

267465



PATENTE DE INTRODUCCION

Que por diez años se solicita, para España y sus posesiones, a favor de la firma Robert H. Ray International Inc., con domicilio en Panama City, República del Panama, y que ha
5 de recaer sobre "INSTALACION GENERADORA Y REGISTRADORA DE ONDAS SISMICAS DESTINADA A LA EXPLORACION GEOFISICA DEL SUBSUELO".

=====

Memoria descriptiva

El registro de patente de introducción que se solicita tiene por objeto garantizar la explotación exclusiva en todo el territorio nacional y posesiones españolas de una instalación
10 registradora y generadora de ondas sísmicas destinada a la exploración geofísica del subsuelo, conforme se describe a continuación y se representa gráficamente en los adjuntos planos, a título de ejemplo.

15 La presente invención se refiere a una instalación de explotación sismográfica destinada a llevar^a la práctica el



método de exploración sismográfica descrito en la memoria des-
criptiva correspondiente a otra patente de introducción solici-
tada con esta misma fecha por el solicitante de la presente.
Particularmente se refiere a mejoras en las instalaciones des-
critas en la patente estadounidense de Burton McCollum nº2.851.121.

En la susodicha patente de McCollum se exponen métodos,
sistemas y aparatos de exploración sismográfica que comprenden
una estación principal o controladora, una pluralidad de esta-
ciones subordinadas espaciadas y una estación detectora, y en
virtud de los cuales una pluralidad de sacudidas sísmicas son
producidas por orden de sucesión en las respectivas estaciones
subordinadas, detectándose las consiguientes ondas sísmicas, por
orden de sucesión, en la estación detectora, obteniendo segui-
damente registros individuales de las ondas sísmicas detectadas,
en la estación principal, y produciendo finalmente un registro
compuesto a partir de los registros individuales.

Las sacudidas sísmicas sucesivas son producidas en las
respectivas estaciones subordinadas por caídas, por orden de
sucesión, en las mismas de una pesa determinada sobre la super-
ficie del suelo, siendo la pesa llevada a las diferentes esta-
ciones en un vehículo movable, y dejándose caer en cada caso
desde una altura fija por encima de la superficie del suelo me-
diante un mecanismo soltador llevado por el vehículo movable.
También, en la disposición, las ondas sísmicas producidas por
los impactos mencionados contienen datos deseables, caracterís-
ticos de las profundidades de los principales horizontes reflec-
tores debajo de la superficie del suelo, así como también datos
indeseables característicos de discontinuidades menores del sue-
lo debajo de su superficie; debido a ello, los registros ind i-
viduales contienen unos primeros componentes substancialmente
en fase, representativos de los datos deseables mencionados y

267485



- 3 -

unos segundos componentes substancialmente fuera de fase, representativos de los datos indeseables mencionados, de modo que los primeros componentes en los registros individuales son substancialmente reforzados en el registro compuesto, y los segundos componentes en los registros individuales son substancialmente atenuados en el registro compuesto.

Si bien ese método es bastante satisfactorio, está sujeto a ciertas críticas de menor importancia, relativas a pequeñas inexactitudes que son introducidas en el mismo por ciertos factores variables que se presentan en una exploración geofísica y que deben ser tenidos en cuenta y compensados por el geofísico en su interpretación subsiguiente del correspondiente registro compuesto específico.

En consecuencia, una finalidad general de la presente invención consiste en proporcionar una instalación de exploración geofísica del carácter descrito que incorpora perfeccionamientos que compensan automáticamente las pequeñas inexactitudes observadas de modo que la resultante onda de registro compuesta no requiere ninguna interpretación altamente especializada por un geofísico experimentado familiarizado con la exploración geofísica específica, sino que más bien constituye un registro exacto de los fenómenos producidos por formaciones geológicas características y bien conocidas, debido a lo cual el registro compuesto puede ser interpretado de manera fácil y simple por cualquier persona familiarizada con esta materia, y con independencia de todo conocimiento particular de la exploración geofísica específica.

Otra finalidad de la invención consiste en proporcionar una instalación de exploración geofísica, del carácter descrito, que incorpora una disposición mejorada para compensar los inter-

267465



valos de tiempo variables que se producen en la caída real de la pesa en las diversas estaciones subordinadas.

5

Una finalidad adicional de la invención consiste en proveer una instalación geofísica del carácter descrito, una disposición para compensar progresivamente los diferentes componentes de la onda sísmica resultantes de los diferentes horizontes reflectores dispuestos a profundidades progresivamente mayores debajo de la superficie del suelo.

10

Una finalidad adicional de la invención consiste en proveer una instalación de exploración geofísica, del carácter descrito, una disposición para compensar inicialmente las variaciones en el carácter de la capa relativamente blanda, alterada por los agentes atmosféricos, del suelo adyacente a su superficie.

15

Una finalidad más de la invención consiste en proveer una instalación de exploración geofísica, del carácter descrito, una disposición para introducir los deseables desplazamientos de fase de tiempo en los componentes de ondas sísmicas detectadas antes del registro, para corregir diferencias de elevación.

20

Otras particularidades más de la invención residen en la disposición particular de los elementos de la instalación, debido a lo cual se realizan las finalidades arriba esbozadas y las particularidades de accionamiento adicionales.

25

La invención, tanto en cuanto a su organización como con respecto a su principio de funcionamiento, conjuntamente con otras finalidades y ventajas de la misma, se comprenderá mejor, haciendo referencia a la siguiente memoria descriptiva considerada con relación a los gráficos adjuntos, en los cuales:

30

La figura 1 es una ilustración diagramática del diagrama de una estación detectora y una pluralidad de estaciones subordinadas utilizadas en la exploración geofísica.



La figura 2 es una vista en planta de un interruptor de impacto incorporado en la instalación empleada en la exploración geofísica.

5 La figura 3 es una vista vertical en corte, del interruptor de impacto representado en la figura 2 .

La figura 4 es un diagrama físico y eléctrico combinado, del aparato incorporado en la instalación de exploración geofísica .

10 La figura 5 es una vista en corte longitudinal, de un dispositivo electrodinámico incorporado en la instalación de exploración geofísica.

La figura 6 es otra ilustración diagramática de los recorridos de una onda elástica comportada por la exploración geofísica; y

15 Las figuras 7 y 8 son ilustraciones gráficas de la estrecha correspondencia entre las características teóricas y reales de ciertos elementos incorporados en la instalación de exploración geofísica.

20 Al usar el registrador integrador para los presentes fines, es decir la integración de un gran número de registros tomados con la fuente de ondas sísmicas dispersada sobre grandes distancias, es necesario por razones económicas usar una fuente de ondas sísmicas que se pueda mover rápidamente de una estación subordinada a la siguiente, y que en cada estación
25 pueda generar una onda sísmica sin demora material y a bajo costo. Esto se puede realizar de una manera totalmente satisfactoria mediante el uso de una pesa cayente llevada por un vehículo móvil.

30 Tal como mejor se representa en la figura 4, un vehículo móvil o camión automotor 50 está provisto e incluye un aguilón 51 que sustenta una pesa 52 conectada mediante un cable 53 con



5

10

15

20

25

30

un mecanismo enrollador-desenrollador 54 accionado por un motor eléctrico 55, estando el mecanismo enrollador-desenrollador 54 provisto de un mecanismo de desenganche 56, y la pesa 52 lleva un interruptor de impacto 57. La conexión y la disposición del aparato llevado por el camión 50 se expone en la ya mencionada patente de McCollum, y aquí se hace notar que mediante un control apropiado del motor eléctrico 55, el mecanismo 54 puede ser gobernado de modo que enrolle el cable 53 a fin de efectuar el levantamiento de la pesa 52, y que mediante un apropiado control del mecanismo de desenganche 56 se pueda efectuar el desenganche o soltura del mecanismo 54, de modo que el cable es desenrollado, al caer la pesa 52 por acción de la gravedad sobre la superficie del suelo, en la estación subordinada, produciendo el impacto la deseada sacudida sísmica, de la cual resulta la correspondiente onda sísmica. Desde luego, se comprenderá que el camión 50 es fácilmente movible de una estación subordinada a otra, y está apropiadamente conectado, según se describirá más detalladamente más adelante en la presente, con aparatos dispuestos en la estación principal. Si bien las conexiones desde la estación principal tanto a las estaciones subordinadas como a las estaciones detectoras se ilustran mediante cables eléctricos, se comprenderá por supuesto que la estación principal podría con igual facilidad controlar las estaciones subordinadas y las estaciones detectoras por radio.

Un problema mayor en el uso del registrador integrador es el asegurar que fenómenos correspondientes, en registros sucesivos, lleguen a la banda registradora lo suficientemente en fase para poder hacer una integración eficaz de una pluralidad de registros, lo que requiere que cualquier desplazamiento de fase debe ser sólo una pequeña fracción de una longitud de onda,



5 preferentemente inferior a $1/4$ de longitud de onda. En el caso de las longitudes de onda más cortas que a menudo se presentan en la exploración sismográfica, esto significa que la diferencia de fase entre fenómenos correspondientes, en registros sucesivos, no debe ser superior a unos pocos milisegundos. Sin embargo, cuando se usa una pesa cayente para generar las ondas sísmicas, las variaciones inevitables en el tiempo de la generación de las ondas sísmicas son a menudo de una magnitud tal que hace virtualmente imposible una integración eficaz, a no ser que se provea una compensación apropiada. Variaciones en el tiempo del desen-

10 ganche de la pesa, variaciones en la fricción del mecanismo enrollador-desenrollador, y variaciones en la altura de caída de la pesa resultantes de irregularidades del terreno, se combinan todas ellas para producir desplazamientos de fase que pueden ir hasta una longitud total de onda o más, especialmente en el caso

15 de las ondas más cortas. En consecuencia, en la presente instalación se provee, para compensar este factor variable, una disposición que se describirá más detalladamente más adelante en la presente.

20 Otro factor variable resulta de la dispersión de la fuente de ondas sobre una gran distancia o área a fin de eliminar las perturbaciones que se desplazan horizontalmente. Esto conduce a variaciones en el tiempo de recorrido de los correspondientes fenómenos reflejados a partir del mismo horizonte; y esta

25 variación es diferente, dependiendo tanto del espacio entre la fuente de ondas y los detectores, como también, para un espaciado determinado, de las profundidades de los horizontes reflectores individuales. En consecuencia, en la presente instalación se provee, para compensar estos factores variables una disposición que se describirá más detalladamente más adelante en la

30 presente.



Otra fuente más de variaciones de fase reside en la existencia cerca de la superficie del suelo, en casi todas las áreas, de una capa alterada por los agentes atmosféricos bien conocida por los geofísicos. La misma es generalmente una capa de baja velocidad, que varía tanto en espesor como en velocidad, y que introduce variaciones de importancia en el tiempo de recorrido de las ondas reflejadas, y produce por lo tanto desplazamientos de fase que son a menudo demasiado grandes para no tenerlos en cuenta. En consecuencia, para compensar este factor variable, se provee en la presente instalación una disposición que se describirá más detalladamente más adelante en la presente.

Otro factor variable más son las variaciones en que la elevación de superficie en las estaciones subordinadas resulta en variaciones del tiempo recorrido a partir de estaciones subordinadas individuales. En consecuencia, para compensar este factor variable, se provee en la presente instalación una disposición que se describirá más detalladamente, más adelante en la presente.

Al usar el registrador integrador para efectuar una serie de registros individuales, que luego pueden ser integrados para producir un registro compuesto, es, desde luego, necesario que las sucesivas ondas sísmicas sean generadas, en cada caso, substancialmente en el mismo momento con respecto a la posición de la banda registradora. A fin de lograr esto, tal como se representa en la figura 4, una pluralidad de canales registradores 61, 62, 63 etc., están provistos en un medio de registro llevado por la superficie de un cilindro o tambor rotativo 65, que gira a una velocidad constante en la dirección de rotación indicada, y operativamente asociado con el tambor 65 es un dispositivo registrador 66, que está operativamente conectado con un preamplificador 67 que, a su vez, está operativamente conectado, tal como por ejemplo mediante ca-



bles 67a, con la estación detectora 42, dispuesta en relación de cooperación con el suelo en la estación principal y sensible a ondas sísmicas que a la misma llegan. Para que los registros sucesivos puedan ser producidos substancialmente en la misma fase, el equipo usado para generar la onda sísmica es disparado por el tambor registrador 65 siempre en el mismo punto de su revolución. Una manera de lograr este resultado consiste en proveer sobre el tambor 65 una leva 69 que cierra un interruptor cooperante 70 en un punto predeterminado en la revolución del tambor 65. El interruptor 70 está incluido en el circuito de control para el mecanismo de desenganche 56, conjuntamente con una batería 68 y un cable 71 que se extiende desde el tambor 65 en la estación principal al mecanismo de desenganche 56 llevado por el camión 50 en la estación subordinada. Tal como ya se explicará, cuando se cierra el interruptor 70, el mecanismo de desenganche 56 es accionado para soltar el mecanismo 54, a fin de efectuar la caída de la pesa 52 debido a lo cual la misma cae al suelo produciendo el impacto requerido y la consiguiente sacudida sísmica, de modo que resulta la onda sísmica. Sin embargo, la soltura de la pesa 52, siempre en el mismo punto de la rotación del tambor 65 no bastará por sí sola para lograr el resultado deseado, por cuanto la onda sísmica es generada de manera concomitante al impacto de la pesa 52 contra la superficie del suelo, y no simplemente en respuesta al tiempo de accionamiento del mecanismo de desenganche 56. En la práctica sobre el terreno, diversos factores causan variaciones en el tiempo de la generación real de la onda sísmica, aunque esta señal de caída se repita siempre en el mismo momento. Entre otras cosas, la masa y la fricción en el mecanismo enrollador-desenrollador 54 causan variaciones en el tiempo entre la recepción de la señal de caída por el mecanismo



de desenganche 56 y la soltura real de la pesa 52 por el mecanismo 54. Otra fuente de variación en el tiempo de la generación de la onda sísmica es la variación inevitable en la altura de la caída, y variaciones substanciales en este factor son causadas por irregularidades del terreno. Además, aun en suelo plano, así como también en otras partes, el carácter de la capa superficial del suelo varía muchísimo de lugar a lugar. Cuando existe roca dura sobre la superficie o muy cerca de ella, el suelo cede muy poco, excepción hecha de desplazamientos elásticos causados por el impacto de la pesa, de modo que la distancia efectiva que recorre la pesa al caer es substancialmente idéntica a la distancia medida desde la posición elevada de la pesa a la superficie del suelo. En otros lugares habrá a menudo una capa blanda inelástica de material superficial cuyo espesor varía hasta un decímetro o más; un campo arado representa un caso extremo de esta condición. Cuando la pesa cayente primero empieza a comprimir este material, encuentra muy poca resistencia y por ello no imparte al suelo ningún impacto apreciable en el momento del contacto. Empero, al ser golpeado el material blando, es rápidamente comprimido en una medida tal que adopta un alto grado de incompresibilidad. Es en este momento, cuando se produce el impacto eficaz de la pesa y se genera la onda sísmica. Dado que la pesa tiene, a una altura de caída normal, una velocidad final de aproximadamente 7,62 m por segundo, la compresión de la capa inelástica da como resultado un desarrollo más tardío del impacto que si no hubiera existido ninguna capa blanda inelástica. La experiencia demuestra que las susodichas causas de variación en el tiempo de impacto se presentan tan a menudo y son de una magnitud tal, que es la regla más bien que la excepción que los registros sucesivos estén tan fuera de fase que resulte imposible una integración

5

10

15

20

25

30



eficaz de los fenómenos correspondientes. De ahí que, a fin de hacer de la pesa cayente del presente método una técnica que se pueda aplicar en la práctica, es necesario, cuando se efectúa cada registro, evaluar los susodichos factores variables y eliminar sus efectos de los registros. En el presente sistema se proveen controles y verificaciones que detectan y miden las variaciones de tiempo que se presentan a partir de cualesquiera y todas las causas, entre la transmisión de la señal de la soltura de la pesa y la generación real de la onda sísmica. También, el sistema hace entrar en acción automáticamente factores compensadores que hacen que todos los fenómenos correspondientes de los registros sucesivos estén en coincidencia de fase muy estrecha, de modo que se puede efectuar una integración eficaz, independientemente de la causa ni importancia de las variaciones individuales que pudieren presentarse en el momento de la generación de la onda sísmica.

Más particularmente el sistema comprende: (1) unos elementos detectores de impactos que determina el momento exacto de la generación de la onda sísmica y que coopera en la evaluación y corrección de todas las variaciones a partir de la norma; (2) unos elementos medidores que miden la desviación a partir de la norma, del tiempo transcurrido entre la señal de soltura de la pesa y la generación real de la onda sísmica; y (3) elementos correctores que desplazan la fase de todos los fenómenos sísmicos entrantes en una cantidad suficiente para corregir la desviación en el momento de la generación de la onda sísmica después del accionamiento de la señal de soltura de la pesa, haciendo así virtualmente perfecta la integración de registros sucesivos.

Más específicamente, tal como se representa en la figu-



abruptamente; empero, la pesa de inercia 76 continúa moviéndose en dirección descendente debido a la energía cinética acumulada en la misma, efectuando la compresión del resorte espiral 78 y el consiguiente movimiento de la placa de válvula 80 que se separa de su asiento en el anillo 77, de manera que una porción considerable del aceite contenido en la parte inferior de la caja 72 pasa por el orificio comunicante en el anillo 77, de allí alrededor de la placa de válvula 80 a la parte superior de la caja 72 encima de la placa de válvula. Desde luego, este movimiento descendente relativo de la pesa de inercia 76 efectúa su desvinculación con el resorte de contacto 75 y la consiguiente interrupción del circuito eléctrico entre los conductores en el cable 79. Al ser comprimido el resorte espiral 78, la pesa de inercia 76 finalmente llega a descansar, y luego el resorte espiral 78 mueve la pesa de inercia 76 de vuelta en dirección ascendente de modo que la placa de válvula 80 se asienta nuevamente en el anillo 77, haciendo que el aceite fluya a un régimen controlado por el orificio 82 para producir una acción amortiguadora; debido a ello, la pesa de inercia 76, después de un determinado intervalo de tiempo adicional, vuelve a su posición normal, de modo que actúa nuevamente sobre el resorte de contacto 75 para restablecer el circuito eléctrico entre los conductores en el cable 79. En consecuencia, de manera concomitante con el impacto de la pesa 52 contra el suelo, el interruptor de impacto 57 es rápidamente accionado a su posición de abierto y no es devuelto a su posición de cerrado hasta después de un considerable intervalo de tiempo, debido a la acción amortiguadora mencionada. El tiempo tarda en volver a cerrarse el interruptor de impacto 57 debe ser superior a 1/10 de segundo aproximadamente, pero no superior a tres o cuatro segundos. En la disposición, la rigidez del re-

5

10

15

20

25

30



5 sorte espiral 78 y la masa de la pesa de inercia 76 deben ser correlacionadas, puesto que no se desea que el interruptor de impacto 57 sea accionado a su posición abierta hasta tanto no se efectúa un impacto directo de la pesa 52 contra el suelo, no siendo el interruptor de impacto 57 sensible a una mera caída sobre una pequeña mata, arbusto, pasto, hierba u otra vegetación, o sobre una capa superficial de tierra blanda, como en un campo arado. En consecuencia, en la disposición, el interruptor de impacto 57 es abierto solamente en el momento en que la pesa 52 establece un impacto firme contra suelo sólido, capaz de generar la onda sísmica ya explicada.

10 Haciendo referencia nuevamente a la figura 4, el cable 79 se extiende a partir del interruptor de impacto 57 llevado por la pesa 52 en el camión 50 en la estación subordinada, hasta el tambor 15 65 en la estación principal, y está incluido en un circuito con un interruptor 83 que también es accionado por la misma leva 69, llevada por el tambor 65 y que acciona el interruptor 70 ya descrito. Más particularmente, los interruptores 70 y 83 están dispuestos en una predeterminada relación arqueda de manera que la leva 69 llevada por el tambor 65 cierra y luego abre el interruptor 70, y 20 después cierra y luego abre el interruptor 83. El circuito mencionado incluye además una batería 84, una resistencia 85, un condensador 86, y el arrollamiento primario 87 de un transformador 88, el cual transformador 88 incluye un arrollamiento secundario 89 25 que se emplea para una finalidad que se explicará más adelante en detalle en la presente. Los elementos de circuito 57, 79, 83, 84, 85, 86, y 87 están dispuestos en relación de circuito en serie; y además el condensador está punteado por un voltmetro 90 que es preferentemente del tipo electrónico.

30 Cuando el tambor rotativo 65 llega a un punto predeterminado en su revolución, cierra el interruptor 83 de modo que el condensador 86 es cargado a partir de la batería 84 por vía de la

267465



- 15 -

resistencia 85, siendo el interruptor 83 cerrado por la leva 69, aproximadamente 20 o 30 milisegundos antes que la onda símica sea generada por el impacto de la pesa 52 contra el suelo, en lo que puede llamarse una caída normal; es decir, cuando no está presente ninguna de las numerosas causas de desviación del tiempo de caída, ya explicadas. La experiencia enseña que 25 milisegundos son satisfactorios. Ahora bien; cuando la pesa 52 se ha dejado caer como consecuencia del accionamiento del mecanismo de desenganche 56 a raíz del cierre del interruptor 70, poco rato después y justo antes de que la pesa dé contra el suelo en una caída normal, la leva 69 cierra el interruptor 83 efectuando la carga del condensador 86, dado que el interruptor de impacto 57 está en este momento en posición cerrada. El régimen al que es cargado el condensador 86 depende fundamentalmente de la tensión de la batería 84 y de la intensidad de la resistencia 85; si la intensidad de la resistencia 85 es suficientemente grande, la tensión de carga a través del condensador 86 será poca, en comparación con la tensión de la batería 84, de modo que el régimen de acumulación de la carga en el condensador 86 será, para todo fin práctico, constante; debido a lo cual el régimen del aumento de la tensión a través del condensador 86, tal como indicado por el voltímetro 90, será substancialmente constante. De ahí que la lectura del voltímetro 90 proporciona en cualquier momento una medida del tiempo que ha transcurrido desde el cierre del interruptor 83 por la leva 69. En la instalación, la leva 69 mantiene el interruptor 83 cerrado durante un período breve, aproximadamente 50 milisegundos, y el voltímetro 90 está calibrado de modo que indique directamente en milisegundos; preferentemente 50 milisegundos para la escala completa. En consecuencia, el voltímetro 90 comprende un medidor sincronizador.



Ahora bien, en la Instalación, si el interruptor 70 de la caída de la pesa se ajusta permanentemente de modo que la leva 69 lo cierre para dejar caer la pesa 52 en tal momento que la pesa 52 dé contra el suelo, en el caso de una caída normal, en un momento que caiga dentro del período de 50 milisegundos, cubierto por el medidor sincronizador 90, el interruptor de impacto 57 abrirá el circuito en el cual está siendo cargado el condensador 86, aproximadamente 25 milisegundos después de haberse iniciado la carga del mismo. Dado que la apertura del interruptor de impacto 57 detiene la carga del condensador 86, el medidor sincronizador 90 indicará aproximadamente 25 milisegundos, y quedará en este punto hasta la subsiguiente descarga del condensador 86. Este ciclo se repetirá siempre que las condiciones sean tales que proporcionen una caída normal, es decir, cuando ninguno de los factores variables ya explicados sea eficaz para causar una variación a partir de lo normal, en el momento del impacto de la pesa 52 contra el suelo. Empero, si por cualquier motivo el impacto de la pesa 52 contra el suelo es retardado o adelantado, por ejemplo, en 10 milisegundos, el medidor sincronizador 90 indicará 10 milisegundos en más o menos, con respecto a la lectura normal de 25 milisegundos, según sea el caso. En consecuencia, mediante una simple inspección del medidor sincronizador 90, el operario puede saber cuánto, y en que dirección, el tiempo del impacto de la pesa 52 contra el suelo se ha desviado a partir de lo normal. Si estas desviaciones en el tiempo son demasiado grandes para permitir la integración eficaz de los registros sucesivos, el operario debe descartar y borrar tal registro y dejar caer nuevamente la pesa en la estación subordinada particular del caso. Sin embargo, en la práctica resulta que ciertas condiciones del terreno y otras varían tanto de un lugar al otro que tendrá que ser descartado un elevado porcentaje de los registros, lo que demora muchísimo el progreso del trabajo y aumenta su costo.



5

10

15

20

25

30

A fin de evitar estas dificultades, el sistema comprende el uso de este dispositivo sincronizador 90 en combinación con un dispositivo desplazador de fase de modo que todas las veces que haya una desviación del tiempo de impacto a partir de lo normal, la tensión que se ha acumulado en el condensador 86 no solamente sea medida por el medidor sincronizador 90 con respecto a la cantidad y a la dirección como una desviación en el tiempo, sino que esta tensión ocasione automáticamente un desplazamiento de fase de todos los elementos en el registro para que sean registrados en el mismo momento en que hubiesen sido registrados si no hubiera habido ninguna desviación del tiempo de impacto a partir de lo normal.

Haciendo ahora referencia más particularmente a las figuras 4 y 5, el medio de registro que es llevado sobre la superficie del tambor 65 y está provisto de canales 61, 62, 63, etc., constituye un medio paramagnético, y el dispositivo registrador 66 constituye un cabezal registrador magnético.

Además, el cabezal registrador 66 está montado para que tenga un movimiento relativo con respecto a la superficie del tambor 65, para acomodar entre el cabezal y el tambor el desplazamiento de la relación de fase de tiempo. Específicamente, el cabezal registrador 66 es llevado por el extremo exterior de un brazo 91, y el extremo interior del brazo 91 está montado mediante pivote en el eje 92 que comprende el eje geométrico de rotación del tambor 65; y, desde luego, el cabezal registrador 66 coopera con el medio de registro asociado, llevado por la superficie del tambor 65. A fin de ajustar la posición angular del brazo 91, está provisto un dispositivo electrodinámico 93 que es esencialmente un motor situador, y que incluye un elemento de campo alargado substancialmente hueco 94 formado de



material magnético altamente permeable, en el cual está dis-
puesto un imán de barra permanente 95 que lleva dos armaduras
de hierro dulce 96 y 97 en sus extremos opuestos; el imán per-
manente 95 y las armadura 96 y 97 son movibles longitudinalmen-
te como una unidad dentro del elemento cilíndrico 95. Los extremos
5 exteriores de las armaduras 96 y 97 llevan varillas 98 y 99 que
respectivamente se apoyan de manera corrediza en cojinetes 100
y 101 que a su vez son llevados por una base 102; la base 102
está montada de manera corrediza sobre un soporte exterior fijo
10 103. También, el elemento cilíndrico 94 es sustentado de manera
corrediza por bloques 104 sobre la base 102, de modo que el
dispositivo 93, en su totalidad, puede ser movido o ajustado
longitudinalmente. En el espacio cilíndrico entre la armadura
96 y el extremo adyacente del elemento 94 está provisto un arro-
llamiento asociado 105; y en el espacio cilíndrico entre la ar-
madura 97 y el extremo adyacente del elemento 94 está provisto
15 un arrollamiento asociado 106. El extremo exterior de la vari-
lla 99 está conectado a pivote, mediante un eslabón interpuesto
107, operativamente con el brazo 91, estando el extremo exterior
del eslabón 107 conectado a pivote con el brazo 91, tal como se
indica en 108, y estando el extremo interior del eslabón 107
conectado a pivote con el extremo exterior de la varilla 99, tal
20 como se indica en 109.

Un resorte 110 está dispuesto en relación circundante
25 con respecto al imán permanente 95; un extremo del resorte
110 está fijado en un anillo no magnético 111 asegurado en po-
sición dentro del elemento cilíndrico 94, y el otro extremo del
resorte 110 está fijado en un anillo no magnético 112 colocado
en posición adecuada en el imán permanente 95; el resorte 110
es del tipo tensor, a fines ilustrativos. La posición de la
30 base 102 con respecto al soporte 103 puede ajustarse selecti-
vamente mediante un tornillo 113 cooperante, y el extremo

25-65



exterior del tornillo 113 lleva una perilla rotativa ajustadora 114.

5 Se comprenderá, pues, que la posición del dispositivo 93, en su totalidad, puede ser ajustada con respecto al soporte 103 mediante el apropiado manejo de la perilla 114, efectuando así el correspondiente ajuste angular del cabezal registrador 66 con respecto al tambor 65, por medio del mecanismo de varillaje que incluye el eslabón 107. En la práctica, el ajuste angular más extremo del cabezal registrador 66, que se necesitará, no 10 sobrepasa unos 5°. Ahora bien; si una corriente eléctrica circula por cualquiera de los arrollamientos 105 ó 106, es evidente que el campo magnético del imán permanente 95 será transformado o perturbado, de modo que el imán permanente 95 y las armaduras 96 y 97 conectadas se moverán, como una unidad, en una 15 dirección u otra, según la polaridad, de la corriente eléctrica que circula por el arrollamiento 105 ó 106. En condiciones normales, el imán permanente 95 está fuertemente imantado y las corrientes normales en los arrollamientos 105 y 106 son muy reducidas. Desde luego, los movimientos del imán permanente 95, con 20 juntamente con las armaduras 96 y 97, traen consigo ajustes de la posición angular del cabezal registrador 66 con respecto al tambor 65 de la manera ya explicada. Los movimientos de las armaduras 96 y 97, y por consiguiente del cabezal registrador 66, son substancialmente funciones lineales de las corrientes en 25 cualquiera o ambos arrollamientos 105 y 106.

A este respecto se hace notar que la oposición del cabezal registrador 66 está sujeta a tres controles separados e independientes: (1) el ajuste del tornillo 113; (2) la dirección y la longitud de la corriente en el arrollamiento 105; 30 (3) la dirección y la longitud de la corriente en el arrolla-



miento 106. Así, estos controles por ser independientes pueden ser acumulativos o diferenciales, según se requiera, y siendo substancialmente funciones lineales, estos controles pueden afectarse mutuamente, solamente por superposición, sin cambiar el carácter de los controles individuales.

Haciendo referencia nuevamente a la figura 4, se provee un dispositivo de descarga electrónica 115 del tipo de amplificador a válvula de triodo, que incluye un ánodo, un cátodo y una reja controladora; el arrollamiento 106 del electroimán 93 y una fuente de alimentación de corriente anódica a batería 116 están conectados en relación de serie entre el ánodo y el cátodo del tubo 115; y el cátodo y la reja controladora del tubo 115 están conectados a través del condensador 86 y el voltímetro 90 en relación paralela. Igualmente se provee un circuito polarizador de la reja controladora, que incluye una fuente de polarización a batería 117 y un asociado divisor de tensión 118, conectados en relación de serie con el cátodo del tubo 115. El divisor de tensión 118 incluye una escobilla ajustable 119 que está directamente conectada con la reja controladora del tubo 115. En consecuencia, el tubo 115 es normalmente polarizado negativamente y accionado dentro de una gama en la cual la corriente anódica es substancialmente una función lineal de la polarización de la reja. En la instalación, arrollamiento 106 es polarizado de modo que con un aumento de la corriente anódica del tubo 115, la armadura 96 del dispositivo 93 es movida, haciendo que el cabezal registrador 66 avance con respecto al medio de registro cooperante, o sea girado en sentido dextrógiro, la dirección de rotación del tambor 65, tal como se ilustra en la figura 5.

Haciendo referencia nuevamente a la figura 5, el cojinetes 100 que sustentan la varilla 98 lleva un soporte aislante que



sustenta un tornillo mariposa ajustable 121, dispuesto en relación de cooperación con el extremo exterior de la varilla 98.

5 Un circuito eléctrico está dispuesto entre la varilla 98 y el tornillo mariposa 121 e incluye una línea 122, una batería 123 suministradora de corriente, y un voltímetro 124. Ahora bien; si la escobilla 119 del divisor de tensión 118 se ajusta apropiadamente para hacer variar la polarización negativa aplicada a la rejilla controladora del tubo 115, la corriente anódica del tubo 115 puede ser ajustada a un valor cerca del extremo inferior de la gama de accionamiento lineal del tubo 115, de modo que la armadura 97 sea movida a una posición que puede llamarse posición "cero". En este momento se ajusta el tornillo mariposa 121 de modo que interrumpa el contacto con el extremo exterior de la varilla 98 para que el voltímetro 124 indique "cero". El tornillo mariposa 121 puede ser sujetao en esta posición cero mediante una apropiada disposición de tuerca de fijación, que no se representa; y luego el voltímetro 124 constituye un indicador de la posición de la armadura 97 con respecto a su posición cero.

10 Considerando ahora el funcionamiento del aparato representado en las figuras 4 y 5, a fin de compensar variaciones en el tiempo de impacto de la pasa cayente 52, ya se ha explicado que la acumulación de tensión en el condensador 86 ofrece una medida de la variación del tiempo de impacto. Ahora esta tensión se aplica para reducir la polarización normal aplicada a la rejilla controladora del tubo 115, debido a lo cual la corriente anódica del tubo 115 es aumentada de modo que la fuerza ejercida por el arrollamiento 106 sobre la armadura 97 del dispositivo 93, que es proporcional a la corriente anódica del tubo 115, es por lo tanto aumentada en proporción al tiempo de impacto. De ahí que, mediante un diseño apropiado con respecto a la fuerza del campo magnético



en el espacio ocupado por el arrollamiento 106, el número de espiras del arrollamiento 106, y la rigidez del resorte 110, el movimiento del cabezal registrador 66, tal como expresado en desplazamiento de tiempo, puede hacerse exactamente igual a la desviación del tiempo de impacto a partir del tiempo normal de impacto de la pesa 52, la cual desviación se desea compensar. Así, en el caso de una caída determinada, si el impacto de la pesa 52 contra el suelo es retardado por ejemplo en 10 milisegundos, la cabeza registradora 66 se hará avanzar en dirección dextrógiro, tal como vista en la figura 5, en un pequeño ángulo correspondiente a 10 milisegundos del medio de registro asociado, y la correspondiente onda sísmica será registrada así en esta posición del cabezal registrador 66. Después de efectuar este registro, la armadura 97 se hace volver a su posición normal mediante el escape de la carga a partir del condensador 86, por vía de la porción superior del divisor de tensión 118, tal como se representa en la figura 4, con condición ésta que es controlada por el derrumbe de la tensión en el condensador 86, tal como indicado por el voltímetro 90 en la figura 4, y por la lectura del voltímetro 124 en la figura 5. En la producción del registro individual mencionado en último término, la posición angular del mismo en el medio de registro llevado por el tambor 65 es exactamente la misma que si no hubiera habido ninguna desviación del momento de impacto con relación al normal. En consecuencia, cualquier número de registros efectuados por orden de sucesión con momentos de impacto muy variados, se integrará finalmente con la misma eficacia que si, los momentos de impacto del caso carecieran totalmente de las variaciones individuales descritas. Se comprenderá que si el cabezal registrador 66 se usa para reproducción, estará en posición cero. Sin embargo, es preferible usar un cabezal especial para la reproducción, que puede



estar situado en cualquier posición fija deseada, del tambor registrador.

5 Como puede apreciarse con relación a la figura 1, que a fin de eliminar las repercusiones molestas que progresan horizontalmente, es necesario efectuar un registro compuesto de un gran número de registros individuales, mientras la fuente de la onda 41 se dispersa sobre grandes distancias o áreas (en las diferentes estaciones subordinadas 31, 32, 33 etc.) para aumentar la intensidad de las ondas útiles que se desplazan verticalmente y para 10 suprimir las ondas que se desplazan horizontalmente. Sin embargo, para alcanzar este objetivo en la medida deseada, es necesario hacer variar la distancia entre la fuente 41 de la onda sísmica y el detector 42 en una medida tan extensa que ni siquiera las ondas que se desplazan verticalmente se integran eficazmente.

15 Tal como ya se señaló con relación a la figura 1, si el desplazamiento de la fuente 41 entre sucesivas estaciones subordinadas 31, 32 etc. es suficiente para proporcionar la supresión más eficaz de las ondas que se desplazan horizontalmente, resulta que la longitud del recorrido de las ondas difiere tanto que la integración de las ondas que se desplazan verticalmente no será 20 satisfactoria; y se recordará que los cálculos hechos más arriba en la presente trataban de distancias entre la fuente 41 y el detector 42 que eran relativamente reducidas, y que se suponía que el horizonte reflector fuera relativamente profundo. Estos cálculos representan una combinación favorable, y en las suposiciones de los mismos, resultó que las ondas que se desplazan verticalmente se integraban eficazmente en toda la extensión 25 supuesta. En la práctica es por lo común conveniente emplear un mayor espacio entre la fuente 41 y la estación detectora 42 que el arriba supuesto, y es también importante integrar fenómenos reflejados a partir de horizontes mucho más arenosos que 30



que los arriba supuestos.

Ahora bien; cuando esto se examina con mayor detención, se encontrara que se presentan a menudo serias dificultades de integraci3n, y para ilustrar la magnitud de estas dificultades se efectúan algunos cálculos adicionales suponiendo variaciones en la distancia de la caida y en la profundidad de los horizontes reflectores que son compatibles con la experiencia real sobre el terreno. En estos cálculos adicionales se supone nuevamente que la velocidad V_{17} sea de 3048 metros por segundo y que la distancia entre las caidas varía desde un máximo de 762 metros hasta un mínimo de 0 metros, Empleando la susodicha ecuaci3n 3 para Δt , en la cual $x_2 = 0$, se han hecho cálculos, y los valores de Δt se han agrupado en forma de tabla para un número de diferentes horizontes reflectores a diferentes profundidades bajo la superficie del suelo en toda la gama en que normalmente está interesado el geofísico. En esta reducci3n a tabular, se supone que los horizontes reflectores estan dentro de la gama de 1066,8 metros hasta 3657,6 metros bajo la superficie del suelo, y las distancias de caida entre la fuente 41 y la estaci3n detectora 42 se supone que estan dentro de la gama de 762 metros hasta 0 metros. Los resultados de estos cálculos son los siguientes:

profundidad (m) de los horizontes reflectores bajo la superficie del suelo	Δt (milisegundos) a diferentes distancias de caida (m) entre la fuente 41 y la estaci3n detectora 42				
	762 m	609m	457,2m	304,8m	0m
1066,8	43,3	28,0	15,9	7,1	0
1219,2	38,0	24,6	13,9	6,2	0
1524	30,8	19,8	11,1	5,0	0
1828,8	25,8	16,5	9,3	4,1	0
2133,6	22,1	14,2	8,0	3,5	0
2438,4	19,4	12,4	7,0	3,1	0
2743,2	17,3	11,1	6,2	2,8	0



profundidad (m) de los horizontes reflectores bajo la superficie del suelo Δt (milisegundos) a diferentes distancias de caída (m) entre la fuente 41 y la estación detectora 42

	762m	609m	457,2m	304,8m	0
3048	15,5	10,0	5,6	2,5	0
3352,8	14,2	9,1	5,1	2,3	0
3657,6	12,9	8,3	4,6	2,1	0

Un examen de esta tabla indica que con las extensiones supuestas, los fenómenos reflejados a partir de las distancias de caída más largas son más ampliamente desplazados entre sí que los provenientes de las distancias de caída más cortas, y que las diferencias son tan grandes que la integración de registros sucesivos sobre cualquier parte substancial de la gama no sería posible. Para los horizontes más arenosos, los desplazamientos son hasta de dos o más longitudes de onda; mientras que, para lograr una integración eficaz, el desplazamiento no debe ser mayor que aproximadamente 1/4 de longitud de onda, lo que requiera en la práctica que el desplazamiento de fase no sea superior a 5 ó hasta 7 milisegundos, dependiendo ello de la longitud de onda.

A fin de realizar una integración eficaz, estos desplazamientos en el tiempo deben ser compensados. Por ejemplo, se desprende de la tabla que cuando la distancia de caída entre la fuente 41 y la estación detectora ^{es de} 762 metros, el fenómeno reflejado a partir del horizonte a 1066,8 metros llega 43,3 milisegundos más tarde de lo que hubiese llegado si la distancia de caída entre la fuente 41 y la estación detectora 42 hubiese sido cero. De manera similar, cuando la distancia de caída entre la fuente 41 y la estación detectora 42 es 609 metros el fenómeno reflejado a partir del horizonte 1066,8 llega 28,0 milisegundos más tarde de lo que hubiera llegado si la distancia de caída entre la fuente

7465



- 26 -

41 y la estación detectora 42 hubiera sido cero. Así, en la producción de registros a partir de dos estaciones subordinadas dispuestas respectivamente a 762 metros y 609 metros de la estación principal, los fenómenos provenientes del horizonte a 1066,8 metros serán desplazados en 43,3 menos 28,0, o sean 15,3 milisegundos, el uno con respecto al otro; este desplazamiento es demasiado grande para acomodar una integración eficaz. A fin de compensar esta variación con arreglo al presente método, la fase de cada fenómeno es desplazada antes de la registración del mismo, en una cantidad correspondiente a la diferencia de tiempo que se hubiera presentado si la distancia de caída entre la fuente 41 y la estación detectora 42 hubiese sido alguna distancia fija. Sin limitar la generalidad de los principios implicados, supóngase aquí, para simplificar la explicación ilustrativa, que la fase de cada fenómeno reflejado registrado sea desplazada de tal modo que es registrado en la misma posición del tambor registrador en que hubiese sido registrado si la distancia de caída hubiera sido cero. Así, cuando se trata de una distancia de caída de 762 metros, el fenómeno proveniente del horizonte a 1066,8 metros es adelantado en el tambor registrador en 43,3 milisegundos; y cuando se trata de una distancia de caída de 609 metros, el fenómeno proveniente del horizonte a 1066,8 metros es adelantado en 28,0 milisegundos; debido a ello los dos fenómenos son registrados en el momento en que hubiesen sido registrados si la distancia de caída en ambos casos hubiera sido cero, de modo que los dos fenómenos provenientes del horizonte a 1066,8 metros ^{estarán} exactamente en fase y se integrarán eficazmente. Sin embargo, esta integración se aplicaría solamente a los fenómenos reflejados a partir del horizonte a 1066,8 metros. En consecuencia, el avance de la registración debe hacerse variar progresivamente, de modo que en el momento en



que el fenómeno proveniente del horizonte a 1066,8 metros está por llegar a la estación detectora 42, el tiempo de avance sea de 43,3 milisegundos, y que poco rato después, en el momento en que el fenómeno proveniente del horizonte a 1219,2 metros esté por llegar a la estación detectora 42, el tiempo de avance sea solo de 38,0 milisegundos, y de modo que otro poco de tiempo después, y en el momento en que el fenómeno proveniente del horizonte a 1524 metros esté por llegar a la estación detectora 42, el tiempo de avance sea solamente de 30,8 milisegundos, etc., cifras estas que concuerdan con los valores calculados de Δt indicados en la tabla. Así, el avance se reduce progresivamente a medida que procede el tiempo, de modo que a cualquier distancia determinada de caída, entre la fuente 41 y la estación detectora 42, la totalidad de los fenómenos reflejados a partir de cualquier profundidad de que se tratare, serán registrados exactamente en el momento en que hubiesen sido registrados si la dirección de caída hubiera sido cero. Ahora bien, siguiendo este procedimiento en diferentes estaciones subordinadas 31, 32, etc., comprendiendo las diferentes distancias de caída 762 metros, 609 metros, etc., con una apropiada variación en el diagrama de adelantamiento de los registros en el mismo, de acuerdo con las diferentes columnas de la precedente tabla, se pueden obtener resultados iguales; de esta manera todos los fenómenos reflejados correspondientes son llevados a coincidencia de fase a fin de asegurar una integración eficaz, independientemente de las distancias de caída, y de la profundidad de los horizontes reflectores.

La disposición para lograr este resultado se comprenderá si se hace referencia a la figura 4, en la cual el sistema incluye un tubo de descarga electrónica 125 del tipo amplificador a válvula de triodo que está provisto de un ánodo, un cátodo y una rejilla controladora. El arrollamiento 105 del dispositivo 93 y una



batería 126 como fuente de alimentación de corriente anódica es-
tán conectados en relación de serie entre el ánodo y el cátodo
del tubo 125; también se ha previsto un circuito polarizador de
la reja controladora que incluye una batería 127 como fuente de po-
larización y un divisor de tensión asociado 128, conectados en re-
lación de serie con el cátodo del tubo 125. El divisor de tensión
128 incluye una escobilla ajustable 129 que está conectada por vía
de una resistencia de escape de reja 130 con la reja controladora
del tubo 125. En consecuencia, el tubo 125 es normalmente polariza-
do negativamente y es accionado dentro de una gama en la cual la
corriente anódica es substancialmente una función lineal del po-
tencial de reja. Además, el circuito incluye un condensador car-
gador 131 que puentea la resistencia 130 entre la escobilla 129 y
la reja controladora del tubo 125, así como un voltímetro 132 que
puentea al condensador 131, siendo el voltímetro 132 preferente-
mente del tipo electrónico. El circuito incluye también un rele-
vador 133 provisto de dos arrollamientos operativos 134 y 135,
así como un inducido, que no se representa, operable entre posi-
ciones primera y segunda en respuesta a la excitación de los res-
pectivos arrollamientos 134 y 135, el cual inducido controla la po-
sición de un principal resorte interruptor movable 136 asociado
operativamente con dos resortes interruptores fijos 137 y 138 dis-
puestos de manera opuesta, del tipo de sujeción. Más particular-
mente, cuando el arrollamiento 134 es excitado momentáneamente,
el inducido, no representado, acciona el resorte interruptor
principal 136 para entrar en posición activa con el resorte inte-
rruptor 137, siendo esta vinculación conservada por la acción
sujetadora ya notada después de la desexcitación del arrollamien-
to 134; y cuando el arrollamiento 135 es momentáneamente excitado,
el inducido, no representado, acciona el resorte interruptor prin-

267465



- 29 -

5 ciplal 136 para entrar en posición activa con el resorte interrup-
tor 138, siendo esta vinculación conservada por la acción sujeta-
dora ya notada después de la desexcitación del arrollamiento 135.
El resorte interruptor principal 136 está conectado con la reja
controladora del tubo 125; el resorte interruptor 137 está conec-
tado con la escobilla ajustable 139 de un divisor de tensión 140
asociado; y el resorte interruptor 138 está conectado con un ter-
10 minal de una resistencia ajustable 141 asociada. El otro terminal
de la resistencia 141 está conectado con la escobilla 129; y el
divisor de tensión 140 está conectado en relación de serie con
una batería 142 asociada, con la escobilla 129.

15 La red de circuito incluye también un interruptor 143
accionable a mano, del tipo de dos posiciones, accionable desde
su posición normal a una primera posición que cierra un primer
par de contactos 144, y accionable desde su posición normal a
una segunda posición que cierra un segundo par de contactos 145.
El arrollamiento 134, los contactos 144 y una batería 146 es-
tán dispuestos en relación de serie; y de manera similar, el
arrollamiento 135, los contactos 145, y la batería 146 y un in-
20 terruptor 147 están dispuestos en relación en serie, estando el
interruptor 147 también operativamente asociado con el tambor
65 y siendo controlado selectivamente por otra leva 148, lleva-
da por el mismo.

25 En la instalación, el voltímetro 132 es calibrado para
indicar como medidor de fase o de tiempo; la resistencia ajus-
table 141 tiene una resistencia relativamente alta y se emplea
como resistencia de escape de reja, según se describirá deta-
lladamente más adelante. Mediante el ajuste de la escobilla 129,
la polarización inicial aplicada a la reja controladora del tubo
30 125 puede establecerse de modo que establezca la corriente anódica



inicial del mismo que circula por el arrollamiento 105 del dispositivo 93. Además, la leva 148 cierra el interruptor 147 en una posición angular particular del tambor 65 y lo mantiene cerrado durante un corto intervalo de tiempo, abriendo luego el interruptor 147.

Haciendo ahora referencia a las figuras 4 y 5, y considerando el funcionamiento del aparato, la escobilla 129 del divisor de tensión 128 se ajusta primero de modo que la corriente anódica del tubo 125 que circula por el arrollamiento 105 del dispositivo 93 sea tal que la armadura 96 del mismo se mantenga en posición cero, según lo indica el voltímetro 124. Cuando el operario esté listo para efectuar un registro, acciona momentáneamente el interruptor manual 143 para cerrar los contactos 144, debido a lo cual el arrollamiento 134 del relevador 133 es momentáneamente excitado de modo que el resorte interruptor principal 136 actúa sobre el resorte interruptor 137, conectado directamente la escobilla 139 del divisor de tensión 140 con la reja controladora del tubo 125 y efectuando la carga del condensador 131. Más particularmente, el condensador 131 es rápidamente cargado a la tensión determinada por la posición ajustada de la escobilla 139 del divisor de tensión 140. El operario ajusta entonces la escobilla 139 del divisor de tensión, si fuera necesario, de modo que la resultante polarización negativa aplicada a la reja controladora del tubo 125 a partir de la escobilla 129 del divisor de tensión 128 tenga la cantidad apropiada, a fin de que la corriente anódica del tubo 135 que circula en el arrollamiento 105 sea suficiente para mover la armadura 96 del dispositivo 93, y por consiguiente el cabezal registrador 66, en una cantidad adecuada para proporcionar el deseado desplazamiento inicial de fase que requiere el operario.

A fines ilustrativos, supóngase que el operario se esté preparando para dejar caer la pesa 52 en la estación subordinada

267465



- 31 -

dispuesta a 762 metros de la estación detectora. Consultando la
tabla arriba consignada, encontrará que a fin de llevar el momen-
to de la registración de la onda reflejada desde un horizonte a
1066,8 metros, al punto del registro donde debería estar si la dis-
tancia de caída fuera cero, debe adelantar la fase en exactamente
43,3 milisegundos. El ajuste de la escobilla 139 para alcanzar
este objetivo puede ser determinado fácilmente, haciendo referen-
cia al vultmetro 132, dado que este medidor es preferentemente
calibrado en términos de desplazamiento en milisegundos del cabe-
sal registrador 66 con respecto al tambor 65. Cuando ha sido es-
tablecido este ajuste, efectuando el deseado adelantamiento en
43,3 milisegundos, la pesa puede dejarse caer. Ahora bien, se com-
prenderá que si este adelantamiento de 43,3 milisegundos se man-
tiene durante la registración de todos los fenómenos reflejados a
partir de horizontes más profundos que 1066,8 metros, los fenóme-
nos reflejados a partir de los horizontes más profundos llegarán
prematuramente. En consecuencia, los adelantamientos observados
deben ser progresivamente reducidos a medida que los fenómenos pro-
venientes de los horizontes más profundos están por llegar al de-
tector, y estos adelantamientos progresivos de las registraciones
deben estar de acuerdo con la columna correspondiente de la tabla
consignada, de modo que todos los fenómenos reflejados a partir de
todos los horizontes aparezcan en el registro en el mismo punto en
que hubiesen aparecido si la distancia de caída hubiera sido cero
y ningún desplazamiento de fase fuera necesario. Si este resultado
se logra para todas las distancias de caída, entonces los fenómenos
correspondientes en sucesivos registros individuales estarán exac-
tamente en fase y por tanto se integrarán con eficacia, sean cuales
fueren las distancias de caída del caso, y sean cuales fueren las
profundidades de los diversos horizontes reflectores del caso.



5

10

15

20

25

30

Suponiendehahora que la pesa 52 deba dejarse caer en una estación subordinada que está a 762 metros de la estación detectora, el operario acciona primero el interruptor manual 143 para cerrar los contactos 144 a fin de excitar el arrollamiento 134 del relevador 133 para hacer que el resorte principal 136 actúe sobre el resorte 137, causando la carga del condensador 131 de la manera ya explicada; y puede suponerse también nuevamente que la escobilla 139 del divisor de tensión 140 ha sido ajustada apropiadamente para que el voltmetro 132 indique 43,3 milisegundos correspondientes a la carga del condensador 131, tal como ya se ha señalado. El operario acciona entonces el interruptor 143 para cerrar los contactos 145 para preparar el circuito para excitar el arrollamiento 135 del relevador 133. Seguidamente, la leva 148, llevada por el tambor 65, cierra el interruptor 147 en el momento apropiado en la revolución del tambor 65, debido a lo cual es excitado el arrollamiento 135 del relevador 133, efectuando el movimiento del resorte principal 136, para actuar sobre el resorte 138; debido a ello, la resistencia 141 forma puente a través del condensador 131, de modo que la carga de éste se escapa a un régimen predeterminado, dependiendo ello de la capacidad del condensador 131 y la resistencia 141. Reduciéndose así la carga en el condensador 131 a medida que transcurre el tiempo, la polarización de la peja controladora del tubo 125 es progresivamente aumentada de modo que la corriente anódica que circula por el arrollamiento 105 del dispositivo 93 disminuye correspondientemente de manera progresiva, causando una reducción progresiva del adelantamiento del cabézal registrador 66 con respecto al tambor 65.

Más particularmente, tal como ya se indicara, al integrar los fenómenos reflejados a partir de todos los horizontés, empezando con la profundidad de 1066,8 metros, y el desplazamiento inicial de fase de 43,3 milisegundos, la leva 148 estará situada en el



tambor 65 de modo que accione el interruptor 147 aproximadamente en el momento en que el fenómeno reflejado a partir del horizonte a 1066,8 metros está por llegar a la estación principal. Esto proporciona el correcto desplazamiento de fase en el nivel de 1066,8 metros. El tiempo de la intercalación de la resistencia 141 no es particularmente crítico y puede ser determinado en cualquier caso a partir de datos de velocidad aproximadamente conocidos para el área que está siendo explorada; debido a ello, la leva 148 requiere tan sólo ser ajustada muy de tarde en tarde, quedando a menudo en la misma posición durante semanas enteras en las exploraciones geofísicas. Así, el fenómeno reflejado a partir del nivel de 1066,8 metros es registrado en el momento apropiado; y y poco rato después, 5,3 milisegundos más tarde, debe llegar el fenómeno reflejado a partir del horizonte a 1219,2 metros. Para entonces, la tensión del condensador 131 se habrá reducido, aumentando así la polarización de la reja controladora del tubo 125, de modo que la corriente anódica del tubo 125, que circula por el arrollamiento 105 del dispositivo 93, será justo lo suficiente para efectuar el movimiento del cabezal registrador 66 al punto en que el desplazamiento de fase sea de 38,0 milisegundos, tal como lo requieren los datos en la tabla arriba consignada. Será evidente que si el carácter de la curva de desbarga del condensador 131 ha de ser apropiado para los presentes fines, el desplazamiento de fase debe automáticamente adaptarse substancialmente a las cifras en la precedente tabla; así, la totalidad de los fenómenos reflejados provenientes de los diversos horizontes a profundidades diferentes serán registrados substancialmente en los tiempos en que hubiesen sido registrados si la distancia de caída hubiera sido cero. Esto se realiza mediante la selección y un ajuste apropiado de la resistencia de la resistencia 141.

Después de la producción del registro individual en la estación principal, resultante de la caída en la estación



subordinada dispuesta a 762 metros de la estación detectora, el camión 50 se mueve a otra estación subordinada, por ejemplo, la que está dispuesta a 609 metros de la estación detectora; y se repite la operación arriba descrita. Empero, en este caso deben emplearse las cifras en la columna siguiente de la tabla arriba consignada, al ajustar inicialmente la escobilla 139 del divisor de tensión 140, pero por lo común no es necesario ajustar la resistencia de la resistencia 141. Sin embargo, la resistencia 141 está hecha de manera ajustable, tal como ya se hiciera notar, a fin de que, cuando las exploraciones se realizan en diferentes áreas que comprenden grandes cambios en la velocidad, se puedan efectuar los ajustes apropiados; tales ajustes se pueden hacer fácilmente, partiendo de cálculos que dependen de datos y leyes físicas bien conocidos. Siguiendo el procedimiento arriba esbozado, cualquier número de registros individuales puede ser integrado subsiguientemente con gran eficacia, dispersando a la vez las estaciones subordinadas en que se efectúan las caídas sobre toda la distancia o área que fuere necesaria para eliminar substancialmente las ondas que se desplazan horizontalmente, a partir de los registros individuales; y esto es cierto para virtualmente todas las profundidades de los horizontes reflejados en que está interesado el geofísico.

Estas consideraciones se basan sobre la premisa de que el el régimen de descarga del condensador 131 es substancialmente el régimen requerido para producir los correctos cambios progresivos en el desplazamiento de fase, para compensar los cambios de tiempo señalados en la precedente tabla. Suponiendo la validez de esta suposición, se ha demostrado que los valores de Δt en la tabla se calcularon a partir de la ecuación 3, en la cual la distancia más corta, x_2 era 0. Además, se suponía que el desplazamiento de fase en el cabezal registrador 66 fuera substancialmente una función lineal de la tensión aplicada a la reja controladora del



tubo 125, en virtud de la acción combinada del divisor de tensión 128 y del condensador 131. Realizando estos efectos, es evidente que la tensión en la reja, y por lo tanto el desplazamiento corrector del cabezal registrador 66, deben ser una función exponencial de tiempo debido a la circunstancia de que la descarga del condensador 131 por vía de la resistencia 141 es tal función exponencial del tiempo. Si la tensión inicial aplicada al condensador 131 se designa con "E", resulta que la tensión en el mismo, designada con "V", está relacionada con el tiempo "t" después de conectar la resistencia 141 (o resistencia "R" en ohmios) a través del condensador 131 (o capacitancia "C" en faradios), por la siguiente ecuación:

$$(4) \quad V = Ee^{-\frac{t}{RC}}$$

Dado que el desplazamiento de fase t_1 en el cabezal registrador 66 es una función lineal de "V", resulta que este desplazamiento de fase resultante del uso de este equipo es dado por la ecuación:

$$(5) \quad \Delta t_1 = Ke^{-\frac{t}{RC}}$$

en la cual "K" es una constante, y "e" es la base logarítmica natural.

Para ser suficientemente exacto para fines prácticos, el desplazamiento de fase, tal como efectuado con arreglo a la ecuación 5, debe concordar muy de cerca con el desplazamiento de fase requerido tal como determinado a partir de cálculos geométricos, teniendo debidamente en cuenta el factor velocidad. Los valores de Δt indicados en la precedente tabla son cálculos como una función de la profundidad del horizonte reflector. A fin de permitir una comparación con la ecuación 5, los valores de Δt deben ser expresados como una función del tiempo, tomándose el tiempo como cero cuando es generado el impacto, tal como por ejemplo



en las estaciones 31, etc. Este valor de tiempo general T es dado por la ecuación 6:

(6)
$$\Delta t = \frac{\sqrt{x^2 + 4h^2}}{v}$$

5 Con esta ecuación podemos, mediante procedimientos bien conocidos, convertir los datos de la tabla arriba consignada desde una función de profundidad en una función de tiempo. Este último valor de Δt como una función del tiempo está trazado como curva 149 de la figura 7. Esta curva representa las verdaderas correcciones de fase requeridas para alcanzar los objetivos arriba señalados, mientras que la

10 ecuación 5 representa las correcciones realmente proporcionadas por los dispositivos descritos más arriba en la presente. Hacemos ahora un trazado de la función representada por la ecuación 5, y mediante una apropiada selección de constantes que se pueden determinar mediante procedimientos bien conocidos, derivamos la curva 150 de

15 la figura 7. Las constantes requeridas para lograr esta curva pueden ser fácilmente obtenidas por cualquier persona práctica en cálculos de circuitos eléctricos, asignando valores apropiados a la tensión inicial aplicada al condensador 131, diseñando racionalmente

20 la bobina 105, una apropiada tensión de la batería 128 y una adecuada rigidez del resorte 110.

De una inspección de las dos curvas 149 y 150 de la figura 7 se desprende que en ningún lugar el desplazamiento correctivo de la fase de tiempo, representado por la curva 150, difiere del

25 requerido desplazamiento de la fase de tiempo representado por la curva 149 en más de 2 milisegundos aproximadamente. Para una longitud de onda de 25 milisegundos, esto es menos que 1/12 de longitud de onda o 30° ; y se puede demostrar que dos ondas senoidales cualesquiera que se superpongan con un ángulo de fase de sólo

30 30° entre ellas, se integran con una eficacia dada por el coseno de 15° , que es 0,966; así, pues, la eficacia de integración es del 96,6%. Calculando la eficacia de integración para otros puntos



5

10

15

20

25

30

respectivos sobre toda la gama de profundidad desde 1066,8 metros hasta 3657,6 metros, y una gama de distancia de caída desde 0 hasta 762 metros, las cuales gamas abarcan prácticamente todas las condiciones que se presentan en la práctica, resulta que el termino medio de eficacia de la integración es superior al 98%, una cifra altamente satisfactoria y que demuestra que, de desearse pueden emplearse con éxito, con arreglo al presente método, gamas aún más amplias. Cálculos similares hechos para otras distancias de caída, tales como 609 metros o 457,2 metros, dan resultados similares, sin cambiar ninguna de las constantes en la ecuación; lo que demuestra que la aplicación con éxito del presente principio es una cuestión de diseño, y que siguiendo el procedimiento arriba esbozado una persona práctica en materia de electricidad puede hacer los cálculos del diseño.

Tal como ya se hiciera notar, el método arriba descrito para llevar todos los fenómenos reflejados a una correcta posición de fase para su integración eficaz, es adecuado para ser usado dentro de ciertos límites. Sin embargo, si nos interesa integrar fenómenos provenientes de horizontes más profundos o más arenosos que los que se contemplan en lo que más arriba se ha expuesto, la disparidad entre las dos curvas de la figura 7 puede llegar a ser prohibitivamente grande, especialmente en el caso de horizontes más arenosos. Además, hay momentos en que se desea trabajar con longitudes de onda mucho más cortas que las arriba postuladas, en cuyo caso la desviación a partir de la coincidencia de las dos curvas de la figura 7 será demasiado grande. Estas condiciones más extremas pueden ser satisfechas fácilmente por una provisión adicional, ilustrada en la figura 4. Para tal fin se conecta en serie con la resistencia variable 141 una segunda segunda resistencia 150a que, durante la primera porción del registro, está cortocircuitada, tal como por ejemplo por contactos



150b, en una barra conductora 150c llevada por el tambor 65. A la resistencia 141 se le imparte entonces un valor relativamente bajo de modo que proporcione la curva de descarga 150d, tal como representada en la figura 8. Así, durante la primera parte del registro, cuando las compensaciones requeridas son relativamente grandes y la carga es rápida, la curva de descarga es relativamente empinada. Empero, en la última parte del registro, cuando los fenómenos reflejados provienen de horizontes relativamente profundos, la curva de descarga debe ser relativamente plana. Mediante un diseño adecuado se puede hacer que los contactos 150b se separen de la barra conductora 150c en el momento apropiado, de modo que la resistencia 150a sea intercalada en el circuito sangrador, después de lo cual el régimen de descarga del condensador 131 es relativamente lento, proporcionando la curva de compensación 150e de la figura 8. Se comprenderá rápidamente que mediante este procedimiento la compensación real puede hacerse más aproximada al valor deseado, sobre una gama mucho más amplia, que si solamente se usara una sola resistencia 141. Este principio puede llevarse más adelante, proporcionando resistencias adicionales que son intercaladas en el circuito en los momentos apropiados, de modo que se puede lograr cualquier grado de exactitud en la compensación realizada, sobre cualquier gama deseada de la profundidad de los horizontes reflectores, y para cualquier longitud de onda deseada.

Existe otro factor variable que es importante y que debe ser compensado a fin de obtener una integración eficaz de los registros sucesivos; es decir, la variación en el tiempo total del recorrido de las ondas reflejadas, debido a lo que se llama "disgregación por los agentes atmosféricos". Esto se ilustra con mayor claridad en la figura 6; y se hace notar que por lo general habrá



cerca de la superficie 152 del suelo una zona o capa 151 que debió a influencias de agentes atmosféricos y por falta de compactación bajo un peso sobrecayente, es blanda y se caracteriza por malas propiedades de transmisión de ondas. Por lo general, esta zona 151 alterada por los agentes atmosféricos exhibe una característica de baja velocidad de transmisión de las ondas, con respecto a las sucesivas formaciones subyacentes 153, 154, etc. En esta figura, la base de esta zona alterada por los agentes atmosféricos está representada por la línea irregular 155 que se extiende entre los puntos 156 y 157, y la zona puede tener marcadas variaciones en su espesor en diferentes puntos. Estas variaciones del espesor de esta capa de baja velocidad 151 dan lugar a substanciales variaciones en el tiempo de desplazamiento de las ondas reflejadas 158. El principio del método mediante el cual son compensadas estas variaciones, se comprenderá si se considera que el recorrido de las ondas reflejadas 158 que se desplazan desde una fuente de ondas en un punto 159 al detector situado en un punto 160, es refractado en los puntos 156 y 157 y reflejado en un punto 161, estando los puntos 156 y 157 en el límite entre la zona 151 de baja velocidad, alterada por los agentes atmosféricos, y la subyacente formación de alta velocidad 153. De acuerdo con leyes bien conocidas, el haz, al llegar al punto 156, es re-irradiado en todas las direcciones; una porción del haz se desplaza directamente desde el punto 156 al punto 157, tal como lo indica el recorrido 162. Es un hecho bien conocido que esta onda refractada 162 que se desplaza por el recorrido más directo 159-156-157-160 llegará al detector 160 antes que la onda reflejada 158 que se desplaza por vía más indirecta 159-156-161-157-160, comprendiendo la reflexión en el punto 161. Se observará que este rayo refractado 162 atraviesa la capa de baja velocidad 151 en substancialmente los mis-



5 mos dos recorridos que el rayo reflejado 158, debido a lo cual
cualesquiera desviaciones en el tiempo de desplazamiento del rayo
reflejado 158 causadas por la zona superficial de baja velocidad
151 estaban también presentes en el tiempo de desplazamiento de
la onda refractada 162. Dado que la onda refractada 162 llega al
10 detector en el punto 160 mucho antes que la onda reflejada 158,
es posible detectar y medir las variaciones desde el tiempo normal
de desplazamiento hasta el tiempo real de desplazamiento de la on-
da refractada 162, y emplear esta variación como una base para in-
15 troducir en la onda reflejada 158 un apropiado desplazamiento de
fase. Específicamente, el cabezal registrador 66 es desplazado, de
la manera arriba esbozada, a fin de corregir substancialmente la
variación mencionada.

15 Haciendo ahora referencia más particularmente a las figu-
ras 3 y 4, los contactos eléctricos 75 incorporados en el interrup-
tor de impacto 57 son separados en el momento del impacto de la pe-
sa 52 contra la superficie del suelo, debido a lo cual se produce
una onda sísmica de la manera ya explicada. En el momento del im-
20 pacto, la apertura del interruptor de impacto 57 interrumpe el cir-
cuito de carga del condensador 86, debido a lo que el arrollamien-
to primario 87 del transformador 88 se desexcita; al mismo tiempo
que se produce el derrumbe del campo magnético en el transformador
88, es inducida una tensión en el arrollamiento secundario 89 del
mismo, que es aplicada por vía de un dispositivo rectificador 165
25 a través de un condensador cargador 166, siendo el dispositivo
rectificador 165 un diodo del tipo a cristal, tal como el tipo de
selenio u óxido de cobre. La disposición comprende también una di-
positivo de descarga electrónica 167 del tipo de amplificador a
30 válvula de triodo, que incluye un ánodo, un cátodo y una reja con-
troladora estando el condensador 166 puenteado directamente entre



5 el cátodo y la reja controladora del tubo 167. Una batería 168, fuente de alimentación de corriente anódica, y el arrollamiento operativo 169 de un relevador 170 están conectados en relación de serie entre el ánodo y el cátodo del tubo 167; y el tubo 167 está provisto de un circuito polarizador de la reja controladora, que incluye una batería 171 como fuente de polarización, y una resistencia de escape de reja 172 conectada en serie, también conectadas a través del condensador 166. El relevador 170 está además provisto de un par de contactos 173 que están incluidos en un circuito en relación de serie con el condensador de carga 174, una fuente de tensión de batería 175 y una resistencia 176. Además, un voltímetro 177, preferentemente del tipo electrónico, está dispuesto en relación de puenteo con respecto al condensador de carga 174, estando el voltímetro calibrado en términos de milisegundos, según se explicará más detalladamente más adelante. Además, el circuito comprende un segundo relevador 178 provisto de un arrollamiento operativo 179, que controla un par de contactos 180, dispuestos en relación cortocircuitadora con el condensador de carga 166, y el contacto del par de contactos 180 que está conectado con el cátodo del tubo 167 está también conectado a potencial de masa, tal como se indica en 181. El arrollamiento operador 179 del relevador 178 está conectado con el circuito de salida de un preamplificador 182 que tiene un circuito de entrada que está conectado por medio de un cable 183 con un detector auxiliar 184, dispuesto adyacentemente al detector principal 42. En realidad, el detector auxiliar 184, no es esencial, por cuanto la estación detectora principal 42 puede ser conectada en común con los dos preamplificadores 67 y 182 en relación paralela; empero, para mayor conveniencia, a fin de aislar los circuitos, se recomienda la disposición del detector auxiliar 184 adyacentemente a la estación detectora principal 42.



5
10
15
Considerando ahora más detalladamente el funcionamiento de la porción arriba descrita del circuito de la figura 4, tal como ya se ha indicado, cuando el interruptor de impacto 57 es accionado a su posición abierta, el condensador 166 es cargado por la tensión inducida en el arrollamiento secundario 89 del transformador 88, debido a lo cual la tensión a través del condensador 166 es aplicada para reducir la polarización negativa normal, aplicada a la reja controladora del tubo 167. En consecuencia, el tubo 167 es disparado, efectuando la excitación del arrollamiento 169 del relevador 170 y el consiguiente cierre de los contactos 173, de modo que el condensador 174 es cargado a través de la resistencia 176 a partir de la batería 175. El voltímetro 177 está calibrado en términos de milisegundos y llega a ser un medidor sincronizador con respecto a la carga en el condensador 174, subiendo la indicación del voltímetro 177 a un régimen substancialmente uniforme a medida que el condensador 174 es cargado con el transcurso del tiempo.

20
25
30
Seguidamente, cuando las ondas sísmicas llegan a la estación principal, son accionados los detectores 42 y 184; el accionamiento del detector auxiliar 184 causa la excitación del arrollamiento 179 del relevador 178, debido a que la conexión incluye el cable 183 y el preamplificador 182, de modo que el relevador 178 es accionado para cerrar sus contactos 180. El cierre de los contactos 180 pone en cortocircuito el condensador 166 de modo que la polarización inicial es devuelta a la reja controladora del tubo 167, debido a lo cual el tubo 167 se hace no conductivo, causando la desexcitación del arrollamiento 169 del relevador 170. Por lo tanto restablece el inducido, que no se representa, del relevador 170, efectuando la apertura de los contactos 173 de modo que se detiene la carga ulterior del condensador 174. Así, en este momento, el voltímetro 177 mide el tiempo total transcurrido entre la apertura del interruptor de impacto 57, el momento de la generación de la onda sísmica, y la llegada del

267465



- 43 -

primer fenómeno a las estaciones detectoras 42 y 184.

5 Tal como ya se ha explicado con relación a la figura 6,
el recorrido de esta onda refractada 162 a través de la capa su-
perficial de baja velocidad 151 es substancialmente el mismo que
el de la onda reflejada 158. En consecuencia, se introduce un des-
plazamiento en el momento de la llegada de la onda reflejada 158
que es exactamente igual a la desviación a partir del tiempo nor-
mal de desplazamiento de la onda reflejada 158, tal como indicado
10 por la lectura del medidor 177, a fin de efectuar una compensación
de los efectos de la capa 151 alterada por los agentes atmosfé-
ricos. Para realizar esto, la pesa 52 se deja caer en un nuevo lu-
gar, y se toma nota de la indicación del medidor 177, estando el
medidor 177 ajustado de modo que cuando no se le aplica ninguna
15 tensión, adoptará una considerable deflexión negativa, que puede
ser efectuada haciendo girar el resorte controlador de su eje en
una cantidad apropiada. Este ajuste comprende un ajuste fijo para
exploración en cualquier ubicación general, de modo que la indi-
cación del medidor 177 debe ser "0" en caso de no haber ninguna
capa alterada por los agentes atmosféricos cerca de la explora-
20 ción. La cantidad de esta orientación inicial del medidor 177,
expresada en milisegundos, debe ser igual a la distancia entre
los puntos 156 y 157, figura 6, dividida por la velocidad V153,
y para fines prácticos, la distancia entre dichos puntos puede
ser tomada como substancialmente la misma que la existente entre
25 los puntos 159 y 160, o la distancia entre la estación subordina-
da del caso y la estación detectora del caso. La velocidad V153,
si no es conocida, puede ser medida fácilmente, de manera bien
conocida, y una vez que ha sido determinada, el valor de la orien-
tación inicial del medidor 177 puede ser usado sobre una gran
30 área sin error serio ni substancial. Con esta orientación inicial
negativa del medidor 177, la indicación del mismo después de cual-
quier caída a la misma distancia será igual al tiempo en milisegun-



dos para que la onda reflejada se desplace a través de la capa
151 de baja velocidad, alterada por los agentes atmosféricos, en
ambos extremos del recorrido, es decir, el tiempo requerido para
que la onda se desplace desde el punto 159 hasta el punto 156,
5 y también el tiempo requerido para que la onda se desplace desde
el punto 157 al punto 160.

Al hacer uso de este principio, el operario, después de
mudarse a cualquier nuevo terreno donde haya de efectuarse una
exploración sísmica, realiza primero una caída a la distancia
10 de caída normal entre la estación principal y la estación subor-
dinada, que se haya adoptado para tal fin, y toma nota de la in-
dicación del medidor 177, que es en milisegundos, y comprende la
desviación a partir de lo normal onde no existe ninguna capa al-
terada por los agentes atmosféricos. El operario puede entonces
15 ajustar el tornillo 113 empleando la perilla rotativa 114, a fin
de realizar el ajuste de la posición de la base 102 con respecto
al soporte 103, en la figura 5; el cabezal registrador 66 es así
apropiadamente desplazado con respecto al tambor 65 cooperante
en la cantidad indicada por el medidor 177, y una dirección
20 correcta para compensar la variación arriba observada. Con este
ajuste, todas las caídas subsiguientes se efectúan en las diver-
sas estaciones subordinadas cerca de la presente exploración
sismográfica; los registros individuales sucesivos se integrarán
así con substancialmente la misma eficacia que si no hubiese
25 existido ninguna capa variable, alterada por los agentes atmo-
séricos.

Cuando se desea integrar registros a partir de una plu-
ralidad de estaciones subordinadas cuya elevación superficial
varía considerablemente, será necesario compensar la variación
30 en el tiempo, introducida por el mayor recorrido de las ondas



257455

5 en las estaciones más altas. Los geofísicos experimentados están familiarizados con la conversión de distancias de elevación en equivalentes diferencias de tiempo. Cuando se usa la presente invención, la elevación de cada estación subordinada se determina anticipadamente, y cuando esa distancia de elevación es de magnitud tal que interfiere en la integración correcta, se efectúa un ajuste para compensar estas diferencias. Cuando existe tal condición, las diferencias elevacionales se convierten en diferencias de tiempo de recorrido, y estos tiempos se compensan en cada estación individual antes de dejar caer la pesa. Esta compensación puede realizarse tal como en el párrafo precedente, ajustando el tornillo 113 para introducir la corrección apropiada, o la compensación puede efectuarse mediante la compensación adecuada de la tensión en el condensador 131, cuyo efecto ya se ha explicado.

10 Cuando un registro compuesto final se confecciona a partir de los diversos registros individuales, se hace en última instancia en papel fotográfico y una interrupción sincronizadora se registra como tiempo "cero", y se trazan también líneas sincronizadoras a través del registro para facilitar la operación de contar los tiempos, todo lo cual es bien conocido en materia geofísica.

15 En vista de lo que precede, se desprende que ha provisto un método mejorado de exploración sismográfica, que implica el uso de una estación detectora y una pluralidad de estaciones subordinadas, dispuestas en un diagrama predeterminado, y una estación principal, en virtud del cual una pluralidad de sacudidas sísmicas se producen por orden de sucesión en las respectivas estaciones subordinadas, causando la propagación de ondas sísmicas por orden de sucesión a partir de las mismas; las ondas sísmicas producidas por orden de sucesión son individualmente detectadas en la estación detectora obteniéndose los registros individuales

30



correspondientes a partir de las mismas, y produciéndose seguidamente una onda compuesta a partir de las ondas de registro individuales. De acuerdo con el método, las sacudidas sísmicas por orden de sucesión, son producidas en las respectivas estaciones subordinadas por la caída por orden de sucesión de una pesa determinada en las mismas sobre la superficie del suelo, siendo la pesa llevada a las diferentes estaciones subordinadas sobre un vehículo móvil, y dejándose caer la pesa en cada caso desde una altura fija por encima de la superficie del suelo, mediante un mecanismo soltador llevado por el vehículo móvil. También, según arreglo al método, las ondas sísmicas son detectadas, y los análogos eléctricos son compensados, antes de la producción de los registros individuales, a fin de asegurar la eficaz integración de los mismos en la subsiguiente producción de los registros compuestos. Más específicamente, la variación en el tiempo total del recorrido de las ondas sísmicas, causada por el paso de las mismas a través de la capa relativamente arenosa, alterada por los agentes atmosféricos, del suelo adyacente a la superficie del mismo, es inicialmente compensada en los registros individuales; las variaciones en los tiempos totales de recorrido de las ondas sísmicas, a causa de las variaciones en las elevaciones de las diferentes estaciones subordinadas con respecto a la de la estación detectora, son inicialmente compensadas en los registros individuales; los intervalos de tiempo variables que comprende la caída real de la pesa en las diversas estaciones subordinadas, y que son causados por las variadas elevaciones superficiales de las estaciones subordinadas, son individualmente compensados en los registros individuales; y los diferentes componentes de cada onda sísmica resultantes de los diferentes horizontes reflectores dispuestos a profundidades progresivamente mayores

5

10

15

20

25

30



debajo de la superficie del suelo, son progresivamente compensados en cada registro individual.

Igualmente se expone un sistema mejorado para efectuar las susodichas compensaciones, así como un aparato mejorado para realizar las compensaciones en los registros individuales, el cual
5 aparato comprende un cabezal registrador magnético que está operativamente asociado con un medio de registro paramagnético, en el que las compensaciones mencionadas son efectuadas por un apropiado desplazamiento de la relación de fase normal entre el cabezal registrador y el medio de registro. En el aparato, los desplazamiento de fase requeridos son realizados antes del registro de los análogos eléctricos de las ondas sísmicas, de modo que los registro individuales son registrados en el medio de registro en correcta coincidencia de fase, a fin de efectuar una integración eficaz de los registros
10 individuales en la producción de los registros compuestos, de modo que las características deseables de los registros individuales sean fuertemente reforzadas en el registro compuesto, y de modo que las características indeseables de los registros individuales sean fuertemente atenuadas en el registro compuesto.

De la memoria descriptiva se desprende que existen en general dos clases de variables de tiempo que requieren ser corregidas a fin de alcanzar los objetivos principales de la presente invención, a saber: la producción de una pluralidad de registros en los cuales los fenómenos deseables correspondientes de sismogramas individuales sean registrados en relación de tiempo lo suficientemente estrecha para que tales fenómenos se integren eficazmente y por lo tanto sean
25 acentuados en el registro compuesto, mientras que ciertos fenómenos indeseables no se integrarán eficazmente y por lo tanto serán atenuados en el registro compuesto. La primera clase de tales variables de tiempo comprende: (1) todas las variaciones en el tiempo que trans
30



5 curre entre la transmisión de una señal de iniciación, y la generación real de la onda sísmica; (2) variaciones en el tiempo de recorrido en la capa alterada por los agentes atmosféricos; y (3) variaciones en el tiempo de recorrido causadas por la diversa elevación de las sucesivas estaciones. Todas las variaciones de tiempo se caracterizan por el hecho de que todas ellas son independientes de la profundidad de los horizontes reflectores a partir de los cuales se derivan los fenómenos reflejados deseables. La segunda de estas dos clases de variables de tiempo abarca aquellas variaciones en el tiempo de los fenómenos reflejados que resultan de cambios en la distancia entre el punto de origen de las ondas sísmicas, y el punto en que las mismas son detectadas. Tal como ya se explicó más arriba, estas variables de tiempo están definitivamente relacionadas con las profundidades de los horizontes reflectores.

10 La memoria descriptiva demuestra también que, en la presente invención, las variaciones de tiempo de la primera clase, tal como arriba descrita son compensadas por medios, sea manuales sea automáticos, que crean las necesarias condiciones de compensación antes de la detección y registro real de la onda sísmica, mientras que las variaciones de tiempo de la segunda clase son compensadas por medios que crean las necesarias condiciones de compensación simultáneamente con la detección y registro de las ondas sísmicas.

25 Si bien se ha descrito lo que actualmente se considera ser la forma preferida de realización de la instalación a que se refiere esta memoria, se comprenderá que pueden efectuarse en la misma modificaciones, y las reivindicaciones adjuntas han de amparar todas esas modificaciones que estén comprendidas por el verdadero espíritu y alcance de la instalación descrita.

30



NOTA DE REIVINDICACIONES

Se reivindica como nuevo y propio den España a favor de la firma Robert H. Ray International, Inc., lo especificado en las siguientes reivindicaciones:

5

10

15

20

25

30

PRIMERA.- Instalación generadora y registradora de ondas sísmicas destinada a la exploración geofísica del subsuelo, que incluye una estación principal y una estación subordinada dispuestas en relación espaciada, caracterizada en que comprende en combinación los siguientes elementos: un aparato productor de registros que incluye un dispositivo registrador y un medio de registro cooperante, cuya relación posicional es variable entre sí; medios para transmitir en un primer momento una señal de iniciación desde dicha estación subordinada; medios sensibles a dicha señal de iniciación para iniciar una acción subsiguientemente productora, en un segundo momento, de una sacudida del suelo en dicha estación subordinada, estando el intervalo de tiempo de dicha acción sujeto a una variación limitada; medios para transmitir, en un segundo momento, una señal de sacudida desde dicha estación subordinada a dicha estación principal; medios para medir el intervalo de tiempo transcurrido entre dicha señal de iniciación y dicha señal de sacudida; medios controlados por dichos medios medidores para establecer selectivamente una relación posicional entre dicho dispositivo registrador y dicho medio de registro; medios para detectar la onda sísmica proveniente de dicha sacudida del suelo en dicha estación subordinada y medios para accionar dicho aparato, estando dicho dispositivo registrador y dicho medio de registro en la relación posicional establecida, a fin de producir un registro de dicha onda sísmica.

SEGUNDA.- La instalación a que se refiere la primera reivindicación, caracterizada en que en la combinación de elementos expuesta en la misma, los medios medidores comprenden esencialmente una dispositivo controlado electrónicamente, y dichos medios para establecer selectivamente una relación posicional entre dicho dispositivo



registrador y dicho medio de registro comprenden ese un dispositivo electrodinámico.

5 TERCERA.- La instalación a que se refiere la primera reivindicación, caracterizada en que la combinación de elementos expuesta en la misma el dispositivo registrador consiste esencialmente en un cabezal registrador magnético, y el medio de registro consiste esencialmente en un medio paramagnético.

10 CUARTA.- La instalación a que se refiere la primera reivindicación, caracterizada en que en la combinación de elementos expuesta en la misma el aparato productor de registros incluye también medios para impartir un movimiento substancialmente uniforme a dicho medio de registro con respecto a dicho dispositivo registrador, y dichos medios para establecer selectivamente una relación posicional entre dicho dispositivo registrador y dicho medio de registro comprenden esencialmente medios para mover selectivamente dicho dispositivo registrador con respecto a dicho medio de registro.

15 QUINTA.- Una instalación generadora y registradora de ondas sísmicas, destinada a la exploración geofísica que incluye una estación detectora y una estación subordinada dispuestas en relación espaciada, caracterizada en que comprende en combinación los elementos siguientes: medios para someter el suelo a una sacudida sísmica en dicha estación subordinada de modo que se produzca una onda sísmica que contenga una pluralidad de componentes producidos respectivamente por una correspondiente pluralidad de horizontes reflectores mayores dispuestos a profundidades progresivamente crecientes bajo la superficie del suelo y que llegan progresivamente a dicha estación detectora, estando la llegada progresiva de dichos componentes de dicha onda sísmica relacionada tanto con la distancia entre dicha estación detectora y dicha estación subordinada, como con las profundidades respectiva de dichos ho-

20

25

30



rizontes reflectores mayores bajo la superficie del suelo; medios para detectar progresivamente en dicha estación detectora los referidos componentes de dicha onda sísmica coincidentemente con la llegada de los mismos a dicha estación detectora; medios registradores para registrar dichos componentes de onda; medios desplazadores para desplazar progresivamente la fase de tiempo de dichos componentes detectados, comprendiendo un condensador, un dispositivo cooperante controlado electrónicamente, gobernado por la carga acumulada en dicho condensador, y un dispositivo electrodinámico controlado por dicho dispositivo controlado electrónicamente; y medios para accionar progresivamente dichos medios registradores coincidentemente con el desplazamiento de la fase de tiempo de dichos componentes de onda, para producir un registro de onda, debido a lo cual los componentes del referido registro son relacionados con los componentes de dicha onda sísmica por el citado desplazamiento progresivo que es efectuado después de la detección y antes del registro.

SEXTA.- Una instalación generadora y registradora de ondas sísmicas destinada a la exploración geofísica, que incluye una estación detectora y una estación subordinada dispuestas en relación espaciada, u una estación principal, caracterizada en que comprende en combinación los siguientes elementos; medios para someter el suelo a una sacudida sísmica en dicha estación subordinada de modo que se produzca una onda sísmica que seguidamente llegue a la estación detectora; medios para transmitir una señal de sacudida desde la estación subordinada a la estación principal en el momento de dicha sacudida sísmica en dicha estación subordinada; un dispositivo de control en la estación detectora, el cual actúa en respuesta a la llegada de la onda sísmica a dicha estación detectora; un sincronizador; medios sensibles a dicha señal de sacudida para



iniciar el mencionado accionamiento del referido sincronizador; medios sensibles al accionamiento de dicho dispositivo controlador para detener el accionamiento del referido sincronizador, sirviendo el intervalo de tiempo del accionamiento del sincronizador como una evaluación del carácter de la capa relativamente liviana, alterada por los agentes atmosféricos, del suelo adyacente a la superficie del suelo; medios para detectar en dicha estación detectora los componentes de la onda sísmica que a la misma llegan; medios para desplazar selectivamente la fase de tiempo de dichos componentes detectados, los cuales medios desplazadores son selectivamente ajustables de acuerdo con el intervalo de tiempo del referido sincronizador; y medios para registrar dichos componentes desplazados a fin de producir un registro de onda.

SEPTIMA.- La instalación a que se refiere la sexta reivindicación, caracterizada en que en la combinación de elementos expuesta en la misma el referido sincronizador comprende esencialmente un condensador, medios para cargar progresivamente dicho condensador durante dicho intervalo de tiempo de accionamiento del referido sincronizador, un dispositivo cooperante controlado electrónicamente, gobernado por la carga acumulada en dicho condensador, y un instrumento medidor accionado por dicho dispositivo controlado electrónicamente.

OCTAVA.- INSTALACION GENERADORA Y REGISTRADORA DE ONDAS SISMICAS DESTINADA A LA EXPLORACION GEOFISICA DEL SUBSUELO.

Tal y como se deja descrito en la memoria precedente que consta de cincuenta y dos hojas foliadas y mecanografiadas por una sola de sus caras y tres de planos.

Madrid, 17 de Mayo de 1.961

P. A. de Robert H. Ray International Inc.

Victor Gil Vega.

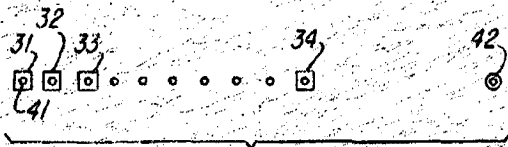


FIG 1

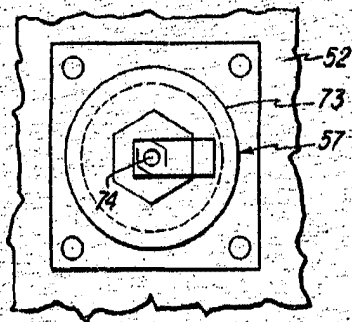


FIG 2

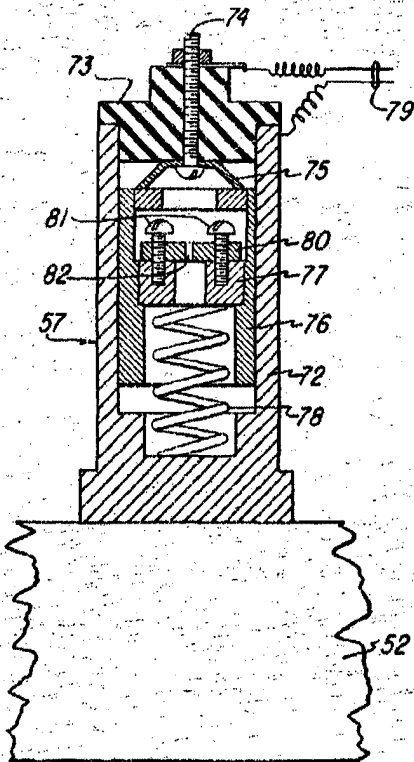


FIG 3

Escala variable
Madrid, 25.4-61
P. A.

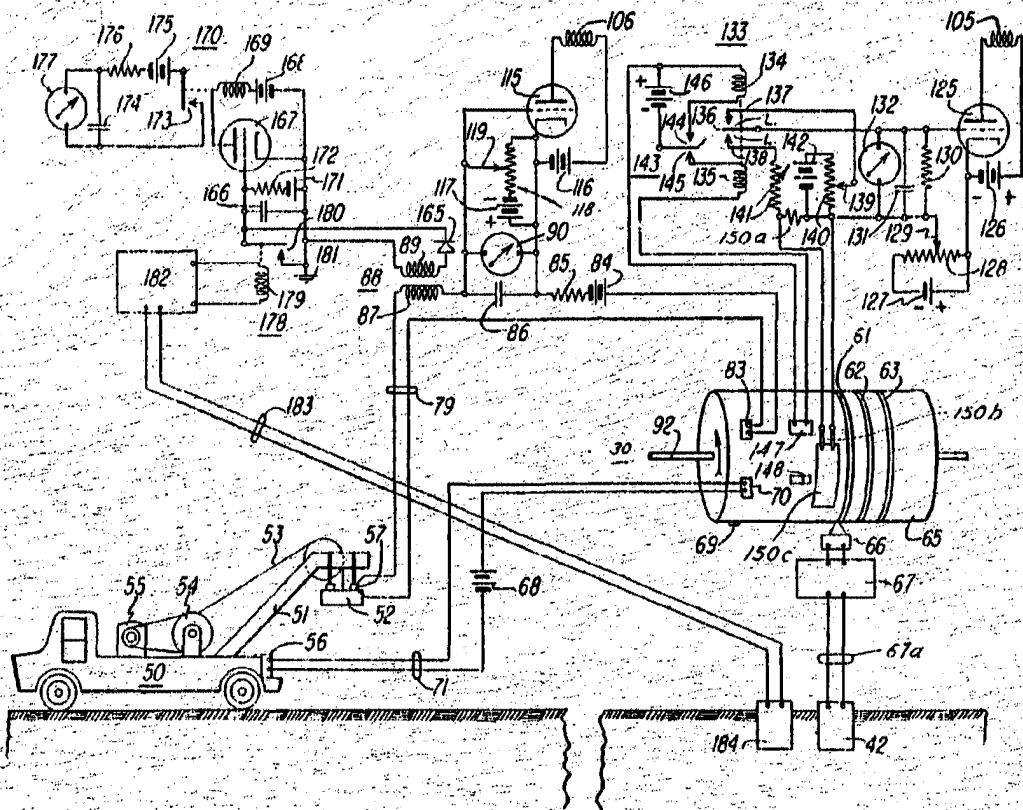


FIG 4

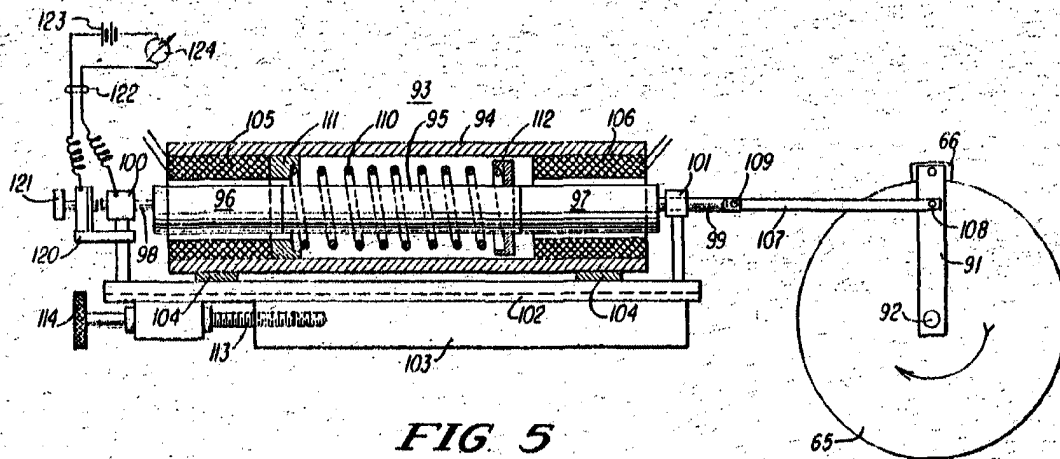


FIG 5

Escala variable
 Madrid, 25.4.61
 P. A.

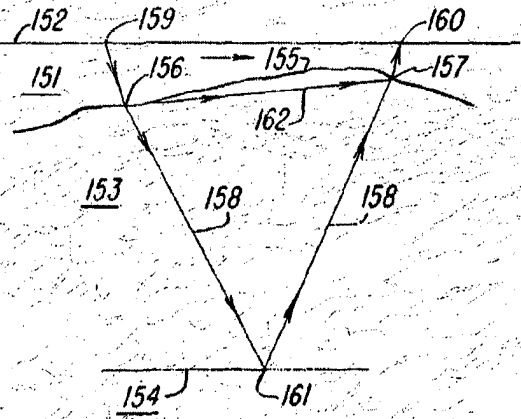


FIG 6

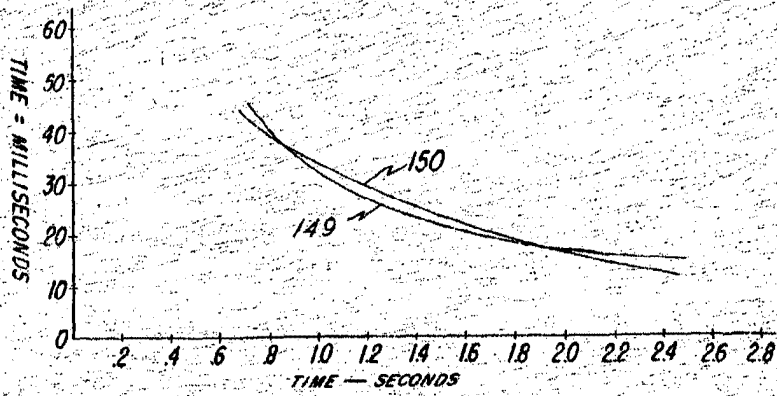


FIG 7

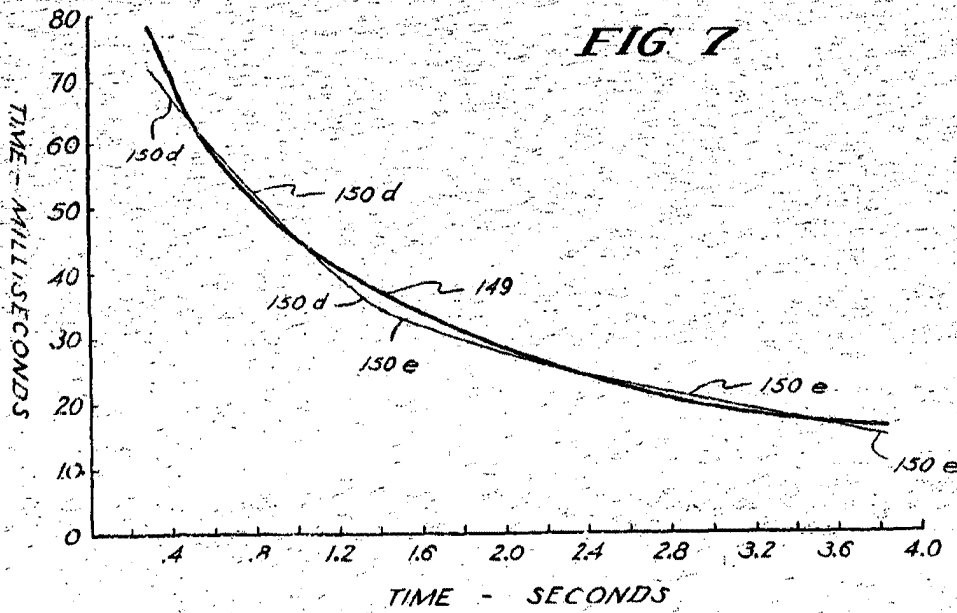


FIG 8

Escala variable
 Madrid, 25/4/61
 P. A.