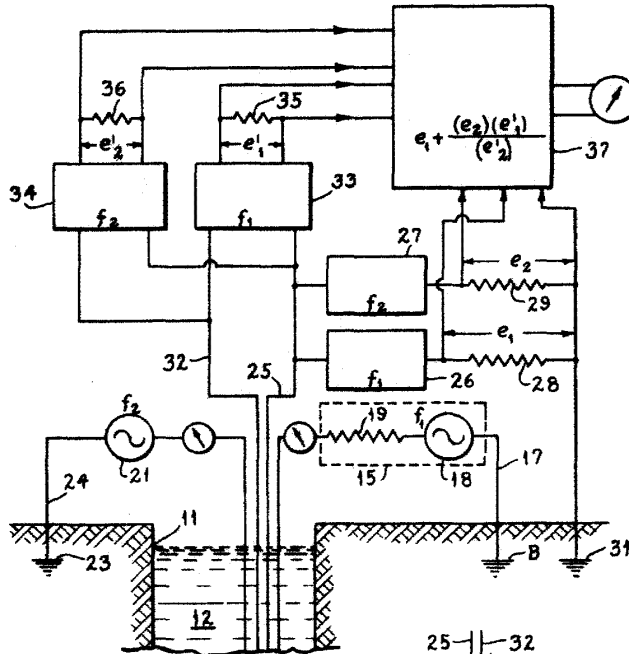


FIG. 1A

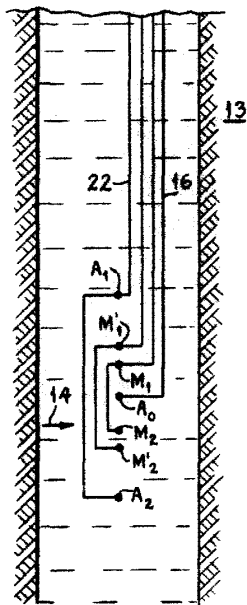


FIG. 1

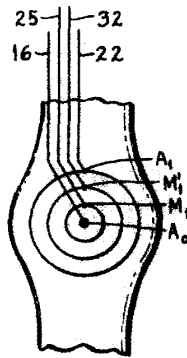


FIG. 1B

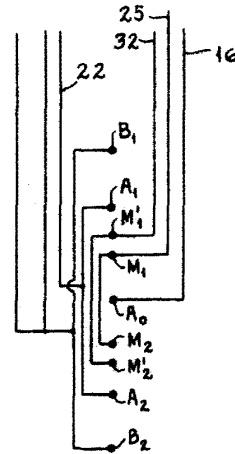


FIG. 1C

*Carla*



209523

27

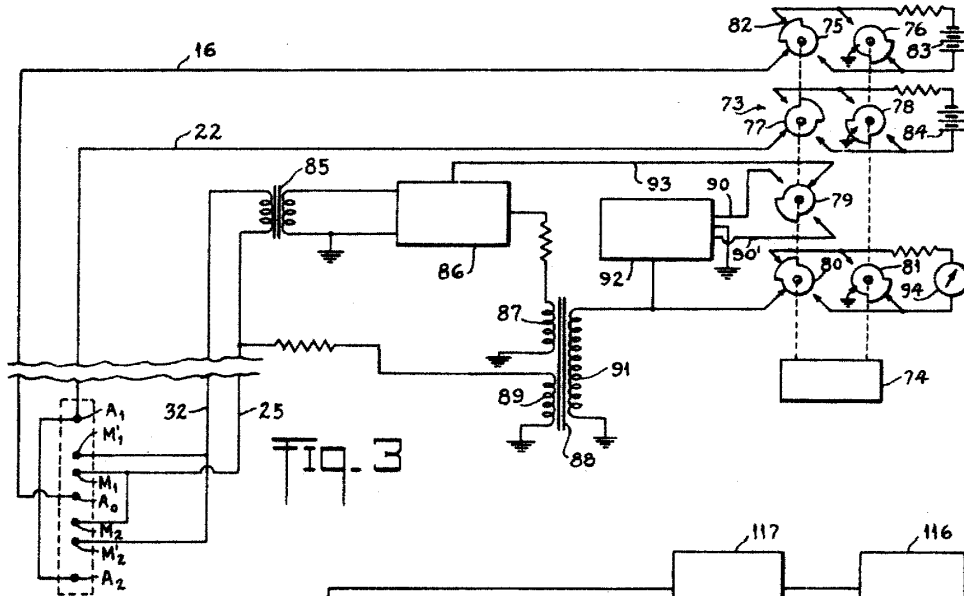


Fig. 3

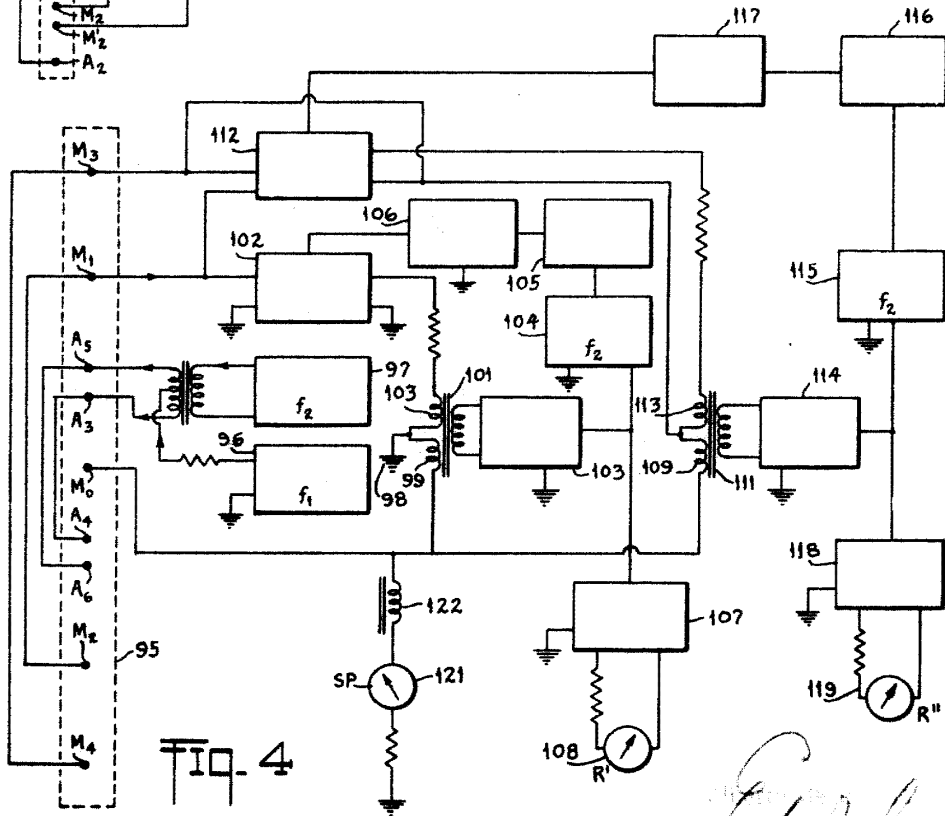


Fig. 4

*Carl*



27 MAR

209523

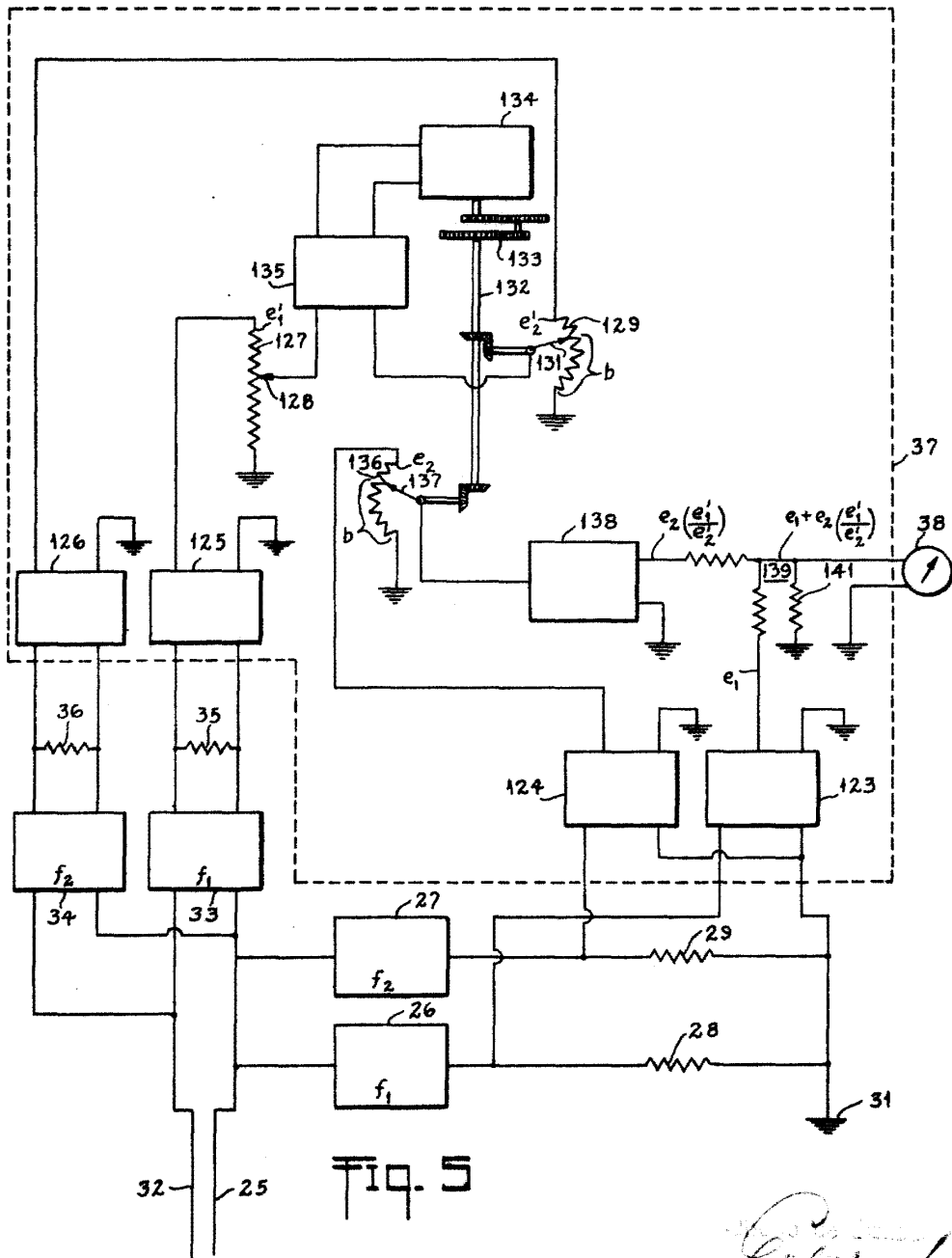


FIG. 5