

MINISTERIO DE INDUSTRIA
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



5 ENE 1979

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la memoria adjunta.

NUMERO	465681
FECHA DE PRESENTACION	3.1.78

A 1

PATENTE DE INVENCION

30 PRIORIDADES:		
31 NUMERO	32 FECHA	33 PAIS
759.929	17.1.77	EE.UU.
47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	G01T	
54 TITULO DE LA INVENCION		
"UN METODO DE ANALISIS DE URANIO EN YACIMIENTOS ATRAVESADOS POR UN POZO DE SONDEO"		
71 SOLICITANTE (ES)		
MOBIL OIL CORPORATION		(File:F-9/94)
DOMICILIO DEL SOLICITANTE		
150 East 42nd Street, Nueva York, Nueva York 10017, Estados Unidos de América		
72 INVENTOR (ES)		
Wyatt Wendell Givens y William Raymond Mills, Jr.		
73 TITULAR (ES)		
74 REPRESENTANTE		
D. OSCAR DE ELZABURU FERNANDEZ		(P.- 67.537)

1 Fundamento del invento

Este invento se refiere a una técnica de registro radioactivo y más particularmente a una técnica de análisis de uranio por los neutrones emitidos inmediatamente de fisionarse el núcleo.

5

Cuando un yacimiento que contiene un mineral de uranio es irradiado con neutrones rápidos, los núcleos de uranio reaccionan con el bombardeo de neutrones rompiéndose en fracciones nucleares más pequeñas que se denominan normalmente productos de fisión. La fisión de uranio viene acompañada por la emisión de neutrones instantáneos inmediatamente de ocurrir la reacción de fisión y también por la emisión de neutrones retardados por los productos de fisión después de la reacción de fisión. Los neutrones emitidos inmediatamente de fisionarse el núcleo se emiten en el momento de la reacción de fisión, mientras que los neutrones retardados son emitidos por los productos de fisión durante un intervalo de tiempo apreciable después de la reacción de fisión.

10

15

El empleo de irradiación con neutrones rápidos para la detección de uranio ha sido explorado también en el artículo de Jan A. Czubek, "Pulsed Neutron Method for Uranium Well Logging," GEOPHYSICS, Volumen 37, Nº 1, Febrero 1972, página 160-173. Czubek examina varios fenómenos asociados a la irradiación con neutrones rápidos de yacimientos que llevan uranio y llega a la conclusión de que pueden emplearse tres para mejorar las técnicas de detección de uranio. Los fenómenos que propone Czubek para empleo como indicadores de contenido de uranio son: (1) intensidad de neutrones epitérmicos que resultan de la fisión de neu-

20

25

30

1 trones térmicos instantáneos de uranio 235, (2) intensidad
 de neutrones térmicos retardados de la fisión de neutrones
 térmicos instantáneos de uranio 235 y (3) intensidad de neu-
 5 trones térmicos retardados de la fisión de neutrones rápi-
 dos del uranio 238. El autor expone también un número de re-
 laciones que incluyen las ecuaciones 12 y 31 que se citan
 a continuación:

$$\begin{aligned}
 R_f(t_1, \Delta t, t_T) &= N \int_{t_1}^{t_2} R_f(t) dt \\
 &= Q \frac{t_T}{\Delta T} \Sigma_D (v_{Cd}) v_{Cd} \frac{t_s}{\tau} v \tau^2 \\
 &\cdot e^{-(t_1/\tau)} (e^{\Delta T/\tau} - 1) (1 - e^{-\Delta T/\tau}) \quad (12) \\
 &= PU \frac{\sigma_f \alpha_1 \rho N_0 v Q}{A_{235} 10^4} \frac{t_T}{\Delta T} \Sigma_D (v_{Cd}) \frac{v_{Cd}}{v} \\
 &\cdot \frac{t_s}{(\Sigma_a)^2} e^{-t_1/\tau} (e^{\Delta T/\tau} - 1) (1 - e^{-\Delta t/\tau})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_T(t_T) &= PU Q v \Sigma_D \rho N_0 10^{-4} (\Delta t/T) t_T \\
 &\cdot \left\{ \frac{\sigma_f \alpha_1}{A_{235} \Sigma_a} \sum_{i=1}^6 \frac{\epsilon_{Di}}{\lambda_i} \right. \\
 &\quad \left. + \frac{\sigma_f \alpha_2}{A_{235} \Sigma_{fa}} \sum_{i=1}^6 \frac{\epsilon_{fDi}}{\lambda_i} \right\} \quad (31)
 \end{aligned}$$

25 en las que,

t_2 es el final del período de medida,

t_1 es el principio del período de medida después
 del comienzo de la explosión de neutrones,

Q es la producción media de neutrones,

t_T es el tiempo total de medida,

P-

1

ΔT es el intervalo de tiempo de la explosión de neutrones,

ρ es la densidad aparente,

Σ_D es la sección eficaz de absorción macroscópica para el detector de neutrones,

5

v_{Ca} es la velocidad de neutrones para la pantalla de cadmio,

t_s es el tiempo de desaceleración para la energía de la pantalla de cadmio,

10

ν es el número de neutrones secundarios por fisión,

τ es la vida media de los neutrones térmicos en el medio,

P_U es el contenido en % en peso de uranio en el mineral,

15

σ_f es la sección eficaz por fisión térmica de ^{235}U ,

α_1 es el % de abundancia isotópica de ^{235}U ,

N_0 es el número de Avogadro,

A_{235} es la masa atómica de ^{235}U ,

20

A_{238} es la masa atómica de ^{238}U ,

\bar{v} es la velocidad de neutrones térmicos,

Σ_a es la sección eficaz de absorción macroscópica del medio para los neutrones térmicos,

Δt es $t_2 - t_1$,

25

T es el tiempo entre explosiones de neutrones sucesivas,

ξ_{Di} es el número de neutrones retardados por fisión para el grupo i th de neutrones retardados,

λ_i es la constante de desintegración para el grupo i th de neutrones de fisión retardados,

30

9127

1 σ_{ff} es la sección eficaz por fisión rápida para ^{238}U ,

α_2 es la abundancia isotópica de ^{238}U (en porcentaje), y

5 Σ_{fa} es la sección eficaz de absorción macroscópica para neutrones rápidos.

La ecuación 12 establece la relación entre el recuento de neutrones y la calidad de mineral de uranio para la detección de neutrones epitérmicos y la ecuación 31 establece la relación entre el recuento de neutrones y la calidad del mineral de uranio para la detección de neutrones térmicos retardados que resultan de la fisión de neutrones rápidos de uranio 238 y la fisión de neutrones térmicos del uranio 235.

15 Entre los parámetros de mineral presentados como variables independientes en una o ambas de estas ecuaciones están la densidad aparente ρ (ecuaciones 12 y 31), la sección eficaz de absorción macroscópica para los neutrones térmicos Σ_a (ecuaciones 12 y 31), y el tiempo de desaceleración de los neutrones t_s (ecuación 12). Czubek en las páginas 172 y 173 analiza la necesidad de hacer medidas compensatorias para la densidad aparente, el tiempo de desaceleración y la vida media de los neutrones térmicos, también denominada tiempo medio de neutrones τ . Establece que la

20 necesidad aparente puede determinarse por registro de la densidad gamma-gamma, el tiempo de desaceleración por medidas de porosidad obtenidas por registro de neutrones convencional o empleando el generador de neutrones, y la vida media (o tiempo medio) por registro de neutrones impulsados.

25 En la patente de EE.UU. 3.686.503 de Givens y

1 otros, se describe un sistema de registro de pozo de sondeo
para caracterizar el contenido de uranio de los yacimientos
de tierras naturales sobre la base de medidas de neutrones
retardados que resultan de la fisión de neutrones de ura-
5 nio. Esta patente describe una operación de análisis bajo
la superficie que se lleva a cabo colocando en un pozo de
sondeo adyacente al yacimiento de interés un instrumento
de registro que incluye una fuente de neutrones rápidos y
un detector de neutrones térmicos. El yacimiento es irra-
10 diado con explosiones repetitivas de neutrones rápidos; y
después de cada explosión y después de la disipación de neu-
trones de la fuente original, se detectan los neutrones re-
tardados que resultan de la fisión de neutrones de uranio.
La producción del detector se registra a continuación con
15 el fin de obtener una indicación de registro del contenido
de uranio del yacimiento.

Resumen del invento

20 De acuerdo con el presente invento, se describe
un método y sistema nuevos y mejorados para registrar los
yacimientos que rodean a un pozo de sondeo de uranio detec-
tando y recontando los neutrones emitidos inmediatamente de
fisionarse el núcleo en la fisión de neutrones térmicos del
uranio 235.

25 Más particularmente, un yacimiento de interés que
se sospecha que contiene uranio es irradiado cíclicamente
con explosiones de neutrones rápidos. Se detectan tanto los
neutrones epitérmicos como los térmicos que resultan de la
irradiación del yacimiento. Estos neutrones se recuentan du-
30 rante ese tiempo dentro de cada ciclo de operación cuando se

1 -esperan neutrones instantáneos que resultan de la fisión
de neutrones térmicos del uranio 235. Estos recuentos de
neutrones epitérmicos y térmicos se comparan, como una in-
dicación de la concentración de uranio 235 en el yacimiento.
5 Esta comparación de los recuentos epitérmicos y térmicos
se lleva a cabo por una determinación de la relación del re-
cuento de neutrones epitérmicos al recuento de neutrones
térmicos. Esta relación es proporcional a la concentración
de uranio 235, siempre que los detectores de neutrones epi-
10 térmicos y térmicos tengan la misma separación respecto a
la fuente de neutrones y además siempre que los neutrones
detectados por estos detectores se cuenten durante el mismo
período de tiempo. A este respecto, los detectores de neu-
trones epitérmicos y térmicos se montan concéntricamente
15 uno respecto a otro alrededor de un eje paralelo a la pared
del pozo de sondeo de modo que sean igualmente sensibles a
las medidas de decrecimiento del flujo de neutrones epitér-
micos y térmicos de los yacimientos que rodean el pozo de
sondeo. El detector de neutrones térmico incluye una plura-
20 lidad de detectores de neutrones térmicos espaciados concén-
tricamente alrededor del detector de neutrones epitérmicos,
teniendo cada uno de dicha pluralidad de detectores de neu-
trones térmicos sus salidas unidas unas con otras. Cada uno
de la pluralidad de detectores de neutrones térmicos y el
25 detector de neutrones epitérmicos son de forma cilíndrica
teniendo ejes paralelos a la pared del pozo de sondeo.

En un aspecto adicional, la relación del recuento
de neutrones epitérmicos a térmicos se modifica por una cons-
tante de proporcionalidad representada por la relación de
30 las eficacias de los detectores de neutrones epitérmicos y

1 -términos multiplicado por la sección eficaz por fisión de uranio 235.

Breve descripción de los dibujos

5 La Figura 1 ilustra un sistema de registro del pozo de sondeo para llevar a cabo el presente invento.

La Figura 2 es un diagrama de tiempo representativo de la operación cíclica del sistema de registro del pozo de sondeo de la Figura 1.

10 La Figura 3 ilustra, de forma gráfica, las características de los yacimientos bajo la superficie, del ejemplo, como podrían encontrarse cuando se registraran con el sistema de registro de pozo de sondeo de la Figura 1; en dicha Figura 3, A = flujo de neutrones epitérmicos, roca estéril; B = flujo de neutrones epitérmicos, mineral de uranio; C = flujo de neutrones térmicos, roca estéril y mineral de uranio; D = flujo de neutrones térmicos, DFN, mineral de uranio. En ordenadas se representa la intensidad de neutrones y en abscisas el tiempo en minisegundos.

20 La Figura 4 ilustra una curva de calibrado determinada experimentalmente de la relación de las velocidades de recuento de los neutrones epitérmicos a térmicos retardados frente a la calidad de mineral de uranio. En ordenadas se representa R = factor de escala constante y en abscisas la calidad del mineral en peso de U_3O_8 /unidad de volumen.

Descripción de la realización preferida

30 Con referencia a la Figura 1, se muestra en 10 un yacimiento que ha de investigarse o analizarse en cuanto al

1 -contenido de uranio. Está atravesado por un pozo de sondeo
11. El análisis se lleva a cabo haciendo descender un ins-
trumento de análisis 12 en el pozo de sondeo hasta el nivel
del yacimiento 10. El instrumento de análisis 12 está sus-
5 pendido en el pozo de sondeo 11 por medio de un cable de
registro 17. En una realización, el instrumento de análisis
incluye una fuente de neutrones 13 que es preferiblemente
una fuente de 14 Mev del tipo acelerador que comprende un
tubo generador de neutrones. El impulso del tubo regenera-
10 dor de neutrones se lleva a cabo en respuesta a un impulso
activador suministrado por el sistema de la parte superior
del pozo de sondeo. La producción del tubo regenerador de
neutrones es una explosión de neutrones rápidos, separada
en el tiempo para irradiación del yacimiento 10.

15 Como se observa en la patente antes citada de Gi-
vens y otros, los neutrones de fisión retardados de la reac-
ción de fisión del uranio se miden después que han desapare-
cido los neutrones de la fuente original, que es del orden
de unos cuantos milisegundos. Sin embargo, es un aspecto es-
20 pecífico del presente invento medir los neutrones de fisión
instantáneos que se producen en microsegundos después de la
explosión de neutrones de la fuente de neutrones rápidos.

Para llevar a cabo esta medida de los neutrones
de fisión instantáneos en microsegundos después de cada ex-
25 plosión de neutrones, se proporciona un detector de neutro-
nes epitérmicos 14 y un detector de neutrones térmicos 15.
En la realización preferida que se ilustra en la Figura 2,
la fuente 13 trabaja entre 304 y 10000 explosiones por segun-
do, teniendo cada explosión una duración de aproximadamente
30 5 a 100 microsegundos como se muestra por el período t_p . A

1 una velocidad de explosión preferible de 1000 explosiones
por segundo, la producción de neutrones de la fuente 13 pro-
ducirá del orden de 10^8 neutrones por segundo. Un período
de espera t_w sigue a cada explosión de neutrones para per-
5 mitir a los neutrones de 14 Mev de la fuente decrecer hasta
el nivel de energía térmica de aproximadamente 0,025 ev. Se
ha encontrado que un período de tiempo de espera suficiente
 t_w es aproximadamente 50 a 100 microsegundos. Durante el
período de tiempo restante t_c antes de la próxima explosión
10 de neutrones, el número de neutrones detectado por el detec-
tor de neutrones epitérmico 14 y el detector de neutrones
térmicos 15 se recuenta por el sistema de la parte superior
del pozo de sondeo. El sistema de la parte superior del po-
zo de sondeo se desconecta cíclicamente, de modo que recuen-
15 te los neutrones detectados solamente durante el período de
recuento t_c de aproximadamente 800 a 945 microsegundos des-
pués de cada explosión de neutrones. Más detalles de esta
activación cíclica del instrumento de registro del pozo de
sondeo y el recuento de neutrones detectado durante el pe-
20 ríodo de recuento t_c de cada ciclo serán descritos a conti-
nuación:

El instrumento de registro 12 comprende un aloja-
miento de acero soportado por el cable 17. Este cable es
accionado desde el rodillo 16 por el motor 22 y la conexión
25 23. Los anillos de rodadura 24 y las escobillas 25 se em-
plean para unir los conductores de cable 17 al sistema de
registro de la parte superior del pozo de sondeo para la
transmisión de señales y tensiones. Los impulsos activado-
res generados por el generador de base tiempo 40, se apli-
can periódicamente por medio de los conductores 28, los an-

1 llos de rodadura 24, las escobillas 25, los conductores de
cable 19, y el transformador de la parte baja del pozo 20
para hacer excitar la unidad de control 18 para la produc-
5 ción de impulsos de elevado voltaje requeridos para acti-
var cíclicamente la fuente de neutrones 13. En la realiza-
ción preferida, esta fuente de neutrones es del tipo acele-
rador, que emplea un tubo generador de neutrones que tiene
un blanco y una fuente iónica. Una fuente de neutrones de
este tipo es fabricada por Kaman Nuclear de Colorado Springs,
10 Colorado. El suministro de alto voltaje 18b proporciona una
corriente continua de elevado voltaje, preferiblemente 80
a 150 kilovoltios a aproximadamente 100 microamperios, al
blanco 13a de la fuente de neutrones. La unidad de control
18a, en respuesta a los impulsos del generador de base
15 tiempo 40, aplica los impulsos de elevado voltaje a la fuen-
te iónica 13b, preferiblemente en el intervalo de 1000 im-
pulsos por segundo. Estos impulsos son de aproximadamente
3 kilovoltios de amplitud y 5 a 100 microsegundos de dura-
ción. Esto proporciona una producción de 10^8 neutrones/se-
20 gundo de la fuente de neutrones. Una velocidad de impulso
activador preferida es 1000 impulsos por segundo.

La energía para los dispositivos electrónicos res-
tantes del instrumento de registro es suministrada por la
fuente de energía de la parte baja del pozo 27. La energía
25 para esta fuente de la parte baja del pozo es suministrada
desde la fuente de energía de la parte superior del pozo 26
por medio de los conductores 28, los anillos de rodadura 24,
las escobillas 25, los conductores de cable 19 y el trans-
formador de la parte baja del pozo 20. Por simplicidad, no
30 está mostrada la conexión entre la fuente de energía de la

1 parte baja del pozo 27 y los otros dispositivos electróni-
cos de la parte baja del pozo, tal como los preamplificado-
res 29 y 30 y los amplificadores 31 y 32.

5 Los detectores de neutrones 14 y 15 están monta-
dos concéntricamente (por estructura de soporte no mostra-
da) uno con respecto al otro alrededor de un eje paralelo a
la pared del pozo de sondeo, de modo que sean igualmente
sensibles a las medidas de decrecimiento de los neutrones
epitérmicos y térmicos del yacimiento que rodea al pozo de
10 sondeo. El detector de neutrones epitérmico 14, es preferi-
blemente un detector de helio 3 en forma cilíndrica cubier-
to con un protector que absorbe los neutrones térmicos, tal
como, por ejemplo cadmio. El detector de neutrones térmico
15 es preferiblemente una pluralidad de detectores de helio
15 3 espaciados concéntricamente alrededor del detector de neu-
trones epitérmico 14 con sus salidas juntas.

Las salidas de los detectores de neutrones 14 y
15 están aplicadas por medio de los preamplificadores 29 y
30, amplificadores 31 y 32, conductores de cable 33 y 34,
20 conductores de la parte superior del pozo 35 y 36, y los
discriminadores de altura de impulsos 37 y 38 a los medido-
res de la velocidad de recuento desconectados cíclicamente
41 y 42, respectivamente. El discriminador de altura de im-
pulsos 37 está ajustado para pasar al medidor de la veloci-
25 dad de recuento 41, aquellos impulsos producidos por los
neutrones epitérmicos detectados por el detector de neutro-
nes epitérmico 14. El discriminador de altura de impulsos
38 está ajustado para pasar al contador de velocidades de
recuento 42 aquellos impulsos producidos por los neutrones
30 térmicos detectados por el detector de neutrones térmicos

1 -15. Los impulsos activadores del generador de base tiempo
 40 se aplican a los generadores de retardo y de desconexión
 cíclica 43 y 44, produciendo ambos impulsos de desconexión
 cíclica para la duración del período de recuento de neutro-
 5 nes térmicos emitidos por la fisión instantánea deseada t_c ,
 comenzando preferiblemente este período alrededor de 50 a
 100 microsegundos después de cada explosión de neutrones
 y extendiéndose hasta el comienzo de la próxima explosión
 de neutrones como se ilustra en el ejemplo de la realización
 10 preferida de la Figura 2.

Estos impulsos de desconexión cíclica se aplican
 al medidor de velocidad de recuento 41 y 42 para permitir
 el recuento de los neutrones epitérmicos y térmicos, respec-
 tivamente, durante el período de recuento preferido t_c .

15 La alimentación de recuento de neutrones epitérmi-
 cos al medidor de velocidad de recuento 41 durante cada pe-
 ríodo de recuento t_c es una medida de los neutrones de fi-
 sión térmicos instantáneos producidos por la fisión de neu-
 trones térmicos del uranio 235 y está representada por la
 20 relación siguiente:

$$\text{Recuento epitérmico} = \xi_{\text{epi}} N_U \sigma_{fU} g(S, \Sigma_a, t_b, t_w) f(\Sigma_a, t_c) \quad (1)$$

en la que,

25 ξ_{epi} = eficacia (incluyendo factores geométricos)
 del detector de neutrones epitérmicos,

N_U = número de átomos de uranio 235 por centíme-
 tro cúbico,

σ_{fU} = sección eficaz por fisión del uranio 235,

$g(S, \Sigma_a, t_b, t_w)$ = flujo de neutrones térmicos
 por cm^3 al final del tiempo de espera t_w ,

1 $f(\Sigma_a, t_c)$ = flujo de neutrones térmicos durante
el período de recuento t_c ,

S = intensidad de la fuente de neutrones (neu-
trones por segundo),

5 Σ_a = sección eficaz de absorción macroscópica, y
 $t_b + t_w + t_c \leq T$ = período cíclico.

El término $g(S, \Sigma_a, t_b, t_w)$ que representa el
flujo de neutrones térmicos por unidad de volumen es la fuen-
te del procedimiento de fisión del uranio 235. Por lo tan-
to, cualquier cosa que afecte a este flujo de neutrones tér-
micos también afecta al recuento de neutrones epitérmicos
como una medida de los neutrones térmicos instantáneos emi-
tidos por fisión del uranio 235. De lo anterior, puede ver-
se que la sección eficaz de absorción macroscópica Σ_a afec-
ta este término de flujo de neutrones térmicos $g(S, \Sigma_a, t_b,$
15 $t_w)$. Dicha sección eficaz de absorción macroscópica está
representada por la relación siguiente:

$$\Sigma_a = \phi \Sigma_f + (1-\phi) \Sigma_m \quad (2)$$

$$20 \quad = N_0 \rho \sum_i \frac{w_i \sigma_{ai}}{M_i}$$

en la que,

ϕ = porosidad,

25 Σ_f = sección eficaz de absorción macroscópica del
fluido del yacimiento,

Σ_m = sección eficaz de absorción macroscópica de
la matriz de yacimiento,

N_0 = número de Avogadro,

ρ = densidad aparente del yacimiento,

30 w_i = fracción en peso del isótopo del tipo i 'th,

1 σ_{ai} = sección eficaz de absorción de neutrones
términos del isótopo del tipo i'th, y

M_i = masa atómica del isótopo del tipo i'th.

La suma se toma sobre todos los tipos de isótopos
5 presentes en el yacimiento.

Por lo tanto es un aspecto específico del presente invento corregir el recuento de neutrones epitérmicos por los efectos sobre el flujo de neutrones térmicos de la densidad aparente, el tiempo de desaceleración, y el tiempo
10 de vida de los neutrones térmicos (directamente relacionado con Σ_a). Esta corrección se lleva a cabo utilizando un detector de porcentaje de modulación 45 para dividir el recuento de neutrones epitérmicos del medidor de velocidad de recuento 41 por el recuento de neutrones térmicos del medidor de velocidad de recuento 42. El recuento de neutrones
15 térmicos alimentados al medidor de velocidad del recuento 42 durante cada período de recuento t_c está representado por la relación siguiente:

20 Recuento térmico = $\epsilon_{ter} g(S, \Sigma_a, t_b, t_w) f(\Sigma_a, t_c)$ (3)

en la que,

ϵ_{ter} = eficacia (incluyendo los factores geométricos) del detector de neutrones epitérmicos.

La Figura 3 ilustra los flujos de neutrones epitérmicos y térmicos en función del tiempo para un yacimiento
25 que lleva mineral de uranio y un yacimiento estéril, en el que tanto el yacimiento que lleva mineral como el estéril tienen la misma sección eficaz de absorción macroscópica. Las velocidades de decrecimiento medidas por los sistemas de detectores de neutrones epitérmicos y térmicos serán
30

1 las mismas, siempre que los sistemas detectores estén situa-
 dos apropiadamente respecto a la fuente de neutrones. Para
 este caso, es decir ambos sistemas detectores que miden la
 misma velocidad de decrecimiento, la división del recuento
 5 o velocidad de recuento de neutrones epitérmicos por el re-
 cuento o velocidad de recuento de neutrones térmicos está
 representada por la siguiente relación:

$$\frac{C_{epi}}{C_{ter}} = \frac{\xi_{epi} \sigma_{fU} N_U}{\xi_{ter}} \quad (4)$$

10

en la que,

$$\frac{\xi_{epi} \sigma_{fU}}{\xi_{ter}} \text{ es un término constante } K,$$

15

siempre que tanto los sistemas detectores de neutrones tér-
 micos como epitérmicos midan la misma velocidad de decreci-
 miento y además, siempre que los medidores de velocidades
 de recuento de neutrones térmicos y epitérmicos se desconec-
 ten cíclicamente para contar los neutrones durante el mismo
 20 período de recuento t_c . Puede verse que la relación es cerc-
 para un yacimiento-estéril y es directamente proporcional
 a la concentración de uranio en un yacimiento que lleva ura-
 nio. Al calibrar después el detector de porcentaje de modu-
 lación 45 de acuerdo con la constante de proporcionalidad
 25 K , que representa la relación de las eficacias del detector
 de neutrones epitérmico y térmico por la sección eficaz de
 fisión de uranio 235, se proporciona una producción al re-
 gistrador 46 representativa de la concentración del uranio
 235 en el yacimiento.

30

El detector de porcentaje de modulación 45 puede

1 ser de tipo convencional como está descrito en las páginas
338 y 339 en ELECTRONIC ANALOG COMPUTERS Gravino A. Korn y
Theresa M. Korn, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York,
1956. Será evidente para los expertos en la técnica que el
5 detector de porcentaje de modulación 45 puede calibrarse
en términos de la constante K por la selección propia de
los reostatos de retroalimentación y derivación, para dar
la concentración de uranio en las unidades deseadas de ki-
logramos de U_3O_8/m^3 , etc. La constante se determina midien-
10 do la relación de las dos eficacias de los detectores duran-
te un intervalo de concentraciones de uranio 235 como se
ilustra por la curva de calibrado determinada experimental-
mente de la Figura 4.

15

20

25

30

9127

1 4ª.- El método de la reivindicación 1ª, en el que dicho yacimiento es irradiado cíclicamente a una velocidad por encima de 304 explosiones de neutrones por segundo.

5 5ª.- El método de acuerdo con la reivindicación 1ª, en el que dicho yacimiento es irradiado cíclicamente a una velocidad del orden de 1000 explosiones de neutrones por segundo.

10 6ª.- El método de acuerdo con la reivindicación 1ª, en el que cada una de dichas explosiones de neutrones rápidos continua durante una duración por encima de 5 micro segundos.

15 7ª.- El método de acuerdo con la reivindicación 1ª, en el que el recuento de dichos neutrones térmicos y epitérmicos comienza después que los neutrones rápidos se han retardado hasta un nivel de energía térmico.

20 8ª.- El método de acuerdo con la reivindicación 7ª, en el que el recuento de dichos neutrones térmicos y epitérmicos comienza al menos 50 microsegundos después de la terminación de cada explosión cíclica de neutrones rápidos.

 9ª.- El método de acuerdo con la reivindicación 7ª, en el que dicho recuento continúa hasta que se inicia cíclicamente la próxima explosión de neutrones rápidos.

25 10ª.- Un método de análisis de uranio en yacimientos atravesados por un pozo de sondeo.

1

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

5

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

Madrid, 05.ENE.1978

P.A.

Oscar de Elzaburu
Por Poder.



10

15

20

25

DNM 30

9127

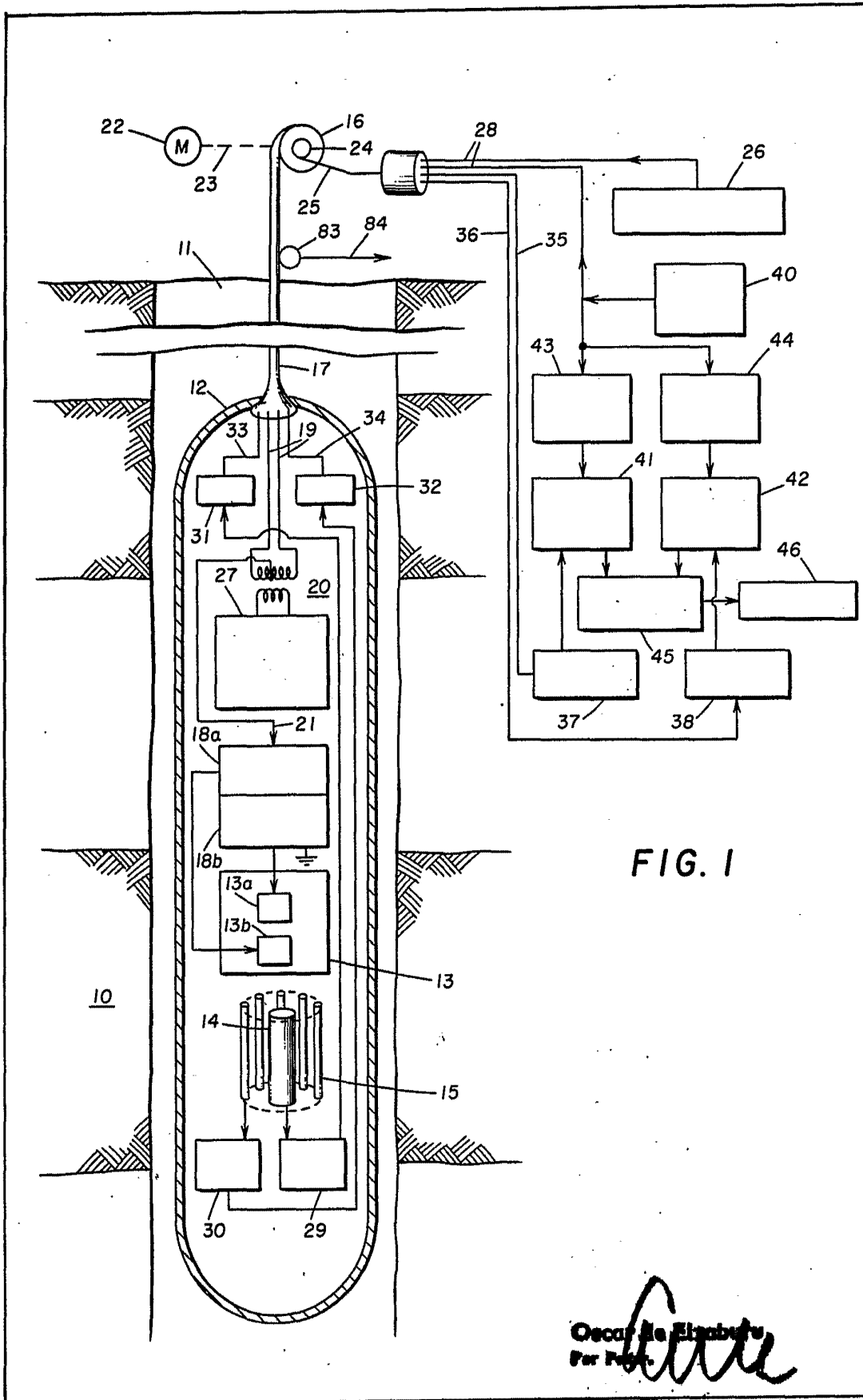


FIG. 2

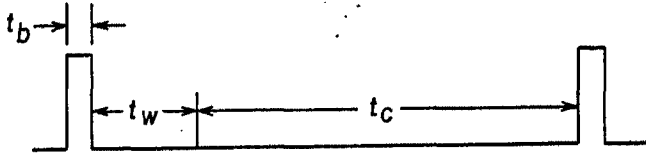
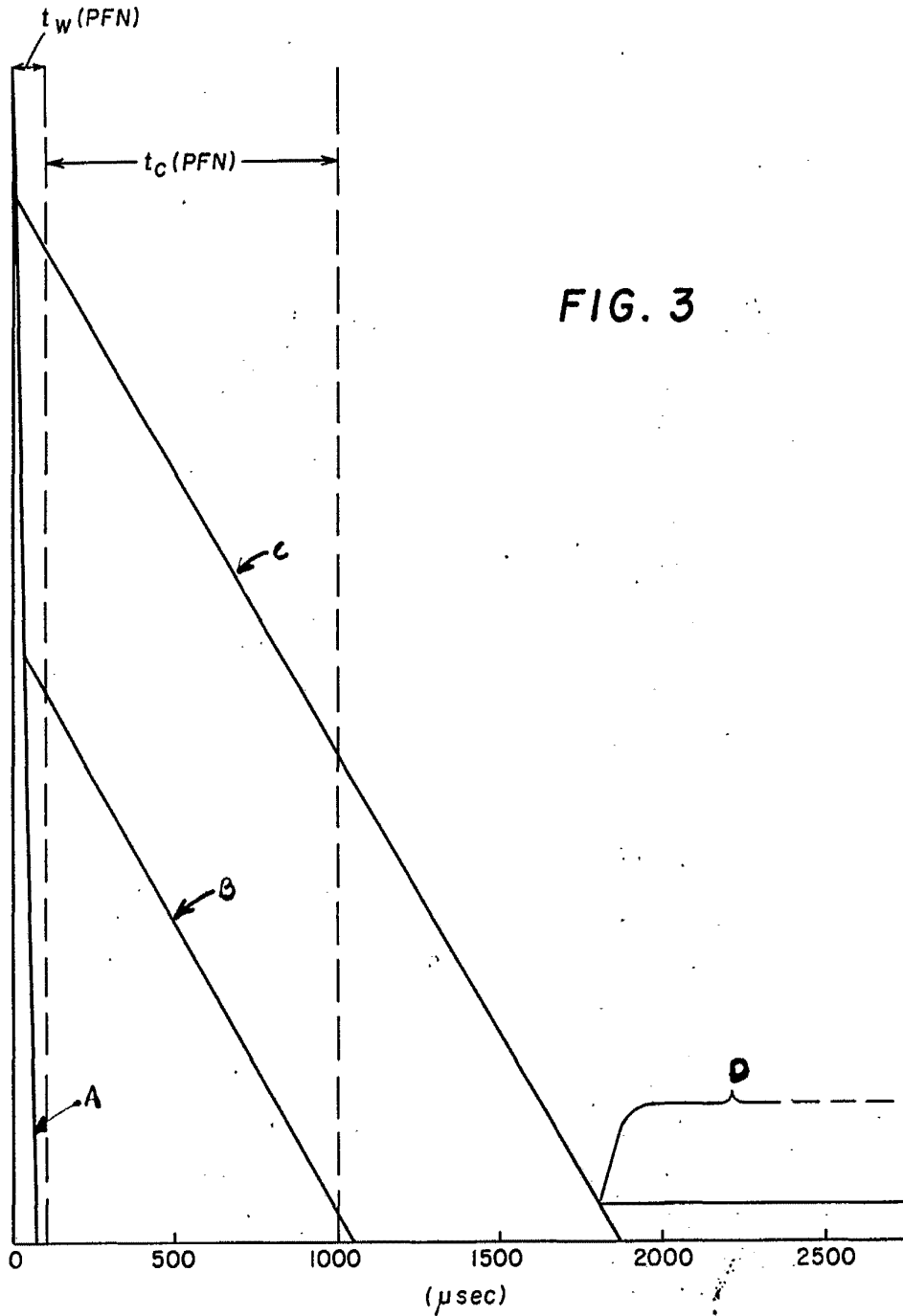
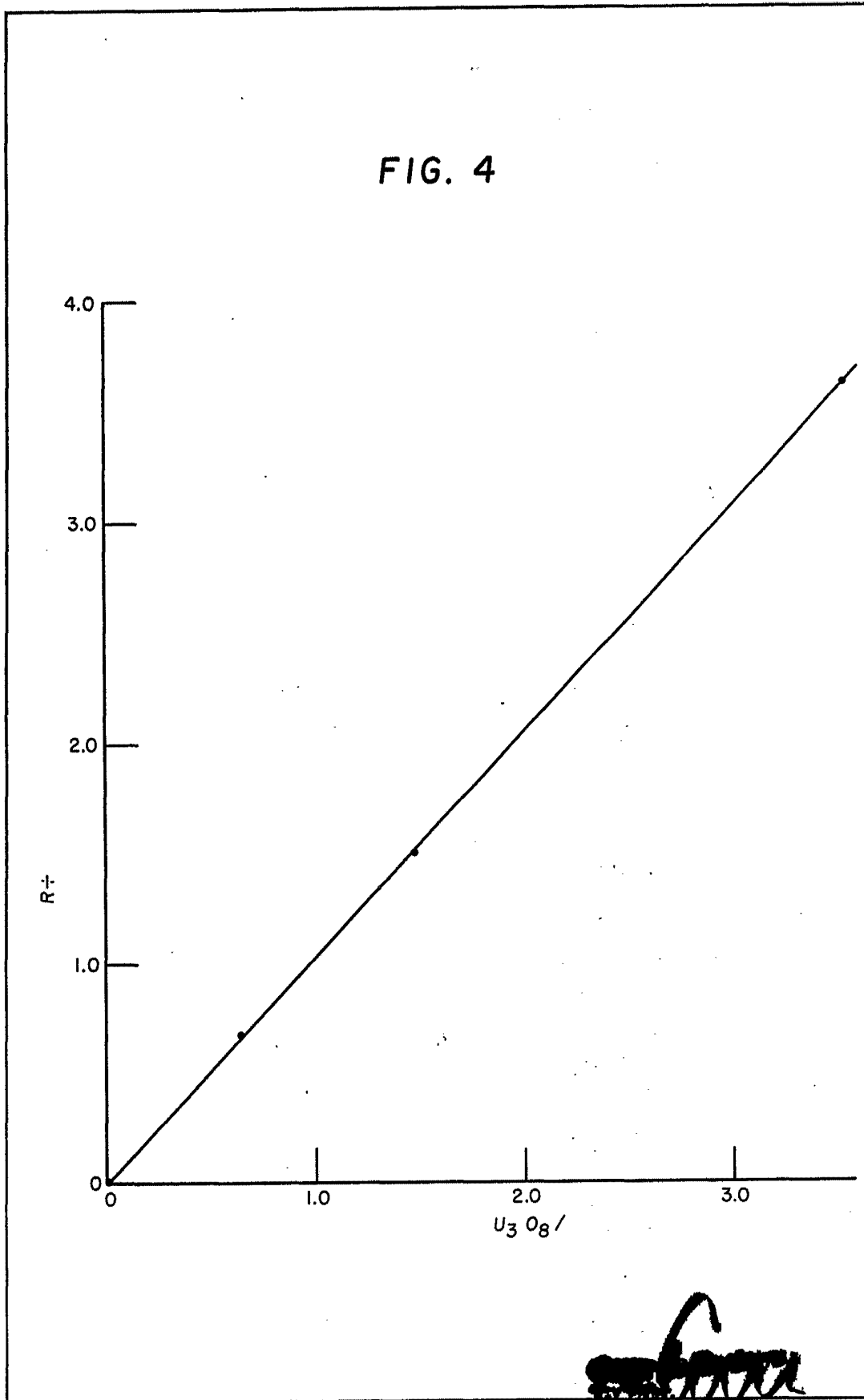


FIG. 3



Original Equipment
For Parts

FIG. 4



[Handwritten signature]