

444140

23 FEB



P.- 62.035

21.468

MESURE DE LA DENSITE  
DES FORMATIONS

INT. CL.: GOIN 11E21B

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar PATENTE DE INVENCION

a nombre de SOCIETE DE PROSPECTION ELECTRIQUE SCHLUMBERGER

entidad francesa

establecida en 42, rue Saint-Dominique, Paris 7ème,  
Francia

por. "UN DISPOSITIVO PARA MEDIR, CON UNA PRECISION MEJORA, LA DENSIDAD DE UNA FORMACION GEOLOGICA ATRAVESADA POR UNA PERFORACION"

Prioridad: Francia 24 de Enero de 1.975 N° 75/02206



- 8 -  
P.- 62035

21.468

5 La presente invención se refiere a la medición por radiación gamma de la densidad de las formaciones geológicas atravesadas por una perforación; concierne más particularmente a un perfeccionamiento para hacer una tal medición lo más insensible que se pueda a la presencia de la torta de lodo depositada sobre la pared de la perforación.

10 Es conocida la medición de la densidad de una formación geológica irradiándola por rayos gamma y detectando los rayos que se han difundido en la formación. Habiendo reaccionado los rayos detectados principalmente con electrones, cuya densidad es proporcional a la densidad de la formación, su coeficiente de recuento es proporcional a esta magnitud, la cual puede determinarse de este modo.

15 La densidad deducida del coeficiente de recuento de los rayos que se han difundido en la formación no es, de hecho, desafortunadamente más que una densidad aparente, dado que la misma está influenciada por la densidad propia, generalmente diferente de la de la formación, de la torta de lodo depositada sobre la pared de la perforación, la cual deben por consiguiente atravesar dos veces los rayos gamma en su recorrido

20  
25  
26.12.75



- 6

desde la fuente al detector.

5 Para corregir el error debido a la presencia de esta capa parásita, se ha propuesto utilizar dos detectores de radiación dispuestos de tal suerte que uno de ellos, relativamente próximo a la fuente, reciba principalmente los rayos difundidos en la torta de lodo y que el otro, relativamente alejado de la fuente, reciba principalmente los rayos difundidos en la formación. Además, para eliminar la influencia del número atómico medio del medio en el que se ha difundido la radiación, 10 los coeficientes de recuento de los dos detectores no se determinan sobre la totalidad del espectro sino en una banda de energía que abarca los rayos gamma que no se han debilitado prácticamente más que por efecto Compton. 15 Para que, además, la información proporcionada por el detector más próximo a la fuente represente, con todavía más certidumbre, los rayos gamma que se han difundido en los materiales inmediatamente adyacentes a la pared de la perforación, el coeficiente de recuento de este 20 detector se mide en una banda que abarca los rayos cuya energía no se ha degradado en general más que una sola vez por efecto Compton.

25 Dos densidades  $d_L$  (densidad aproximada de la formación) y  $d_C$  (densidad de los materiales inmediatamente adyacentes a la pared de la perforación) se calcu-

26.12.75



lan entonces a partir de los coeficientes de recuento respectivos  $N_L$  y  $N_C$  del detector más alejado y del detector más próximo utilizando las fórmulas clásicas siguientes:

5

$$d_L = d_0 + A \log N_L$$
$$d_C = d'_0 + A' \log(N_C/d_L)$$

siendo  $d_0$ ,  $d'_0$ ,  $A$  y  $A'$  constantes.

Una curva de calibración, construida a partir de medidas efectuadas sobre tortas de lodo de espesores diferentes, permite entonces conocer, en función de la diferencia ( $d_L - d_C$ ), el error  $\Delta d$ , del cual está afectada la densidad aproximada  $d_L$  deducida del coeficiente de recuento  $N_L$ . El valor adoptado para la densidad corregida de la formación es:

15

$$d = d_L + \Delta d$$

Por el hecho de que se impone no tomar en consideración, para el detector situado a pequeña distancia de la fuente, más que los rayos gamma que han sufrido una sola difusión Compton, es decir, los rayos gamma que han penetrado muy poco profundamente en los materiales adyacentes a la perforación, la técnica de compensación descrita arriba da resultados excelentes para espesores de torta de lodo inferiores a la profundidad de penetración de estos rayos, que es de 30 mm aproximadamente, pero más allá de este espesor la compensación es



5 evidentemente mucho menos satisfactoria. Esta limita-  
ción del método actual no tiene, sin embargo, más que  
consecuencias relativamente limitadas, dado que las tor-  
tas de lodo sobrepasan raramente los 30 mm. El único ca-  
so en que el método se encuentra en defecto es el de las  
denominadas arcillas alteradas. Ocurre, en efecto, que  
cierta cantidad de agua es absorbida por las arcillas en  
espesores importantes, que sobrepasan con mucha frecuen-  
cia el límite de los 30 mm, y crea una capa de densidad  
10 inferior a la densidad normal de las arcillas, efecto que  
no puede ser corregido. Se mide entonces una densidad  
de arcilla muy baja, lo que constituye un inconvenien-  
te grave cuando se conoce la importancia asignada a la  
arcilla en las técnicas de interpretación de las medidas  
15 efectuadas en las perforaciones.

Un medio de remediar este inconveniente vie-  
ne inmediatamente al pensamiento. Para poder estar en  
condiciones de tener en cuenta la densidad propia de  
las capas de materiales "parásitos" que tienen un es-  
pesor que sobrepasa los 30 mm y que degradan por tanto  
20 las energías de los rayos por varias difusiones Compton,  
es posible, en efecto, de modo muy sencillo, ampliar  
hacia las energías bajas la ventana de recuento del de-  
tector más próximo a la fuente. En realidad, esta solu-  
ción es mala, dado que, al mismo tiempo que mejora la  
25

26.12.75



5 compensación para los espesores importantes, hace me-  
 nos buena la compensación para los espesores pequeños,  
 lo cual no es aceptable dado que las tortas de lodo  
 tienen, la mayoría de las veces, espesores relativa-  
 mente pequeños.

10 La presente invención aporta una solución  
 mucho más satisfactoria al problema que establece la  
 presencia, en la región adyacente a la pared de la per-  
 foración, de capas gruesas de materiales que tienen una  
 densidad diferente de la densidad de la formación exa-  
 minada.

15 Según la invención, un procedimiento de me-  
 dida de la densidad de una formación geológica atrave-  
 sada por una perforación, del tipo consistente en irra-  
 diar la formación con rayos gamma, medir el coeficiente  
 de recuento de los rayos que se han difundido principal-  
 mente en dicha formación y cuyas energías han sido gene-  
 ralmente degradadas por efecto Compton, y medir el coe-  
 ficiente de recuento de rayos que se han difundido prin-  
 cipalmente en los materiales muy próximos a la perfora-  
 ción y cuyas energías no han sido degradadas generalmen-  
 te más que una sola vez por efecto Compton, se caracte-  
 riza por el hecho de que consiste, además, en medir el  
 coeficiente de recuento de rayos que se han difundido  
 principalmente en los materiales próximos a la perfora-



5 ción y cuyas energías se han degradado generalmente más de una vez por efecto Compton y determinar con ayuda de estos tres coeficientes de recuento la densidad de la formación compensada a la vez de la influencia de los materiales muy próximos a la perforación y de la de los materiales próximos a la perforación pero no inmediatamente adyacentes a su pared.

10 Así, en lugar de decidirse a disminuir la calidad de la compensación para los espesores pequeños a fin de que la compensación para los espesores grandes sea mejor, se mide aparte el coeficiente de recuento de los rayos que se han difundido en una zona próxima a la pared pero cuyas energías han sido degradadas más de una vez por efecto Compton. Este coeficiente de recuento, 15 que es por tanto representativo de la densidad propia de los materiales próximos a la perforación pero no inmediatamente adyacentes a su pared, puede servir así para compensar la influencia de estos materiales, mientras que la influencia de los materiales inmediatamente ad- 20 yacentes a la pared se ve compensada con ayuda de la medida del coeficiente de recuento de los rayos debilitados por una sola difusión Compton. Las dos compensaciones así realizadas no se interfieren mutuamente, y la densidad de la formación puede medirse de un modo ;plenamente satis- 25 factorio.

26.12.75



La invención concierne también, según una forma de realización ventajosa, a un procedimiento de medida de la densidad de una formación geológica atravesada por una perforación, del tipo consistente en:

- 5                   - irradiar la formación con rayos gamma,  
                  - medir el coeficiente de recuento de rayos que se han difundido principalmente en dicha formación y cuyas energías se han degradado generalmente por efecto Compton,
- 10                   - calcular la densidad aproximada de la formación a partir de este primer coeficiente de recuento,  
                  - medir el coeficiente de recuento de rayos que se han difundido principalmente en los materiales muy próximos a la perforación y cuyas energías no se han degradado generalmente más que una sola vez por efecto
- 15                   Compton,  
                  - calcular la densidad de dichos materiales muy próximos a partir de este segundo coeficiente de recuento,
- 20                   - determinar la diferencia entre las dos densidades así calculadas,  
                  - determinar en función de esta diferencia, por medio de datos experimentales, el primer error del que afectan estos materiales muy próximos, por el hecho de su densidad propia, a la densidad aproximada de la
- 25

26.12.75



formación,

- y sumar esta densidad aproximada y dicho primer error para obtener la densidad corregida de la formación;

5 caracterizándose dicho procedimiento, por el hecho de que consiste además en:

- medir el coeficiente de recuento de rayos que se han difundido principalmente en los materiales próximos a la perforación y cuyas energías se han degradado generalmente más de una vez por efecto Compton,

10 - calcular la densidad de dichos materiales próximos a partir de este tercer coeficiente de recuento,

- determinar la diferencia entre las dos densidades calculadas de los materiales próximos y muy próximos a la perforación,

15 - determinar en función de esta diferencia, por medio de datos experimentales, el segundo error del que estos materiales próximos afectan todavía a dicha densidad corregida,

20 - y sumar esta densidad corregida y dicho segundo error para obtener una densidad compensada que es retenida finalmente como la densidad de la formación.

25 La invención concierne igualmente a un dispositivo de utilización del procedimiento que acaba de

26.12.75



ser definido, que comprende:

- una fuente de radiación gamma para irradiar la formación,

5                   - un primer detector de radiación gamma dispuesto a una distancia relativamente grande de la fuente a fin de recoger principalmente los rayos que se han difundido en la formación,

10                   - un segundo detector de radiación gamma dispuesto a una distancia relativamente pequeña de la fuente a fin de recoger principalmente los rayos que se han difundido en los materiales próximos a la pared de la perforación,

15                   - un primer circuito de medida del coeficiente de recuento de los impulsos de salida del primer detector en una ventana que abarca rayos cuya energía ha sido degradada principalmente por efecto Compton.

20                   - un segundo circuito de medida del coeficiente de recuento de los impulsos de salida del segundo detector en una ventana que abarca rayos cuya energía no ha sido degradada generalmente más que una sola vez por efecto Compton,

25                   - y medios de cálculo para determinar a partir de los dos coeficientes de recuento medidos, la densidad de la formación corregida de la influencia de la densidad propia de los materiales inmediatamente adya-



centes a la perforación;  
caracterizándose dicho dispositivo por el hecho de que  
comprende, además:

5                   - un tercer circuito de medida del coeficien-  
te de recuento de los impulsos de salida del segundo  
detector en una ventana que abarca rayos cuya energía  
se ha degradado generalmente más de una vez por efec-  
to Compton,

10                   - y medios de cálculo para determinar con  
ayuda de este coeficiente de recuento la densidad de  
la formación compensada, además, de la influencia de la  
densidad propia de los materiales próximos a la perfo-  
ración pero no inmediatamente adyacentes a su pared.

15                   Otras características de la presente inven-  
ción se deducirán de la descripción que sigue, hecha con  
referencia a los dibujos adjuntos y que da, a título  
explicativo pero en modo alguno limitante, una forma de  
realización de este dispositivo. En estos dibujos:

20                   - la figura 1 representa esquemáticamente una  
sonda equipada con un dispositivo conforme a la inven-  
ción;

                  - la figura 2 representa el cuerpo de análi-  
sis del dispositivo;

25                   - las figuras 3 y 4 representan dos curvas  
experimentales;

26.12.75



- y la figura 5 representa el esquema de los medios de cálculo de densidad a partir de los tres coeficientes de recuento medidos.

5 En la figura 1 se ve, en el interior de una perforación 10 que atraviesa formaciones geológicas 11, una sonda 12 suspendida de un cable 13 que la une a una instalación de superficie 14. La perforación 10 está llena de un fluido tal como aceite, agua, lodo, gas o una combinación de estas sustancias, de tal suerte que, 10 muy a menudo, y en particular ante zonas permeables interesantes, sus paredes están recubiertas de una torta de lodo 15.

15 La sonda 12, que ocupa una posición excéntrica en la perforación 10 gracias a un brazo 16 accionado elásticamente, comprende en el lado opuesto a este brazo un patín 17 que dos brazos 18, accionados elásticamente, apoyan contra la pared de la perforación de tal manera que le hacen seguir del mejor modo posible todas las irregularidades de ésta.

20 El patín 17, que se representa sólo en corte en la figura, comprende, alineados según una misma generatriz de la sonda, en el lado opuesto al brazo 16, una fuente de radiación gamma 19 y dos detectores de centelleo 20 y 21 a distancias diferentes de la fuente. 25 Esta última, constituida por cesio 137 que emite rayos



gamma de 660 keV, está dispuesta en el fondo de una  
cavidad cilíndrica de colimación 22 perpendicular al  
eje de la sonda y obturada por una ventana 23 transpa-  
rente a los rayos gamma, por ejemplo de resina epoxídica.  
5 La fuente 19 está rodeada por una sustancia de blindaje  
24 de densidad alta, tal como wolframio, destinada a evi-  
tar que los dos detectores 20 y 21 se vean influencia-  
dos por los rayos gamma recibidos directamente. El de-  
tector 20 está constituido de modo clásico por un con-  
10 junto centelleador 25 - fotomultiplicador 26. El cente-  
lleador 25 está dispuesto, sensiblemente en el eje del  
patín 17, a 11 cm del eje de la cavidad 22, en el fon-  
do de un conducto de colimación 27 inclinado 45° hacia  
la fuente y atravesando un blindaje de wolframio 28 que  
15 se extiende prácticamente sobre toda la cara del patín  
que mira a la pared. El detector 21 está, también cons-  
tituido por un conjunto centelleador 29 - fotomultipli-  
cador 30. El centelleador 29 está dispuesto a 36 cm del  
eje de la cavidad 22, justamente detrás de una ventana  
20 de protección 31 transparente a los rayos gamma, que  
atraviesa el blindaje de wolframio 28.

La estructura del patín 17 que acaba de des-  
cribirse representa una disposición óptima para la cual  
el detector 20, el más próximo a la fuente 19, es prin-  
25 cipalmente sensible a los rayos gamma que se han difun-

26.12.75



5           dido en los materiales relativamente próximos a la  
pared de la perforación y en particular en la torta  
de lodo 15, mientras que el detector 21, el más ale-  
jado de la fuente, es principalmente sensible a los  
rayos gamma que se han difundido en las formaciones  
11.

10           Las señales emitidas por los dos detecto-  
res se envían a la parte electrónica 32 de la sonda  
que comprende principalmente un nivel de análisis 33  
representado en detalle en la figura 2 y un emisor  
de telemida 34 que asegura la transmisión, hacia  
la instalación de superficie 14, de las informacio-  
nes producidas por el nivel 33.

15           Como aparece en la figura 2, el fotomulti-  
plicador 26 del detector más próximo a la fuente excita,  
por intermedio de su amplificador 35, tres comparadores  
de umbral 36, 37 y 38 que tienen por referencias ampli-  
tudes de impulsos que corresponden a energías detecta-  
das  $E_1$ ,  $E_2$  y  $E_3$  respectivamente. Las energías  $E_1 - E_2$   
20           definen los extremos de una ventana que abarca rayos  
gamma de la fuente de cesio 137 cuya energía se ha de-  
gradado más de una vez por efecto Compton, mientras que  
las energías  $E_2 - E_3$  definen los extremos de una venta-  
na que abarca rayos gamma cuya energía no ha sido degra-  
25           dada más que una sola vez por efecto Compton. La salida



del comparador 36 está unida directamente a una entrada de una puerta ET 39 de dos entradas, mientras que la salida del comparador 37 está unida a la segunda entrada de esta puerta por intermedio de un circuito inversor 40. La salida del comparador 37 está, además, unida directamente a una entrada de una puerta ET de dos entradas 41, mientras que la salida del comparador 38 está unida a la segunda entrada de esta puerta por intermedio de un circuito inversor 42.

Es fácil ver que los impulsos de salida del amplificador 35 que tienen una amplitud correspondiente a una energía detectada inferior a  $E_1$  no producen efecto alguno sobre los comparadores de tensión 36, 37 y 38, cuyos tres niveles de salida conservan el estado lógico 0, de suerte que en este caso, las puertas ET 39 y 41 permanecen bloqueadas. Por otra parte, los impulsos del amplificador 35 que tienen una amplitud correspondiente a una energía detectada superior a  $E_3$  excitan al mismo tiempo los tres comparadores de tensión, pero bajo la acción de los dos circuitos inversores 40 y 42, las puertas ET 39 y 41 quedan de nuevo bloqueadas. Por el contrario, los impulsos cuya amplitud corresponde a una energía comprendida entre  $E_1$  y  $E_2$  excitan el comparador 36, pero no el comparador 37. Sin embargo, bajo la acción del circuito inversor 40, la



puerta ET 39 deja pasar estos impulsos. Del mismo modo, los impulsos cuya amplitud corresponde a una energía comprendida entre  $E_2$  y  $E_3$  excitan los comparadores 36 y 37 pero no el comparador 38. Bajo la acción combinada de estos tres comparadores y de los circuitos inversores 40 y 42, la puerta ET 39 permanece bloqueada pero la puerta 41 deja pasar los impulsos. En resumen, la puerta ET 39 produce un impulso para todo impulso del amplificador 35 correspondiente a una energía detectada comprendida entre  $E_1$  y  $E_2$ , mientras que la puerta 41 produce un impulso para todo impulso del amplificador correspondiente a una energía detectada comprendida entre  $E_2$  y  $E_3$ .

Por su parte, el fotomultiplicador 30 del detector más alejado de la fuente excita por intermedio de su amplificador 43, dos comparadores de tensión 44 y 45 que tienen como referencia amplitudes de impulso correspondientes a energías detectadas  $E'_1$  y  $E'_3$  respectivamente. Estos dos valores definen los extremos de una ventana de energía que abarca rayos gamma de la fuente de cesio 137 cuya energía ha sido degradada principalmente por difusión Compton. La salida del comparador 44 está unida directamente a una entrada de una puerta ET de dos entradas 46, mientras que la salida del comparador 45 está unida a la segunda entrada de



esta puerta por intermedio de un circuito inversor 47.

5 Se ve inmediatamente, sin volver a considerar en detalle el análisis del funcionamiento de esta lógica, análogo al de la lógica del detector 26, que la puerta ET 46 produce un impulso para todo impulso del amplificador 43 cuya amplitud corresponde a una energía detectada comprendida entre  $E'_1$  y  $E'_3$ .

10 En lo que concierne a los valores adoptados para las energías  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$ ,  $E'_1$  y  $E'_3$ , se deduce de lo que antecede que:

- los dos límites inferiores  $E_1$  y  $E'_1$  deben tomarse más allá de la parte de baja energía del espectro que depende del número atómico medio de la sustancia-medio, es decir, generalmente más allá de 120 keV;

15 - los dos límites superiores  $E_3$  y  $E'_3$  deben ser inferiores a la energía de la radiación emitida por la fuente (660 keV para el cesio);

20 - el límite intermedio  $E_2$  debe definirse en función de la fuente, de la separación entre la fuente y el detector situado a pequeña distancia, y de la colimación de este último.

A título indicativo, con una fuente de cesio 137, se tendrá:

- 25 .  $E_1$  y  $E'_1$  comprendidos entre 100 y 200 keV;
- .  $E_2$  comprendido entre 300 y 360 keV;

26.12.75



.  $E_3$  y  $E'_3$  comprendidos entre 450 y 600 keV.

La elección de un valor particular en el interior de cada uno de estos márgenes no es más que una cuestión de optimización. Es importante, en efecto, para un tipo dado de sonda, ajustar los cinco valores arriba indicados de tal manera que se obtenga la mejor sensibilidad posible a los rayos gamma que hayan sufrido una sola difusión Compton, a los que hayan sufrido más de una y a los que no hayan sido debilitados más que por efecto Compton.

Las salidas de las tres puertas ET 39, 41 y 46 se aplican al emisor de telemida 34 que efectúa el recuento respectivo de las mismas y asegura la transmisión secuencial de sus coeficientes de recuento a través del cable 13, hacia el equipo de superficie 14 en el que un receptor de telemida 48 los desmultiplica y los aplica a la entrada de un calculador numérico 49. Este se encarga de determinar la densidad de las formaciones adyacentes al patín 17 a partir de los coeficientes de recuento  $N_L$ ,  $N_C$  y  $N'_C$  de los impulsos suministrados respectivamente por las puertas ET 46, 41 y 39. El valor de la densidad compensada calculada se suministra a un registrador 50.

Antes de describir en detalle el tratamiento efectuado por el calculador 49 sobre los tres coeficien-



tes de recuento  $N_L$ ,  $N_C$  y  $N'_C$ , es importante exponer el principio de la medida. El coeficiente de recuento  $N_L$  medido por el detector más alejado de la fuente en la ventana de energía  $E'_1 - E'_3$  es representativo, como ya se ha indicado, de los rayos cuya energía no ha sido degradada prácticamente más que por efecto Compton. Este coeficiente de recuento no está influenciado, por tanto, por el número atómico medio del medio, sino que depende únicamente de la densidad. Como el detector 21 está relativamente alejado de la fuente 19, los rayos gamma que recibe aquél se han difundido en la formación adyacente pero también, aun cuando en una medida mucho más pequeña, en la torta de lodo 15 que separa la formación del patín 17. Debido a este hecho, la densidad  $d_L$  que se deduce del coeficiente de recuento  $N_L$  no es más que una densidad aproximada de la formación, siendo el error función del espesor y de la densidad propia de la capa 15.

El coeficiente de recuento  $N_C$  medido por el detector más próximo a la fuente va a servir para compensar una primera vez la influencia de esta capa parasita. Este coeficiente de recuento es representativo de los rayos gamma que se han difundido en los materiales relativamente próximos al patín 17. Como, además, el mismo se mide en la ventana de energía  $E_2 - E_3$  que abarca ra-



5 yos gamma cuyas energías no han sido degradadas más  
que una sola vez por efecto Compton, aquél represen-  
ta la densidad de los materiales inmediatamente adyacentes  
a la perforación, que están, como se sabe, situados a me-  
nos de 30 mm del patín. Entonces es posible, una vez que  
se ha calculado la densidad  $d_C$  correspondiente al coefi-  
ciente de recuento  $N_C$ , corregir el efecto de estos mate-  
riales sobre la densidad aproximada  $d_L$  deducida del coe-  
ficiente de recuento proporcionado por el detector más  
10 alejado de la fuente. Esto se realiza con ayuda de una  
curva establecida experimentalmente a partir de medidas  
efectuadas con capas de espesor y densidad conocidos, la  
cual da, en función de la diferencia ( $d_L - d_C$ ), el error  
 $\Delta d$  del que está afectada la densidad aproximada  $d_L$ . Esta  
15 curva depende naturalmente de los detectores y de la fuen-  
te, pero su trazado general es el indicado en la figura  
3. Para permitir una determinación de  $\Delta d$  con ayuda del  
calculador 49, la curva se muestrea y se introduce en la  
memoria del aparato. Así, es suficiente determinar la  
20 diferencia ( $d_L - d_C$ ) y extraer de la memoria el término  
correctivo  $\Delta d$  que le corresponde. Como ya se ha indica-  
do, esta primera corrección permite una compensación de  
la influencia de la densidad propia de los materiales ad-  
yacentes a la pared en tanto que su espesor no sobrepase  
25 los 30 mm.



El tercer coeficiente de recuento  $N'_C$  va a servir entonces para compensar la densidad  $d_L$  para espesores de materiales parásitos superiores a 30 mm. Este coeficiente de recuento, medido él mismo también por el detector más próximo a la fuente, pero en la ventana de energía  $E_1-E_2$ , es representativo de los rayos que se han difundido principalmente en los materiales próximos a la perforación, pero cuyas energías han sido degradadas en principio más de una vez por efecto Compton. Debido a esto, el coeficiente de recuento  $N'_C$  representa la densidad de los materiales próximos a la pared pero no inmediatamente adyacentes al patín, que se hallan en la región no abarcada por la primera compensación. Así pues, se calcula una densidad  $d'_C$  por la relación:

5  
10  
15

$$d'_C = d''_0 + A'' \log N'_C$$

la cual se utiliza para una segunda compensación. Esta se realiza con ayuda de una segunda curva experimental que da, en función de la diferencia ( $d_C - d'_C$ ), el error  $\Delta d'$  del que está afectada la densidad corregida una primera vez.

20

25

Esta curva, cuyo trazado general se da en la figura 4, se muestrea y se introduce en la memoria del aparato. Es suficiente por tanto, como en el caso anterior, calcular la diferencia ( $d_C - d'_C$ ) y extraer de la memoria el término correctivo  $\Delta d'$  que le corresponde.

26.12.75



La densidad  $\underline{d}$  que será retenida finalmente como densidad compensada de la formación, se calcula entonces por la relación siguiente:

$$d = d_L + \Delta d + \Delta d'$$

5 Por este método de compensación doble, es posible eliminar la influencia de la densidad propia de los materiales cercanos a la pared hasta espesores de aproximadamente 60 mm, lo que constituye un valor que abarca la mayoría de las arcillas alteradas.

10 Se hará referencia ahora a la figura 5 que representa esquemáticamente los diferentes subconjuntos del calculador 49 adaptado para determinar, según la técnica que se acaba de exponer, la densidad  $\underline{d}$  de una formación a partir de los tres coeficientes de recuento aplicados  
15 secuencialmente a dicho calculador 49 por el circuito de desmultiplicación incluido en el receptor 48. El bloque de cálculo 51 tiene como función calcular y memorizar en lenguaje numérico la densidad aproximada  $d_L$  a partir del coeficiente de recuento  $N_L$ . La fórmula utilizada  
20 a este efecto es  $d_L = d_0 + A \log N_L$ , en la cual  $d_0$  y  $A$  son constantes experimentales almacenadas en una memoria numérica 52. El bloque de cálculo 53 tiene por función calcular y memorizar en lenguaje numérico la densidad de los materiales muy próximos  $d_C$  a partir del coeficiente de recuento  $N_C$ . La fórmula utilizada a este efecto es  
25

26.12.75



$d_C = d'_0 + A' \log (N_C/d_L)$  en la que  $d'_0$  y  $A'$  son constantes experimentales almacenadas en una memoria numérica 54. En el bloque de cálculo 55, se calcula la diferencia  $d' = (d_L - d_C)$  que se aplica luego al bloque de cálculo 55 adaptado para producir y memorizar en forma numérica el término correctivo  $\Delta d$ , a partir de muestras de valores experimentales almacenados en dicho bloque 55 en forma numérica.

El bloque de cálculo 57 tiene por función calcular y memorizar en forma numérica la densidad de los materiales próximos  $d'_C$  a partir del coeficiente de recuento  $N'_C$ . La fórmula utilizada a este efecto es  $d'_C = d''_0 + A'' \log N'_C$ , en la cual  $d''_0$  y  $A''$  son constantes experimentales almacenadas en una memoria numérica 58. En el bloque de cálculo 59, se calcula la diferencia  $(d_C - d'_C)$  que se aplica luego al bloque de cálculo 60 adaptado para producir y memorizar en forma numérica el término correctivo  $\Delta d'$  a partir de muestras de valores experimentales almacenados en dicho bloque 60 en forma numérica. Los tres valores  $d_L$ ,  $\Delta d$  y  $\Delta d'$  así producidos y memorizados se aplican a un circuito de adición 61 para producir y memorizar hasta la secuencia siguiente el valor de la densidad compensada, según la ecuación  $d = d_L + \Delta d + \Delta d'$ . Este valor se registra a continuación en el registrador 50 en función de la pro-

26.12.75



fundidad.

5 Naturalmente, la presente invención no se  
limita al único modo de realización descrito; aquélla  
se extiende igualmente a las variantes de la totali-  
dad o de una parte de los dispositivos descritos, que  
quedan dentro del marco de las equivalencias. En par-  
ticular, la determinación de la densidad compensada  
de la formación a partir de los tres coeficientes de  
recuento medidos puede hacerse por cualquier tratamien-  
10 to apropiado de estas informaciones.

23 FEB 1976



## REIVINDICACIONES

Los puntos de invención propia y nueva, que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

1a.- Un dispositivo para medir, con una precisión mejorada, la densidad de una formación geológica atravesada por una perforación, del género que comprende: una fuente de radiación gamma para irradiar la formación; un primer detector de radiación gamma dispuesto a una distancia relativamente grande de la fuente de tal manera que recoge principalmente los rayos que se han difundido en la formación; un segundo detector de radiación gamma dispuesto a una distancia relativamente pequeña de la fuente de tal manera que recoge principalmente los rayos que se han difundido en los materiales próximos a la pared de la perforación; un primer circuito de medida del coeficiente de recuento de los impulsos de salida del primer detector en una

12-2-76

- 25 -





5 ventana que abarca rayos cuya energía se ha degradado principalmente por efecto Compton, de tal modo que se produce una señal principal que permite calcular una densidad aproximada; un segundo circuito de medida del coeficiente de recuento de los impulsos de salida del segundo detector en una ventana que abarca rayos cuya energía no se ha degradado generalmente más que una sola vez por efecto Compton de tal manera que se produce una primera señal auxiliar que permite calcular una corrección de densidad correspondiente a los materiales inmediatamente adyacentes a la pared de la perforación, caracterizado por el hecho de que, con vistas a producir una segunda señal auxiliar que permite calcular una corrección de densidad correspondiente a los materiales próximos a la perforación pero no inmediatamente adyacentes a su pared, aquél comprende además un tercer circuito de medida del coeficiente de recuento de los impulsos de salida del segundo detector en una ventana que abarca rayos cuya energía se ha degradado generalmente más de una vez por efecto Compton.

20 2a.- Un dispositivo de medida de la densidad de formaciones según la reivindicación 1a, del género que comprende medios de cálculo de la densidad de la formación corregida por la densidad de los materiales inmediatamente adyacentes a la perforación, que incluyen:

12-2-76



23 FEB 1950

medios de cálculo de la densidad aproximada de la formación a partir del coeficiente de recuento de impulsos medido por dicho primer circuito de medida, medios de cálculo de la densidad de los materiales muy próximos a la formación a partir del coeficiente de recuento de impulsos medido por dicho segundo circuito de medida; medios para determinar a partir de una primera relación experimental, en función de la diferencia entre dicha densidad aproximada y dicha densidad de los materiales muy próximos, la primera corrección a aportar a dicha densidad de formación aproximada, caracterizados por el hecho de que, para producir una señal de densidad totalmente compensada a la vez con respecto a los materiales muy próximos y los materiales próximos a la pared de la perforación, aquéllos comprenden además: medios de cálculo para determinar la densidad de los materiales próximos pero no inmediatamente adyacentes a la pared de la perforación, a partir del coeficiente de recuento de impulsos proporcionado por dicho tercer circuito de medida; medios para determinar, a partir de una segunda relación experimental, en función de la diferencia entre las densidades de dichos materiales próximos y muy próximos, la segunda corrección a aportar a dicha densidad aproximada; y medios para calcular la densidad de formación compensada, a partir de dicha

12-2-76

- 27 -



23 Feb 1976



densidad aproximada y de dichas correcciones primera y segunda.

3ª.- Un dispositivo de medida de densidad según la reivindicación 2ª, en el cual designándose los coeficientes de recuento proporcionados por dichos circuitos de medida primero segundo y tercero respectivamente por  $N_L$ ,  $N_C$  y  $N'_C$ , los medios de cálculo de la densidad aproximada  $d_L$  de la formación están dispuestos para resolver la ecuación  $d_L = d_0 + A \log N_L$ , siendo los términos  $d_0$  y  $A$  constantes determinadas experimentalmente; los medios de cálculo de la densidad  $d_C$  de los materiales muy próximos a la pared de la perforación están dispuestos para resolver la ecuación  $d_C = d'_0 + A' \log (N_C/d_L)$ , siendo los términos  $d'_0$  y  $A'$  constantes determinadas experimentalmente; los medios para producir un primer término de corrección reciben las señales  $d_L$  y  $d_C$  anteriores y engendran una señal  $\Delta d$  definida por una ley experimental  $\Delta d = f(d_L - d_C)$ ; caracterizado por el hecho de que, con vistas a proporcionar una señal de densidad compensada a la vez con respecto a los materiales muy próximos y con respecto a los materiales próximos a la pared de la perforación, aquél comprende: medios de cálculo de la densidad  $d'_C$  de los materiales próximos a la pared de la perforación dispuestos para resolver la ecuación  $d'_C = d''_0 + A'' \log N'_C$ , siendo los términos  $d''_0$  y  $A''$  constantes determinadas experimentalmente; medios para producir un segundo térmi-



no de corrección de densidad que reciben las señales  $d_G$  y  $d'_G$  y que engendran una señal  $\Delta d'$  definida por una ley experimental  $\Delta d' = f(d_G - d'_G)$ ; y medios para calcular la densidad de formación compensada, dispuestos para resolver la ecuación  $d = d_T + \Delta d + \Delta d'$ .

4ª.- Un dispositivo de medida de densidad según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por el hecho de que, con vistas a producir dicha señal principal y dichas dos señales auxiliares, dichos circuitos de medida primero, segundo y tercero están adaptados respectivamente para proporcionar coeficientes de recuento de impulsos cuyas amplitudes corresponden a energías comprendidas entre un primer límite bajo  $E'_1$  y un primer límite alto  $E'_3$ , entre un segundo límite bajo  $E_1$  y un límite intermedio  $E_2$ , entre este límite intermedio  $E_2$  y un segundo límite alto  $E_3$ , siendo los márgenes de energía de dichos límites los siguientes:  $100 < E_1$  y  $E'_1 < 200$  keV;  $300 < E_2 < 360$  keV;  $450 < E_3$  y  $E'_3 < 600$  keV; en el caso en que la fuente de radiación es cesio 137.

5ª.- Un dispositivo de medida de densidad según la reivindicación 1ª ó 2ª, caracterizado por el hecho de que, con vistas a ser sensible únicamente a los materiales muy próximos y próximos a la pared de la perforación, el segundo detector está dispuesto en



23 FEB



el fondo de un conducto de colimación inclinado en dirección de la fuente según un ángulo de aproximadamente 45°.

5 6ª.- Un dispositivo para medir, con una precisión mejorada, la densidad de una formación geológica atravesada por una perforación.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

10 Esta Memoria consta de treinta hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 23 FEB. 1976  
P.A.

Oscar de Elizaburu  
Por Poder.

12-2-76  
IFG/JAR.



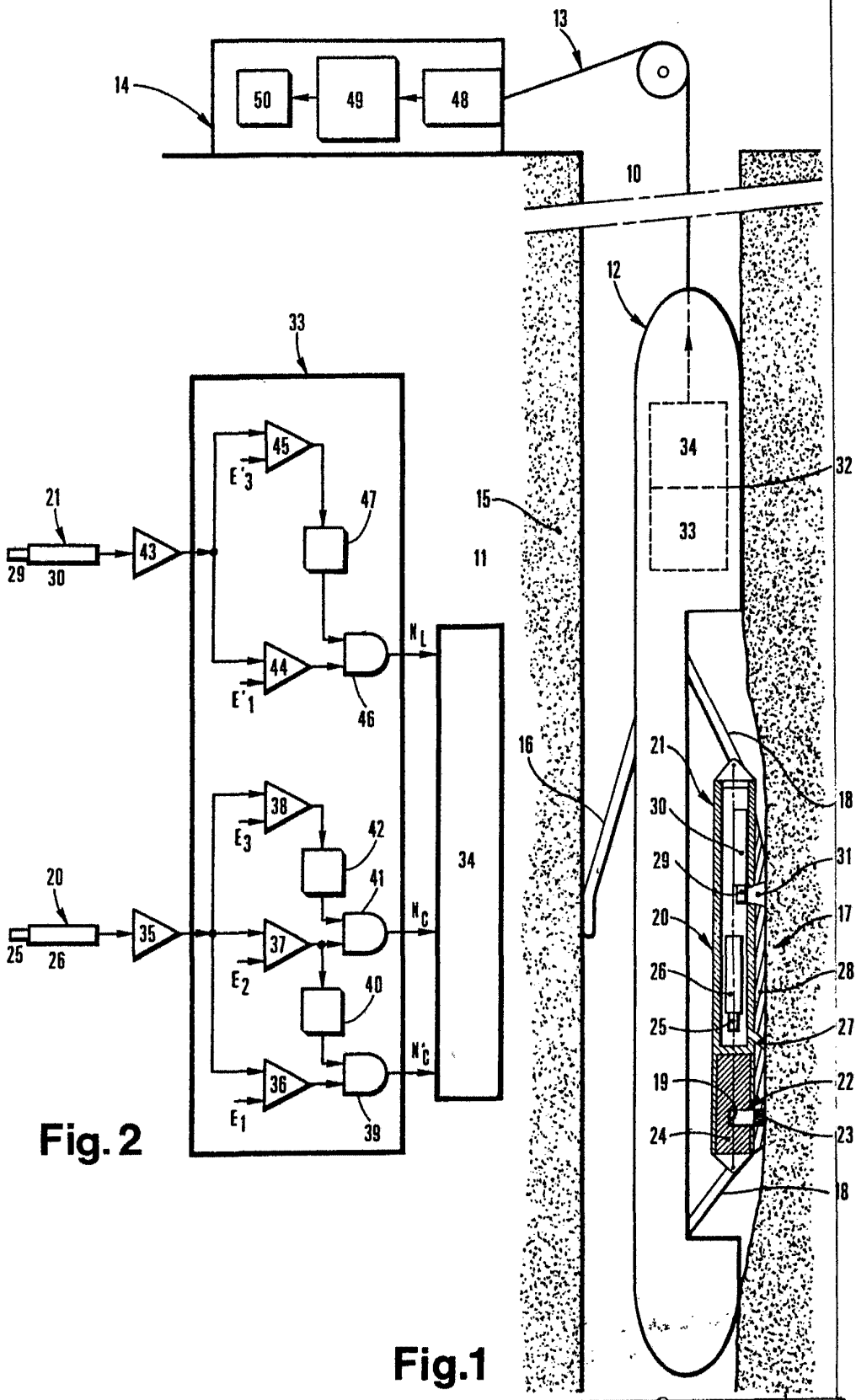


Fig. 2

Fig. 1

Office de Schumberg  
Paris

22 000 076

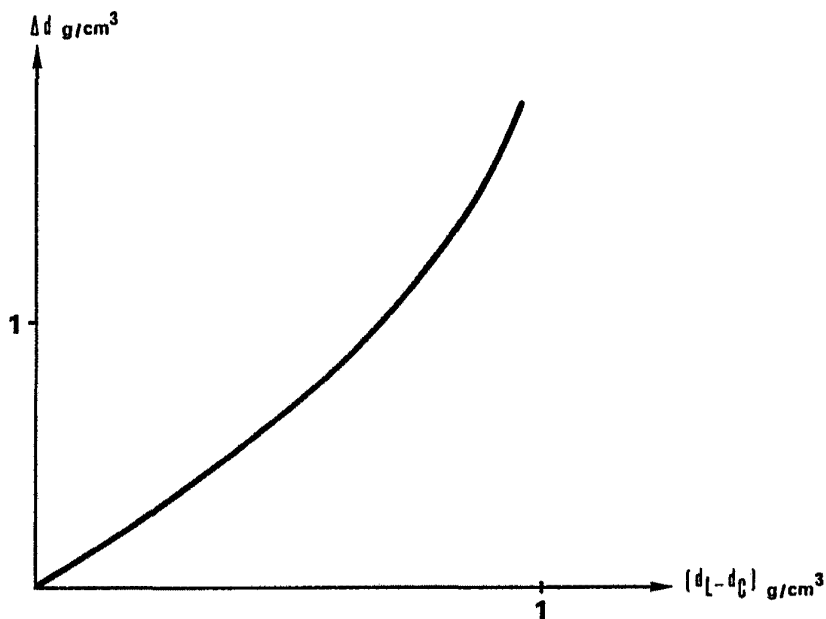


Fig. 3

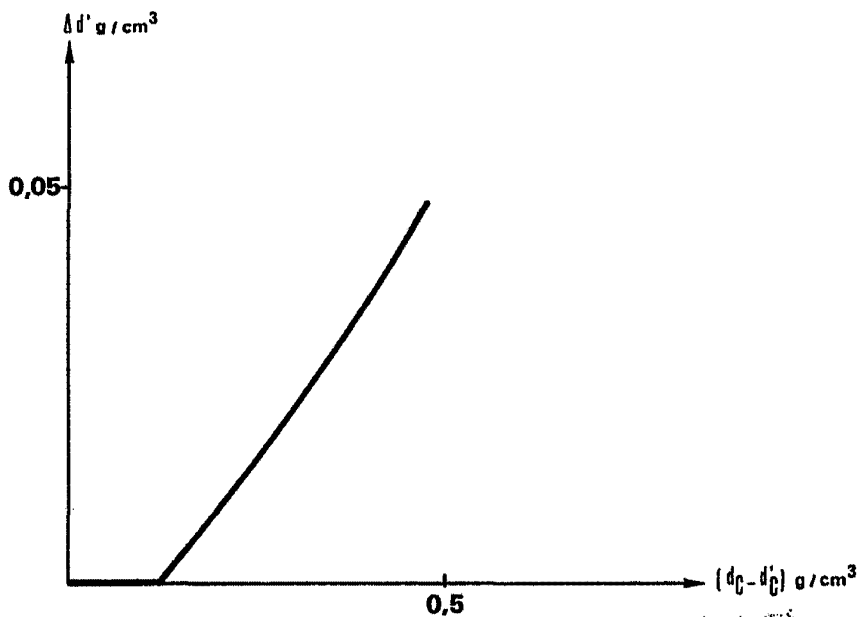
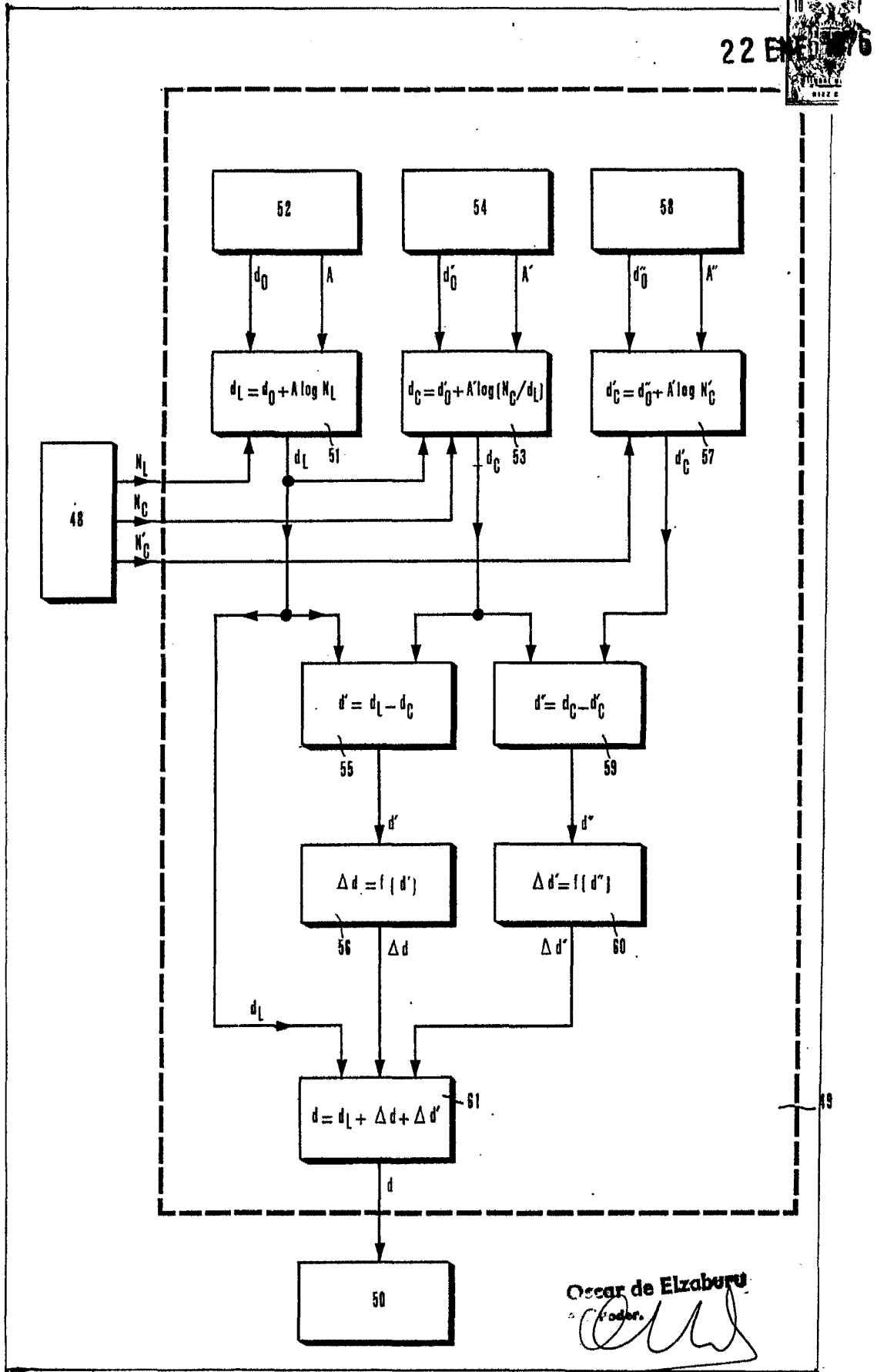


Fig. 4

Oscar de Elizaburu  
Pér Yoder.

22 ENE 1976



Oscar de Elzaburu  
*(Signature)*

Fig. 5